**Uma abordagem de suporte à avaliação de qualidade de
sistemas educacionais baseados em Web Semântica**

Aparecida Maria Zem Lopes

Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências de
Computação e Matemática Computacional (PPG-CCMC)

Aparecida Maria Zem Lopes

**Uma abordagem de suporte à avaliação de qualidade de
sistemas educacionais baseados em Web Semântica**

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional. *VERSÃO REVISADA*.

Área de Concentração: Ciências de Computação e Matemática Computacional

Orientador: Prof. Dr. Seiji Isotani

**USP – São Carlos
Novembro de 2017**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Z54a Zem Lopes, Aparecida Maria
Uma abordagem de suporte à avaliação de qualidade
de sistemas educacionais baseados em Web Semântica /
Aparecida Maria Zem Lopes; orientador Seiji
Isotani. -- São Carlos, 2017.
266 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências de Computação e Matemática Computacional) --
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação,
Universidade de São Paulo, 2017.

1. Avaliação de qualidade. 2. Web Semântica. 3.
Sistemas educacionais Web. 4. SWBES. 5. Abordagem.
I. Isotani, Seiji, orient. II. Título.

Aparecida Maria Zem Lopes

**A supportive approach to quality assessment of Semantic
Web-based educational systems**

Doctoral dissertation submitted to the Institute of Mathematics and Computer Sciences – ICMC- USP, in partial fulfillment of the requirements for the degree of the Doctorate Program in Computer Science and Computational Mathematics. *FINAL VERSION*.

Concentration Area: Computer Science and Computational Mathematics

Advisor: Prof. Dr. Seiji Isotani

**USP – São Carlos
November 2017**

AGRADECIMENTOS

Ao longo dos últimos cinco anos minha vida se resumiu em aprender a aprender: aprendi que a humildade é a chave para aprender, aprendi que só temos o “hoje” para aprender (o “ontem” já passou e o “amanhã” ainda não chegou) e, portanto, aprendi que o tempo pode ser nosso aliado ou nosso inimigo e aprendi que a força para não desistir de aprender vem de Deus e da fé que temos Nele.

Nesse caminho de aprendizagem contei com a orientação e paciência de um grande pesquisador, Seiji Isotani. Ele acreditou que eu seria capaz quando nem eu acreditava nisso, me ensinou, inspirou e continua inspirando, com seu exemplo de disciplina, responsabilidade e comprometimento com a pesquisa de ponta, ciência e educação no Brasil. Obrigada, Seiji, por me incentivar, cobrar, exigir o máximo sempre, mas apoiando e apontando a melhor direção.

Sua orientação e presença no grupo de pesquisa garantiu um ambiente rico, no qual as experiências trocadas, em reuniões semanais, contribuíram para o crescimento individual e do próprio grupo, além de promover a integração social entre os alunos, por meio de encontros em almoços, jantares que você sempre fez questão de promover, muito importantes para a confiança estabelecida.

Aqui agradeço a todos os amigos do CAEd, pelo carinho, disponibilidade e ajuda em todos os momentos. Especialmente, Leo, Carla, Rafaela, Rachel e Geiser, que pegaram na minha mão, literalmente, e me guiaram em muitos momentos difíceis, com muita paciência e disponibilidade. Wilmax e Kamila, com o dom incrível com relação às figuras, sempre prontos, por mais que tivessem seus próprios problemas. Laís, nosso “bebê”, com seu sorriso lindo sempre, e Fernando, parceiros nas publicações e que, mesmo sem saber, foram meus “filhos adotivos” nesse período. Simone, exemplo de força e determinação, você me ensinou muito sobre a vida, muito

orgulho de você minha amiga. Alan, tão atencioso e disposto nessa complexa “reta final” da pesquisa, serei eternamente grata. Sua ajuda foi fundamental, agradeço imensamente por tudo. Enfim, todos vocês contribuíram muito com minha pesquisa. Muito obrigada pela paciência com a “velhinha” do grupo. Vocês me inspiraram a seguir em frente e não desistir.

A confiança em Deus garantiu que outros “anjos” me ajudassem nesse caminho de aprendizagem. Ademir Marques Jr., sem você a abordagem desenvolvida seria apenas um *checklist*... muito obrigada pelo amor com que você me ajudou a construir a ferramenta Web, pela dedicação e paciência com minhas “incertezas”, obrigada por não desistir de mim. Você é meu orgulho e vai brilhar muito como pesquisador, conte sempre comigo, com minha gratidão.

Aos amigos do NIC na Fatec Jahu que me “suportaram” durante esses últimos anos, nos bons e nos maus momentos, muito obrigada. Vocês foram minha família do coração, me ajudaram a sobreviver quando eu nem sabia que tinha forças, cada um com sua expertise: Guto C, amigo antigo e grande consultor técnico; Guto S, tão querido consultor filosófico; Wilson, primo tão amigo e querido, com sua sabedoria de vida; Emilena, amiga, afilhada, irmã; Adriana, tão especial, muito querida, me animando a seguir com “calma, vai dar certo”; Fran, recém-chegada e tão querida; Carol, distante fisicamente mas tão presente nessa fase final; Val, “filha” amada do coração, suportando o mau humor, oferecendo o ombro e abraço na hora do choro, compartilhando minha vida. Queridos, cada parada para nosso café, cada palavra de carinho e incentivo ficarão no meu coração para sempre. Muito obrigada.

Agradeço aos professores, funcionários, alunos e amigos na Fatec Jahu e Centro Paula Souza, por possibilitarem esse doutorado, por permitirem meu crescimento profissional. Querido diretor Paulo, e queridos coordenadores Vera,

Robson, Cação, Marcão, Rodrigo, Flávio, Evandro B., que compreenderam minha ausência em muitos momentos, sem jamais cobrar nada em troca. Também muitos professores queridos, sempre prontos para me socorrer nos sufocos, Dalva, Kiko, Magali, Cidoca, Natália G., Rô, Flávio V., Favoni, Gândara, Jozrael, Valéria, Buga e tantos outros. Os auxiliares docentes, Leo, Luis, Serginho, Edson, Sueli, Nathalia, sempre gentis, disponíveis, prontos. Muito obrigada, amigos queridos.

Ao Clécio Bachini, que contribuiu com sua experiência profissional em tantos momentos nesse percurso, motivando, colaborando, mostrando que eu estava no caminho certo, e se transformando num grande amigo. Aos demais amigos recentes, que participaram de modo tão pronto dos estudos de caso, agradeço imensamente a ajuda e contribuição. Muito obrigada.

Ao Pe. Armando, por me confortar durante estes anos, com suas palavras de sabedoria, principalmente “coragem”. E as minhas amigas da equipe de liturgia da igreja São Benedito, por compreenderem minha ausência, por rezarem e torcerem por mim. Especialmente minhas irmãzinhas Eliana e Elaine, que me seguram no colo com suas orações, muito obrigada é muito pouco.

À minha irmã amiga e tão querida Mariângela, que soube me amparar, cuidar, rezar por mim, estar junto mesmo estando longe, calar quando eu não podia ouvir, falar quando eu precisava escutar, uma amiga verdadeira. Às amigas-irmãs, Lise, Pri e Paula, especiais, queridas, que torcem, rezam e se fazem presentes sempre que preciso. Como já disse, os “anjos” que Deus envia para ajudar nos momentos difíceis. Muito obrigada.

Agradeço a todos os meus amados primos e tios, que não medem os esforços para reunir a família Zem para compartilhar os bons momentos e tornar os momentos difíceis menos piores.

Aos meus cunhados Rô e Rindio, irmãos tão queridos que a vida me deu, agradeço muito o carinho, o amor, o cuidado, a presença e convites para estarmos mais juntos sempre.

Agradeço a minha querida ajudante Cida, que com seu jeitinho reservado e poucas palavras, se fez tão presente todos esses anos, cuidando da casa, preparando almoço com amor e tornando minha vida mais simples para conseguir concluir essa pesquisa.

Aos meus pais, meu profundo agradecimento por terem me formado uma pessoa digna e íntegra. Pai, mesmo estando na eternidade, sinto sua força cada dia de minha vida, você sempre me inspirou e sei que cuida de cada detalhe daí, para eu ser quem eu sou aqui. Mãe, você é meu exemplo de força, de superação e coragem, sempre pronta para cuidar de mim e nossa família, sem medir esforços, com muito amor. Você é o máximo, mãe, te amo tanto.

As minhas irmãs Silvia e Rose, mulheres lindas, fortes e corajosas, só posso agradecer a tanto amor, apoio e cumplicidade, com minhas orações. Sílvia me apoiando nessa reta final, tentando entender a confusão da minha cabeça, revisando, ajustando o texto e figuras comigo. Você não tem ideia de como foi importante e como me fez sentir mais segura. Sinto orgulho e amor imensos por vocês. Paulo, Levent, cunhados queridos, obrigada pelo amor e cuidado comigo sempre. Sergio, Breno e Pedro, meu afilhado amado, vocês são meus filhos também e contribuíram muito para a “Cidão” chegar até aqui.

Aos meus filhos amados Heitor e Otávio, agradeço cada mensagem, cada palavra de apoio, cada ligação, cada olhar, cada beijo, incentivo e amor. Sinto muito orgulho dos homens íntegros, dignos, sérios, competentes e incríveis que vocês são. Obrigada por respeitarem este meu projeto, por compreenderem minha ausência em

momentos em que vocês tanto precisaram de mim por perto. Vocês fazem minha vida valer a pena, vocês são a minha vida.

Ao meu amado e querido marido Rui. Somente a cumplicidade desses 36 anos juntos consegue justificar tanta compreensão, resignação, colaboração, paciência e amor. Um amor que tudo suporta com um sorriso nos lábios, que nada cobra, que nada pede, que nada exige. Um amor que respeita, que ampara, que constrói, que fortalece o outro. Sem você, meu amor, eu não teria conseguido. Seu exemplo de fé, otimismo e coragem me fizeram ficar em pé. Obrigada por ser o amor da minha vida, por cumprir tão bem o juramento que fizemos há exatamente 30 anos, e ainda me ajudar a cumprir. Te amo muito.

RESUMO

ZEM-LOPES, A. M. **Uma abordagem de suporte à avaliação de qualidade de sistemas educacionais baseados em Web Semântica**. 2017. 266p. Tese (Doutorado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2017.

O mercado global dos sistemas educacionais Web (WES, do inglês, Web Educational Systems) continua a mudar, crescer e evoluir em todo o mundo, impulsionado por diversos fatores, entre eles, pelas novas tendências em tecnologias emergentes e ferramentas que dão suporte aos WES e, ainda, ao papel crescente da aprendizagem social como prioridade para o processo de desenvolvimento de tais sistemas. Os Sistemas Educacionais baseados em Web Semântica (SWBES, do inglês Semantic Web-based Educational Systems) são plataformas educacionais Web desenvolvidas para resolver diversos problemas enfrentados pelos alunos e outros usuários, como dificuldades relacionadas à busca, compartilhamento e reutilização de recursos educacionais. SWBES têm sido frequentemente usados como motores de busca para plataformas MOOC e Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Portanto, é necessário garantir a qualidade desses sistemas para possibilitar melhores experiências de ensino e aprendizagem. No entanto, a avaliação da qualidade dos SWBES é uma tarefa complexa, uma vez que requer um amplo conhecimento sobre as tecnologias da Web Semântica, Educação a Distância, Engenharia de Software, além das normas e padrões utilizados para a Avaliação da Qualidade de Software. O problema identificado foi a ausência de uma abordagem de avaliação de qualidade desses sistemas a partir dos elementos da arquitetura do sistema, ou seja, a atuação e estruturação dos agentes inteligentes, ontologias, objetos de aprendizagem, repositórios, metadados etc. Nesse contexto, o objetivo dessa tese foi desenvolver uma abordagem para a avaliação de qualidade de SWBES. Para atingir o objetivo proposto, foram necessários identificar os critérios de qualidade utilizados na avaliação de qualidade de software, de WES (incluindo recursos educacionais, tais como os objetos de aprendizagem), das tecnologias da Web Semântica (tais como ontologias). Esses critérios foram classificados, analisados e ajustados, com base nos requisitos de qualidade dos SWBES apontados na literatura. Em seguida, um conjunto de fatores de qualidade foi estabelecido, com subfatores e critérios que serão utilizados como diretriz geral para avaliar e comparar a qualidade de SWBES. Foram definidos os avaliadores responsáveis de acordo com os papéis que representam no sistema. Estabeleceu-se também quais os artefatos do SWBES que devem ser avaliados pela abordagem, de modo que o processo de avaliação seja simplificado. A abordagem foi automatizada em uma ferramenta Web e validada por meio de estudos de caso, por meio de especialistas no domínio da Web Semântica, Informática e Educação. Espera-se que a abordagem desenvolvida possa contribuir com profissionais, desenvolvedores e outros usuários (professores, educadores, alunos, mediadores, tutores e gestores) que desejam ou necessitam adquirir e utilizar SWBES, de forma que possam efetuar a aquisição adequada às suas necessidades e objetivos. Além disso, espera-se poder colaborar no processo de desenvolvimento de SWBES, a partir dos fatores de qualidade estabelecidos para a abordagem, e promover a garantia de qualidade desde o início do processo do desenvolvimento. Como trabalhos futuros, pretende-se ampliar os fatores de qualidade e estender a abordagem para permitir a avaliação de outros Sistemas baseados em Web Semântica, em outros domínios do conhecimento.

Palavras-chave: Avaliação de qualidade, Web Semântica, Sistemas educacionais Web, SWBES, Abordagem.

ABSTRACT

ZEM-LOPES, A. M. **A supportive approach to quality assessment of Semantic Web-based educational systems**. 2017. 266p. Tese (Doutorado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2017.

The Web education systems (WES) global community is in continuous change, growth and evolve all around the world, driven by several factors, including new trends in emerging technologies and tools that support WES, and even the growing role of social learning as a priority for the development process of such systems. Semantic Web-based Educational Systems (SWBES) are Web-based educational platforms designed to address a variety of problems faced by students and other users, such as difficulties in finding, sharing, and reusing educational resources. SWBES have often been used as search engines for MOOC platforms and Intelligent Tutoring Systems (ITS). Therefore, ensuring the quality of these systems is necessary to enable better teaching and learning experiences. However, SWBES quality assessment is a complex task, since it requires extensive knowledge about Semantic Web technologies, Web Educational Systems, Software Engineering, and software quality assessment standards. The problem identified was the absence of a quality evaluation approach of these systems from the elements of the system architecture, ie, the role and structure of intelligent agents, ontologies, learning objects, repositories, metadata etc. In this context, the purpose of this thesis was to develop an approach for the quality evaluation of SWBES. In order to achieve the proposed objective, it was necessary to identify the quality criteria used in software quality assessment, WES (including educational resources, such as learning objects), Semantic Web technologies (such as ontologies). These criteria were classified, analyzed and adjusted, based on the quality requirements of SWBES in the literature and named as factors. Next, a set of quality factors was established, with subfactors and criteria that will be used as a general guideline to evaluate and compare the quality of SWBES. The evaluators designated to evaluate the SWBES were defined according to the role they represent in the systems. It was also established which SWBES artifacts should be evaluated by the approach, in order of making the evaluation process simplified. It was developed a Web tool to automate the approach developed which were validated through case studies by specialists in the related research fields. It is expected that the approach will contribute with professionals, developers and other users (teachers, educators, students, virtual tutors and managers) in acquiring and using SWBES, so that they can choose the appropriate system to fill out their needs and goals. In addition, it is expected to collaborate in the SWBES development process, based on the quality factors established, and promoting quality assurance since the beginning of the development process. As future work, it is intended to broaden the quality factors and extend the approach allowing the evaluation of other Semantic Web-based Systems in other knowledge domain.

Keywords: Quality evaluation, Semantic Web, Web education systems, SWBES, Approach.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Exemplos e objetivos dos metadados.....	46
Quadro 2. Comparativo entre os sistemas tradicionais, WES e SWBES	69
Quadro 3. Modelo de Qualidade de Produto	92
Quadro 4. Sumarização dos fatores identificados nos trabalhos relacionados.....	104
Quadro 5. Fator adaptabilidade	114
Quadro 6. Fator interoperabilidade	116
Quadro 7. Fator personalização	118
Quadro 8. Fator reusabilidade	120
Quadro 9. Fator usabilidade	124
Quadro 10. Caracterização dos avaliadores.....	186
Quadro 11. Categorização das perguntas da entrevista.....	188
Quadro 12. Pontos positivos e negativos apontados na abordagem desenvolvida	196
Quadro 13. Abordagem desenvolvida X modelos de qualidade da literatura	200

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas para desenvolvimento da abordagem	27
Figura 2. Arquitetura dos WES.....	34
Figura 3. Modelo de comunicação	44
Figura 4. Arquitetura da Web Semântica	48
Figura 5. Arquitetura/camadas da Web Semântica revisitadas	48
Figura 6. Ambiente Web Semântico.....	51
Figura 7. Tipos de Ontologia	56
Figura 8. A visão das ontologias lightweigh e heavyweight.....	57
Figura 9. Contexto da educação baseada na Web	67
Figura 10. Arquitetura de um SWBES.....	67
Figura 11. Modelo de referência de um SWBES.....	71
Figura 12. Etapas Norma ISO/IEC 14598-1	88
Figura 13. Fatores de qualidade ISO/IEC 9126.....	90
Figura 14. Organização da série SQuaRE (ISO/IEC 25000).....	90
Figura 15. Modelo de qualidade do sistema em uso	93
Figura 16. Etapa 1 do desenvolvimento da abordagem	106
Figura 17. Grupos dos fatores de qualidade	106
Figura 18. Visão geral dos fatores e subfatores	111
Figura 19. Etapa 2 do desenvolvimento da abordagem	112
Figura 20. Exemplo do fator adaptabilidade	113
Figura 21. Exemplo do fator Interoperabilidade.....	115
Figura 22. Exemplo do fator personalização	117
Figura 23. Exemplo do fator Reusabilidade	119
Figura 24. Fator usabilidade.....	124
Figura 25. Etapa 3 do desenvolvimento da abordagem	129
Figura 26. Modelo conceitual da abordagem desenvolvida	166
Figura 27. Resultado final da avaliação	168
Figura 28. Diagrama de casos de uso da ferramenta	170
Figura 29. Diagrama de fluxo de dados da ferramenta de avaliação	171
Figura 30. Diagrama de atividades do usuário avaliador	172
Figura 31. Diagrama de atividades do usuário gerente.....	173
Figura 32. Página inicial da ferramenta.....	175

Figura 33. Tela de login da ferramenta	176
Figura 34. Página inicial com instruções para avaliador	176
Figura 35. Formulário de avaliação	177
Figura 36. Conclusão da avaliação.....	177
Figura 37. Cadastro de sistema	178
Figura 38. Acompanhamento da avaliação.....	179
Figura 39. Relatório da avaliação	180
Figura 40. Detalhamento de artefato na exibição do relatório com os resultados ..	181
Figura 41. Parte 1 do roteiro para os estudos de caso	184
Figura 42. Parte 2 do roteiro para os estudos de caso	185

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	Problema e Questão de Pesquisa.....	24
1.2	Objetivos da Pesquisa	25
1.3	Escopo da pesquisa.....	25
1.4	Métodos da Pesquisa.....	26
1.5	Estrutura do trabalho	28
2	ASPECTOS CONCEITUAIS.....	30
2.1	Sistemas Educacionais Web.....	30
2.1.1	Conceitos e arquitetura	31
2.1.2	Tecnologias e padrões	37
2.1.3	Desafios principais	40
2.2	Web Semântica.....	42
2.2.1	Conceitos e Arquitetura	42
2.2.2	Tecnologias e padrões	53
2.2.2.1	Ontologias.....	54
2.2.2.2	Sistemas de inferência.....	59
2.2.2.3	Serviços Web Semânticos	60
2.2.2.4	Ferramentas de busca semântica	61
2.2.3	Desafios principais	62
2.3	Sistemas Educacionais baseados na Web Semântica	63
2.3.1	Conceitos e arquitetura	64
2.3.2	Tecnologias e modelo de referência	70
2.3.3	Desafios principais	74
2.4	Qualidade.....	75
2.4.1	Qualidade de Software.....	75
2.4.2	Qualidade de WES.....	80

2.4.3	Qualidade de Tecnologias da Web Semântica	81
3	TRABALHOS RELACIONADOS	83
3.1	Modelos para avaliação da qualidade de software.....	83
3.2	Modelos para avaliação de qualidade de WES	95
3.3	Modelos de avaliação de tecnologias da Web Semântica	101
3.4	Quadro comparativo.....	103
4	DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM DESENVOLVIDA.....	105
4.1	Estabelecimento dos fatores e critérios de qualidade	105
4.2	Descrição dos fatores, artefatos e avaliadores.....	112
4.2.1	Fatores e subfatores de qualidade	112
4.2.2	Artefatos	126
4.2.3	Avaliadores.....	127
4.3	Instanciação dos fatores de qualidade.....	128
4.3.1	Ontologia	129
4.3.1.1	Adaptabilidade.....	129
4.3.1.2	Interoperabilidade.....	131
4.3.1.3	Reusabilidade.....	134
4.3.1.4	Usabilidade.....	141
4.3.2	Objeto de Aprendizagem (OA).....	143
4.3.2.1	Adaptabilidade.....	143
4.3.2.2	Interoperabilidade.....	144
4.3.2.3	Personalização	146
4.3.2.4	Reusabilidade.....	149
4.3.2.5	Usabilidade.....	154
4.3.3	Interface.....	156
4.3.3.1	Adaptabilidade.....	156
4.3.3.2	Personalização	157

4.3.3.3	Usabilidade	158
4.3.4	Software	159
4.3.4.1	Adaptabilidade	160
4.3.4.2	Interoperabilidade	161
4.3.4.3	Reusabilidade	162
4.3.4.4	Usabilidade	164
4.4	Abordagem desenvolvida – modelo conceitual	165
5	QUALISWBES - FERRAMENTA WEB DE APOIO À ABORDAGEM DESENVOLVIDA	170
5.1	Desenvolvimento da ferramenta	170
5.2	Uso da ferramenta.....	175
5.2.1	Avaliador (Usuário Comum)	175
5.2.2	Usuário Gerente de avaliações	178
6	AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM DESENVOLVIDA - ESTUDOS DE CASO	182
6.1	Objetivo	182
6.2	Procedimentos	182
6.3	Resultados	188
6.3.1	Estudo de caso piloto	189
6.3.1.1	Entrevista caso piloto	190
6.3.2	Estudos de caso múltiplos.....	191
6.3.2.1	Experiência do avaliador.....	191
6.3.2.2	Facilidade de uso da abordagem.....	192
6.3.2.3	Adequação da abordagem desenvolvida	192
6.3.2.4	Adequação dos fatores de qualidade e artefatos.....	193
6.3.2.5	Considerações e sugestões.....	194
6.3.3	Discussão dos resultados dos estudos de caso.....	195
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	198

7.1	Contribuições do trabalho	199
7.2	Publicações geradas	201
7.3	Publicações relacionadas (em colaboração no CAEd)	202
7.4	Limitações e trabalhos futuros.....	203
	REFERÊNCIAS	206
	APÊNDICE A – MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA	236
	APÊNDICE B – INFORMAÇÕES BÁSICAS DOS ESTUDOS DO MS	243
	APÊNDICE C – RESUMO DOS FATORES DE QUALIDADE DO MS	245
	APÊNDICE D – DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE QUALIDADE	250
	APÊNDICE E – ROTEIRO DOS ESTUDOS DE CASO	254
	APÊNDICE F – ROTEIRO PARA ENTREVISTA	266

1 INTRODUÇÃO

O mercado global dos Sistemas Educacionais Web (WES - *Web Educational Systems*) continua a mudar, crescer e evoluir em todo o mundo, impulsionado por diversos fatores, entre eles, as novas tendências em tecnologias emergentes e ferramentas que dão suporte aos WES e, ainda, o papel crescente da aprendizagem social colaborativa via Web, na qual estudantes e educadores trabalham juntos em atividades, em pares ou grupos, reforçando a perspectiva de que a aprendizagem é uma construção social (ADAMS BECKER et al., 2017; CTE, 2017; DOCEBO, 2016).

Os WES enfatizam o aprendizado ativo dos estudantes, deve envolver ao menos um componente baseado na Web e permitir a colaboração e acesso ao conteúdo, que extrapola os limites da sala de aula (ADAMS BECKER et al., 2017; BICHSEL, 2013; SHI et al., 2011).

Estudos relevantes tais como o de Vladoiu e Constantinescu (2012) corroboram com essa tendência e afirmam que, nas últimas duas décadas, o conhecimento do mundo tem sido considerado, cada vez mais, como um bem público que pode ser acessado e compartilhado, utilizado e reutilizado, mediado pela tecnologia, especialmente as tecnologias da informação e comunicação (TIC). As autoras observaram uma mudança de paradigma no processo de educação, formação, ensino e aprendizagem, desencadeada pelas exigências e desafios da emergente economia do conhecimento e sociedade da aprendizagem¹.

Assim, a aprendizagem se tornou um processo contínuo que já não se limita aos espaços dedicados, tempos ou modalidades. Os usuários, as comunidades, a construção social do conhecimento, as TIC do século 21 e os modelos de ensino aberto constituem o núcleo dessa mudança no processo de ensino e de aprendizagem que acontece ao longo da vida e em todos os domínios (VLADOIU, 2014; COUTINHO; LISBOA, 2011).

Do ponto de vista do estudante (usuário solicitante do conhecimento), o processo de ensino e aprendizagem nesses ambientes inclui a descoberta, a integração e a aquisição do conhecimento, assim como o projeto de aprendizagem etc. A Web possui uma vasta quantidade de recursos e objetos de aprendizagem, por ser a maior base de conhecimento distribuída. Como provedor desses recursos,

¹ Sociedade da aprendizagem: ambiente em que diversos atores contribuem para construção do conhecimento de forma compartilhada (FABELA, 2005; COUTINHO; LISBOA, 2011)

precisa fornecer (aos usuários) serviços de aprendizagem precisos e adequados, além de contribuir para melhorar a aprendizagem da sala de aula tradicional (SHI et al., 2011; GONGA, 2013; BICHSEL, 2013).

O trabalho de Albidewi e Tulb (2014) reforça essa ideia, quando discute que as razões para a crescente popularidade e as vantagens dos WES sobre a aprendizagem em sala de aula tradicional são que a educação baseada na Web oferece mais que simplesmente conteúdo *online*, mas possibilita maior interação entre os pares e entre os estudantes e professores.

No Brasil, de acordo com Campos et al. (2016), têm sido realizados investimentos importantes em cursos de graduação e pós-graduação, na modalidade de ensino à distância, por instituições governamentais e privadas, o que aumenta, consideravelmente, o número de matrículas e cursos Web nos últimos anos.

Nesse sentido, os estudantes e professores desejam que suas aplicações: i) possam dar suporte à aprendizagem e tenham características aprimoradas e funções operacionais; ii) sejam personalizadas; e iii) usem a análise para melhorar os resultados da aprendizagem (DAHLSTROM et al., 2014).

No entanto, nos WES, o material de aprendizagem está, geralmente, distribuído por meio de diversos servidores educacionais. Os autores de conteúdo (ou professores) utilizam ferramentas de autoria para criar, armazenar, modificar e atualizar o conteúdo. Da mesma forma, os alunos usam diferentes ferramentas de aprendizagem para acessar, navegar, ler e consultar esse conteúdo durante o processo de aprendizagem (DEVEDZIC, 2003).

Assim, os agentes pedagógicos² ajudam a localizar, navegar, selecionar, organizar, integrar e usar o conteúdo educacional que está em diferentes servidores. Esses agentes proporcionam a infraestrutura necessária para o fluxo de conhecimento e informação entre os clientes e os servidores, interagindo com os alunos-autores-professores e colaboram com outros agentes pedagógicos no contexto desses ambientes (DEVEDZIC, 2003).

Diante desse cenário, é necessário criar WES que atendam aos seguintes requisitos: i) que sejam extensíveis (adaptabilidade); ii) que garantam o acesso

² Agentes pedagógicos: no contexto dos WES são entidades/sistemas, animados ou não, utilizados como facilitadores no processo de ensino/aprendizagem. Eles podem apresentar características de agentes reativos, reagindo às mudanças em ambientes nos quais eles são utilizados (BOFF; OLIVESKI, 2012).

participativo e universal do cidadão (usabilidade); iii) que possuam uma estrutura que levem em consideração características de cada cidadão, tornando o sistema adaptável aos mesmos (personalização); iv) a integração de ferramentas de comunicação; e v) interoperabilidade entre os ambientes educacionais, garantindo o compartilhamento, reúso do conhecimento e a integração entre os diferentes usuários (reusabilidade) (ANDERSON; WHITELOCK, 2004; AROYO; DICHEVA, 2004; BITTENCOURT; COSTA, 2011; MILANOVIĆ et al., 2007; MOTTA; SABOU, 2006).

Os sistemas educacionais baseados em Web Semântica (SWBES - *Semantic Web based Educational System*) foram desenvolvidos para atender esses requisitos (BITTENCOURT; COSTA, 2009; DEVEDZIC, 2006; STOJANOVIC et al., 2001).

Além disso, as ferramentas da Web 2.0³ para notação, produção de *wikis*, construção colaborativa de conhecimento, disponibilização de repositórios de aprendizagem com anotações semânticas, entre outras aplicações, favorecerão a criação de novas formas de ensino e aprendizagem (BLATTMANN; SILVA, 2007; BITTENCOURT et al., 2008; DEVEDZIC, 2003).

No entanto, construir WES robustos e de qualidade é tarefa complexa, assim como escolher entre as opções disponíveis na Web (BITTENCOURT, 2011).

O que se observa é que a Web Semântica (WS) pode ser explorada como uma plataforma muito adequada para melhorar os WES, pois possibilita o desenvolvimento de ontologias para a conceitualização dos recursos de aprendizagem, a anotação semântica⁴ (baseada em ontologias) dos materiais de aprendizagem, sua composição em cursos e entrega proativa de materiais de aprendizagem por meio de plataformas de SWBES (STOJANOVIC et al., 2001).

Porém, o desenvolvimento e implantação de um SWBES também exige muito esforço. As chances de um sistema ser bem-sucedido aumentam proporcionalmente com a sua qualidade. Embora a qualidade de um SWBES seja um conceito vago, existem algumas abordagens, métodos e técnicas para medir os diferentes aspectos desses sistemas e avaliá-los. Os esforços de desenvolvimento podem ser significativamente reduzidos com um planejamento cuidadoso para a avaliação do sistema desde o início do projeto, além de projetar o sistema para que possa dar

³ Web 2.0 é caracterizada por uma percepção descentralizada, com participação ativa do usuário na busca, seleção, construção e compartilhamento da informação e do conhecimento, por meio de blogs, wikis, redes sociais, podcasts etc. (BLATTMANN; SILVA, 2007).

⁴ Anotação semântica: descreve o conteúdo de um recurso/documento por meio da associação de partes dele com os conceitos descritos na ontologia referentes a ele (ELLER, 2008).

suporte a alguns dos padrões emergentes de tecnologia de SWBES (DEVEDZIC, 2003).

Devedzic (2016) aponta que os atuais ambientes de aprendizagem personalizados continuam com o foco em tópicos como a interoperabilidade, reutilização e integração de recursos de aprendizagem, aprendizagem contextualizada etc., o que reforça a relevância das tecnologias da WS para melhorar a qualidade de tais sistemas.

Além disso, o desafio de garantir a interoperabilidade, compartilhamento e reusabilidade dos recursos e conteúdos educacionais dos SWBES pode ser minimizado por meio do uso de metadados⁵ e padrões (DEVEDZIC et al., 2007).

Neste contexto, o conceito de qualidade na aprendizagem Web é tão complexo quanto a realidade da aprendizagem Web em si. Há diversos trabalhos na literatura sobre qualidade dos WES, com uma abundância de termos e conceitos. Um ponto de divergência está relacionado ao papel do estudante na definição da qualidade dos WES. Alguns argumentam que a definição da qualidade no ensino superior deve ter início a partir do estudante e sua interação com o sistema (UVALIC-TRUMBIC; DANIEL, 2013).

Para Pressman (2011, p. 360) a qualidade do produto de software parte do princípio que “um produto útil sempre satisfaz às exigências definidas explicitamente pelos interessados. Além disso ele satisfaz a um conjunto de requisitos implícitos (por exemplo, facilidade de uso) que se espera de todo software de alta qualidade”. Segundo o autor é necessário realizar medições adequadas no produto de software, de forma que se possa compreender melhor seus atributos e avaliar a qualidade deles. Deve-se, também, definir um conjunto de funções que serão utilizadas na avaliação das atividades de controle de qualidade de software, relacionadas à efetividade e completude, que irão garantir a qualidade do produto de software.

Segundo o padrão internacional Product Quality Model ISO/IEC 25010:2011 qualidade de software pode ser definida como “o grau em que um produto de software satisfaz as necessidades explícitas e implícitas quando utilizado sob condições especificadas” e, para minimizar a subjetividade do conceito de qualidade, esse mesmo padrão propõe um conjunto de parâmetros, traduzidos em oito atributos:

⁵ Metadados: são dados sobre dados, ou seja, são informações criadas, armazenadas (e que podem ser compartilhadas) para descrever dados e possibilitar a interação entre esses dados para construir o conhecimento (RILEY, 2017).

adequação funcional, confiabilidade, eficiência no desempenho, usabilidade, segurança, compatibilidade, manutenibilidade e portabilidade (ISO/IEC 25010, 2008).

As dificuldades associadas à avaliação da qualidade dos requisitos não funcionais decorrem da necessidade de medição por usuários que possuam conhecimento e experiência no software em questão. Já com relação aos requisitos funcionais, a utilização de métricas objetivas pode contribuir para avaliar com eficácia a qualidade por meio de métodos e modelos de avaliação da qualidade de software (BANSIYA; DAVIS, 2002; MEIRELLES, 2008).

No contexto dos WES essas dificuldades também são observadas. A tarefa de avaliar tais sistemas, nas mais diversas áreas do conhecimento, não é uma tarefa simples, principalmente devido à ampliação da oferta desses produtos nas últimas décadas e à carência de métodos e critérios de avaliação e, ainda, devido à falta de profissionais capacitados em número suficiente para atender essa demanda (LYRA et al., 2003; ROQUE et al., 2012).

Foram identificadas diversas abordagens na literatura para avaliação dos aspectos técnicos e pedagógicos dos WES, assim como para avaliação de recursos educacionais e objetos de aprendizagem, além de modelos para avaliar tecnologias da WS, tais como Sarmento (2011), Militaru et al. (2012b), Madhura (2012), Leacock e Nesbit (2007), Sanz-Rodriguez et al. (2011), Nanduri et al. (2012), Wiley (2003), Haughey e Muirhead (2005).

No entanto, as abordagens existentes se propõem a avaliar a qualidade de artefatos ou recursos específicos do software, cada uma por meio de uma metodologia com critérios distintos e que se encontram espalhados em diferentes artigos na literatura. Além disso, nem sempre estes mecanismos estão devidamente documentados e classificados para que possam ser utilizados adequadamente pelos interessados.

Observou-se ainda a falta de critérios e mecanismos de avaliação da qualidade de SWBES, por meio da revisão da literatura e MS realizados. Apesar de existirem algumas iniciativas pontuais para avaliação de qualidade de tecnologias da WS, não existe uma abordagem que possa ser utilizada para avaliar esses sistemas com todas as suas especificidades em conjunto, tais como uso de padrões, mecanismos de inferência, ontologias e repositórios com dados anotados semanticamente, metadados que garantam a descrição adequada dos recursos do sistema, de modo que possam estar disponíveis e sejam recuperados pelos agentes computacionais.

Além disso, uma abordagem que possibilite a avaliação da qualidade de SWBES deve considerar também, os requisitos técnicos e de usabilidade da engenharia de software, mais os relacionados ao domínio da educação.

Desse modo, escolher entre dois (ou mais) SWBES disponíveis no mercado não é tarefa simples, pois exige competências que muitas vezes estão distribuídas em diversos dos envolvidos. Uma forma de facilitar a comparação e escolha do SWBES mais adequado para os objetivos definidos é avaliar a qualidade de tais sistemas e comparar o resultado obtido.

De acordo com Guerra e Colombo (2009), a avaliação de produto de software traz os seguintes benefícios potenciais: i) o resultado da avaliação do produto pode ser utilizado pelo desenvolvedor na identificação de ações corretivas, no intuito de melhorar o software ou contribuir para a tomada de decisão com relação à evolução do produto; ii) o potencial adquirente do produto de software pode usar o resultado da avaliação na tomada de decisão para aquisição, uma vez que terá conhecimento sobre ele; e iii) pode ajudar no marketing e na satisfação do cliente, pois contribui para disseminar a qualidade do produto.

O principal objetivo em se avaliar a qualidade de um produto de software é oferecer resultados quanti-qualitativos confiáveis sobre ele, de modo que possam ser compreendidos e sejam aceitos pelos interessados (GUERRA; COLOMBO, 2009).

Nesse sentido, a abordagem desenvolvida nesse trabalho permite realizar a avaliação da qualidade de SWBES, por meio de uma ferramenta computacional Web, que considera os principais artefatos desses sistemas para serem avaliados pelos diversos avaliadores, em seus respectivos papéis e competências. Dessa forma, o resultado final da avaliação é obtido a partir da média dos resultados parciais de cada avaliador, fatores de qualidade e artefatos.

Assim, a abordagem visa dar suporte para o complexo processo de escolha do SWBES mais adequado aos objetivos e necessidades da instituição e seus usuários.

1.1 Problema e Questão de Pesquisa

Foram localizadas na literatura diversas abordagens para avaliação de qualidade de WES. No entanto, conforme discutido na Seção anterior, tais abordagens tratam da avaliação dos aspectos técnicos, pedagógicos, organizacionais e sociais desses sistemas.

Assim, identificou-se como problema dessa pesquisa a falta de uma abordagem capaz de avaliar os SWBES de forma integrada, a partir dos elementos da arquitetura do sistema, ou seja, a atuação e estruturação dos agentes inteligentes, ontologias, objetos de aprendizagem, repositórios, metadados, serviços Web etc.

Nesse sentido, a questão que norteou essa pesquisa foi: **Como avaliar a qualidade de um SWBES?**

1.2 Objetivos da Pesquisa

Segundo Wazlawich (2009), é importante que os objetivos estabelecidos sejam verificáveis por meio de avaliações e procedimentos bem definidos que irão demonstrar que as hipóteses testadas são ou não verdadeiras.

Assim, o objetivo geral dessa pesquisa foi desenvolver uma abordagem para avaliação de qualidade de sistemas educacionais baseados em Web Semântica (SWBES).

Para atingir esse objetivo, foram estabelecidos os objetivos específicos detalhados a seguir:

- Identificar os principais fatores de qualidade utilizados nos modelos e abordagens para avaliação de qualidade na literatura;
- Estabelecer fatores de qualidade adequados para avaliação de qualidade de SWBES;
- Elaborar a abordagem para avaliação de qualidade de SWBES a partir dos fatores de qualidade estabelecidos;
- Avaliar a abordagem com os usuários por meio de estudo de caso.

1.3 Escopo da pesquisa

Essa pesquisa é destinada aos potenciais usuários de um SWBES, de forma especial aos gestores e professores de instituições educacionais, no processo escolha, comparação e aquisição desses sistemas, de acordo com os seus objetivos técnicos e pedagógicos. Pretende-se que os interessados possam realizar a escolha do SWBES adequado, após a comparação entre os sistemas candidatos, por meio do resultado obtido na avaliação com o uso da abordagem desenvolvida.

A abordagem tem o objetivo de avaliar os principais artefatos do SWBES por

meio dos fatores de qualidade e critérios definidos a partir da competência de cada avaliador designado para a avaliação. Os fatores estão relacionados às funcionalidades esperadas para os SWBES, tais como interoperabilidade com outros sistemas, reusabilidade de recursos (código fonte, modelagem, conteúdo educacional/objetos de aprendizagem etc.), personalização e adaptabilidade.

Vale ressaltar que não faz parte do escopo da abordagem desenvolvida avaliar o processo de desenvolvimento do sistema, nem a aprendizagem.

1.4 Métodos da Pesquisa

Um dos objetivos principais da pesquisa científica é oferecer resposta aos problemas ainda não solucionados ou discutidos e, para isso, se empregam métodos, técnicas e procedimentos que contribuem para que seja possível alcançar tal objetivo (GIL, 2008).

Para Minayo (2011, p. 74) pesquisa é “[...] atividade básica da Ciência na sua indagação e construção da realidade. É a pesquisa que alimenta a atividade de ensino e a atualiza frente à realidade do mundo. Portanto, embora seja uma prática teórica, a pesquisa vincula pensamento e ação”.

Portanto, os métodos científicos têm a finalidade de conduzir a pesquisa de acordo com as especificidades requeridas, de modo que possam garantir a confiabilidade dos processos relacionados à busca da solução do problema de pesquisa inicial. Assim, uma pesquisa científica precisa adotar mecanismos, métodos ou técnicas que assegurem a veracidade da informação e conhecimento envolvidos, assim como a ligação entre a teoria e a prática (GIL, 2008).

Dessa forma, surgiram muitos métodos para levantamento das informações e de pesquisa, entre eles o método científico, definido por Lakatos e Marconi e (2010) como um conjunto de atividades sistematizadas e racionais que possibilitam atingir um objetivo com segurança e economia, enquanto define um caminho que deve ser seguido, detecta erros e auxilia o cientista em suas decisões.

Neste contexto, essa pesquisa é do tipo exploratória, e utilizou diferentes recursos metodológicos. A pesquisa exploratória permite descobrir, elucidar fenômenos ou explicar aqueles que não eram aceitos apesar de evidentes (GONÇALVES, 2014).

De acordo com Gil (2008, p. 27), as pesquisas de natureza exploratórias “têm

como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”.

Assim, foram estabelecidas três etapas para o desenvolvimento da abordagem proposta nessa pesquisa (Figura 1).

Figura 1. Etapas para desenvolvimento da abordagem

Na primeira etapa da abordagem foram realizados o levantamento, estudo e análise da bibliografia relacionada ao tema da tese e, para isso, foi conduzido um Mapeamento Sistemático da Literatura (MS), o qual, de acordo com Kitchenham e Charters (2007), possibilita uma visão mais ampla dos estudos primários, numa área determinada, para identificar as evidências disponíveis no domínio dos WES.

Uma revisão *ad hoc* da literatura também se fez necessária, com o intuito de recuperar trabalhos relacionados à avaliação de qualidade de tecnologias da Web Semântica (p. ex., ontologias) e de objetos de aprendizagem. Estes trabalhos são importantes para a identificação de fatores e critérios da abordagem em questão, os

quais envolvem múltiplas áreas do conhecimento, tais como: Web Semântica (WS), Sistemas Educacionais Web (WES) e Engenharia de Software (ES).

Além da revisão da literatura, os padrões/normas internacionais ISO/IEC SQuaRE 25000 (que tratam da qualidade de produto de software) e os adotados pelo W3C foram considerados na definição dos fatores de qualidade. As heurísticas de Nielsen e regras de ouro de Shneiderman também foram estudadas e analisadas, pois usabilidade é uma característica da qualidade do sistema que contribui para facilitar seu uso pelos usuários, principalmente estudantes, e permite que eles possam se concentrar em aprender os conteúdos e não gastar tempo e esforço para aprender a usar a ferramenta (ABREU, 2010).

Na segunda etapa os fatores e subfatores de qualidade, assim como os avaliadores e artefatos que compuseram a abordagem desenvolvida foram descritos de forma detalhada.

Depois, na terceira etapa, os fatores, subfatores e critérios de qualidade foram instanciados para cada artefato e atribuídos aos avaliadores responsáveis, de acordo com o papel que representam no sistema.

Em seguida, a abordagem desenvolvida foi concluída, por meio do modelo conceitual que descreve o processo de avaliação criado, e automatizada numa ferramenta Web, denominada QualiSWBES.

Por fim, a abordagem desenvolvida foi avaliada por meio de estudos de caso que consistiram da aplicação da abordagem por especialistas das áreas de gestão de TIC, Web Semântica, Informática e Educação, que foram convidados a avaliar o SWBES MeuTutor, sob a supervisão da pesquisadora.

1.5 Estrutura do trabalho

Essa tese está estruturada da seguinte forma: no Capítulo 1 “**Introdução**” foram introduzidos o objeto de estudo, o problema e a questão de pesquisa, os objetivos, o escopo e o método da pesquisa.

O Capítulo 2 “**Aspectos Conceituais**” apresenta os conceitos relacionados aos sistemas educacionais Web, Web Semântica e qualidade, que fundamentam a pesquisa.

No Capítulo 3 “**Trabalhos Relacionados**” são discutidos os estudos relacionados ao tema proposto, como os modelos de avaliação de objetos de

aprendizagem e usabilidade da interface, das tecnologias da Web Semântica e ontologias.

O Capítulo 4 “**Descrição da Abordagem Desenvolvida**” trata da descrição da abordagem desenvolvida e apresenta o modelo conceitual e o processo de avaliação.

No Capítulo 5 “**Ferramenta Web QualiSWBES**” é apresentada a ferramenta computacional desenvolvida para automatizar abordagem em questão, com a documentação e testes realizados.

O Capítulo 6 “**Avaliação da Abordagem Desenvolvida**” descreve os estudos de caso realizados para avaliar a abordagem e os resultados alcançados.

O Capítulo 7 “**Considerações Finais**” apresenta as considerações finais do trabalho, contribuições, limitações do estudo e indicações de trabalhos futuros.

2 ASPECTOS CONCEITUAIS

A pesquisa na área de WES teve início com nomes conhecidos internacionalmente (entre eles Seymour Papert e os brasileiros José Valente, Lea Fagundes, entre outros) que enfrentaram diversos problemas relacionados aos aspectos multidisciplinares que envolvem tais sistemas. Se por um lado é necessário lidar com as questões pedagógicas, didáticas, teorias de aprendizagem etc. da área da Educação, por outro, há também o conhecimento específico da área de cada disciplina a ser ensinada/aprendida, além dos diversos campos dentro da área da Computação (Engenharia de Software, Inteligência Artificial, Interação Humano-Computador, Web Semântica e outras) que podem ser utilizados para solucionar os mais diferentes problemas do processo de ensino e aprendizagem (SILVEIRA, 2016).

Nesse contexto, este Capítulo aborda os aspectos conceituais relativos aos WES, Web Semântica e SWBES, em três seções distintas. Para cada Seção, são apresentados, além dos conceitos e arquitetura, as tecnologias e padrões envolvidos e os principais desafios a serem superados. Assim, as tecnologias e funcionalidades da Web Semântica podem contribuir na solução dos problemas e limitações dos WES, que passam a ser denominados Sistemas Educacionais baseados na Web Semântica (SWBES).

2.1 Sistemas Educacionais Web

As novas tendências em tecnologias de informação e comunicação (TIC), aliadas ao papel crescente da aprendizagem social, tem impulsionado o mercado global dos WES (também denominados como plataformas ou sistemas *eLearning*) que continua a mudar, crescer e evoluir em todo o mundo (VLADOIU; CONSTANTINESCU, 2012).

O termo *eLearning*, já usado nos finais dos anos 1977, foi definido pelo analista Elliot Masie, como “aprendizagem nos tempos da internet, a convergência entre a aprendizagem e as redes”, de acordo com (CROSS, 2004).

Nessa Seção serão apresentados os conceitos e arquitetura, as tecnologias e padrões e os principais desafios enfrentados nos sistemas educacionais Web (WES).

2.1.1 Conceitos e arquitetura

Aprender se transformou num processo contínuo que extrapola os limites dos espaços dedicados, tempos e modalidades nos quais as fronteiras entre fornecedores e consumidores de conhecimento eram desfocadas. Pode-se observar uma mudança de paradigma no processo de educação, formação, ensino e aprendizagem, desencadeada pelas exigências e desafios da emergente economia do conhecimento e sociedade cognitiva, levando ao que se denomina como aprendizagem ao longo da vida (VLADOIU; CONSTANTINESCU, 2012; GONGA, 2013).

Dessa forma, professores e educadores precisam considerar que as instruções passo a passo (ou lineares) podem não suprir as necessidades de aprendizagem até mesmo do aluno mais “tradicional” ou, ainda, que o contexto de aprendizagem pode ser rigidamente controlado. Os alunos trazem uma variedade de habilidades, conhecimentos e respostas para todas as situações de aprendizagem e que o professor pode se envolver com eles e fornecer uma série de maneiras para que se aproximem de novas formas de aprendizagem (KELLER, 1968; BAIN; MCNAUGHT, 1996).

Neste contexto, os WES possibilitam a entrega de conteúdo de aprendizagem de forma individualizada, dinâmica e compreensiva, em tempo real, e contribui para o desenvolvimento de comunidades de conhecimento, além de interligar estudantes e profissionais com especialistas do domínio em questão (DRUCKER, 2000).

Hanna et al. (1999) afirmam que o melhor sistema educacional deve fornecer uma ferramenta que permita que seus usuários explorem o mundo de forma criativa e usem sua imaginação para manipular e assimilar conhecimento sobre o mundo em volta deles.

Observa-se que o ensino a distância evoluiu graças à extensiva aplicação das tecnologias de informação e comunicação (TIC) em educação, melhorando o desenvolvimento de sistemas educacionais nos últimos 20 anos e, com isso, motivando estudos e pesquisas para definir uma metodologia para esse fim, por meio da utilização de métodos, procedimentos e ferramentas das Engenharia de Software (PLAZA et al., 2009).

No trabalho de Buendía e Hervás (2008), o ensino a distância é denominado *eLearning* e, segundo os autores, trata-se de um fenômeno cada vez mais complexo devido ao grande número e variedade de maneiras de se incorporar a tecnologia aos

contextos educativos. No entanto, o rápido desenvolvimento e a complexidade das experiências baseadas em *eLearning* exigem métodos de avaliação específicos para obter e analisar informações relevantes sobre os recursos, processos ou situações envolvidas neste tipo de experiência.

Segundo Clark e Mayer (2011) *eLearning* pode ser definido como um treinamento ministrado em um dispositivo digital (*smartphone, tablet ou laptop*), projetado para dar suporte a objetivos individuais de aprendizagem ou objetivos da organização. Pode envolver formas assíncronas de *eLearning* (para auto estudo), mas também síncronas (com orientação de instrutores). Entre essas modalidades, há os cursos desenvolvidos principalmente para apenas prover informação, bem como aqueles projetados para construir competências específicas.

Essa definição contém diversos elementos referentes ao “o quê”, “como” e “por quê” do *eLearning*: i) O quê – sistemas *eLearning* incluem tanto o conteúdo quanto os métodos e técnicas de instrução que ajudam os estudantes na aprendizagem; ii) Como – como são oferecidos em dispositivos digitais, cursos *eLearning* podem usar texto, vídeos, imagens, animações etc. Podem ser síncronos, salas de aula virtuais, e há necessidade de um instrutor/orientador. Já o modelo assíncrono, possibilita acesso para estudo individual, ou seja, o estudante acessa a qualquer hora, de qualquer lugar. As formas síncronas e assíncronas de *eLearning* possibilitam a colaboração com outras pessoas por meio de ferramentas como *wikis, YouTube*, salas de bate-papo, fóruns de discussão e e-mail; e iii) Por quê – cursos *eLearning* têm a intenção de ajudar os estudantes a atingir objetivos de aprendizagem pessoal ou melhorar os objetivos básicos da organização (CLARK; MAYER, 2011).

No entanto, há muita divergência em relação a uma definição precisa do que seja um sistema *eLearning* (BICHSEL, 2013). Pode ser necessário relacionar as definições de *eLearning* para cada uso na literatura, de acordo com o contexto. Os sistemas *eLearning* enfatizam o aprendizado ativo dos estudantes, deve envolver ao menos um componente baseado na Web e permitir a colaboração e acesso ao conteúdo, que extrapola os limites da sala de aula (BICHSEL, 2013; SHI et al., 2011).

Do ponto de vista do estudante (usuário solicitante do conhecimento), o processo de ensino e aprendizagem nesses ambientes inclui a descoberta, a integração e a aquisição do conhecimento, assim como o projeto de aprendizagem etc. A Web possui uma vasta quantidade de recursos e objetos de aprendizagem, por ser uma grande base de conhecimento distribuída. Como provedora desses recursos,

ela deve fornecer (aos usuários) serviços de aprendizagem precisos e adequados, além de contribuir para melhorar a aprendizagem da sala de aula tradicional (SHI et al., 2011; GONGA, 2013; BICHSEL, 2013).

O trabalho de Albidewi e Tulb (2014) reforça essa ideia, quando discute que as razões para a crescente popularidade e as vantagens dos sistemas *eLearning* sobre a aprendizagem em sala de aula tradicional são que a educação baseada na Web oferece mais que simplesmente conteúdo *online*, mas possibilitam maior interação entre os pares e entre os estudantes e professores, em qualquer tempo e de qualquer lugar que estejam, com acesso à Web, no que eles denominam *eLearning 2.0*.

Nesses sistemas, os recursos estão disponíveis, via Web, em qualquer hora, qualquer lugar por qualquer pessoa (AAAL - *Anytime, Anywhere, Anybody, Learning*) (BITTENCOURT et al., 2008).

Assim, o acesso à aprendizagem é facilitado aos mais diversos usuários (profissionais, cuidadores, deficientes físicos, idosos etc.) que, em sala de aula tradicional estariam impossibilitados ou seria uma atividade muito mais complexa. Cada vez mais, os WES tem se mostrado uma alternativa educacional indispensável na democratização do acesso, na elevação do padrão de qualidade do processo de ensino e aprendizagem contribuindo para o aprendizado ao longo da vida (ALBIDEWI; TULB, 2014; ATTWELL, 2007; GONGA, 2013; MIRANDA DE LUNA; SANTOS, 2007).

Além disso, os avanços nas TIC, especialmente as tecnologias da Internet, contribuem para facilitar e viabilizar a aprendizagem em sala de aula atualmente. Com requisitos mínimos de hardware e software para as máquinas do cliente, é possível instalar e utilizar um WES (SIMIC et al., 2005). A Figura 2 mostra uma arquitetura básica para os WES. A partir de uma solicitação do usuário, por meio da interface do sistema, a aplicação é acessada e informações providas pelo (s) servidor (es) Web, que obtém os recursos e conteúdo a partir de servidores externos e base de dados na Web.

Figura 2. Arquitetura dos WES

Fonte: Autora (2016).

Nos WES, o material de aprendizagem está, geralmente, distribuído por meio de diversos servidores educacionais (Figura 2). Os autores de conteúdo (ou professores) utilizam ferramentas de autoria para criar, armazenar, modificar e atualizar o conteúdo. Da mesma forma, os alunos usam diferentes ferramentas de aprendizagem para acessar, navegar, ler e consultar esses conteúdos, durante o processo de aprendizagem (DEVEDZIC, 2003).

Nesse contexto, Dicheva (2008) relaciona três gerações de sistemas educacionais baseados na web: i) a primeira geração, que permite o acesso aos materiais de aprendizagem e cursos *online* (por exemplo, os LMS e portais educacionais); ii) a segunda geração, que usa técnicas de inteligência artificial para apresentar os conteúdos e dar suporte às novas funções como, por exemplo, personalização e adaptação do conteúdo de acordo com as necessidades de cada usuário, chamados AHS e ITS; iii) a terceira geração de WES, baseados em ontologias e outras tecnologias da Web Semântica, que permitem escalabilidade, reutilização e interoperabilidade de conteúdo educacional distribuído pela Web (SIMIC et al., 2005).

Além disso, Chin e Chen (2013) observam que os WES estão migrando para os dispositivos móveis e termos como aprendizagem ubíqua (*uLearning*)⁶, *mobile learning* (*mLearning*)⁷ têm surgido, devido à rápida evolução da tecnologia sem fio e

⁶ Aprendizagem ubíqua – pode se dar em quaisquer circunstâncias, a qualquer momento, em qualquer lugar (Santaella, 2014)

⁷ Mobile learning – aprendizagem móvel, realizada por meio de dispositivos portáteis (Santaella, 2014).

móvel. Esses conceitos inovadores contribuem para aprendizagem sob demanda que se pode chamar de quarta geração dos WES (AL-YAHYA et al., 2015).

Os Sistemas de Gestão de Aprendizagem (LMS - *Learning Management Systems*) são bem-sucedidos na educação baseada na Web, com relação ao número de usuários. Os LMS são sistemas integrados que suportam uma série de necessidades de professores e estudantes. Os professores podem usar um LMS para desenvolver materiais de curso baseados na Web e testes, para se comunicar com os estudantes e para monitorar/acompanhar seu desempenho e progresso (SIMIC et al., 2005).

Os estudantes utilizam a plataforma não somente para a aprendizagem, mas também para colaborarem com seus pares. O LMS fornece mecanismos para o professor criar seus cursos e unidades de aprendizagem (SIMIC et al., 2005). Como exemplos de LMS podem ser citados o Moodle (<http://moodle.org>), Blackboard WebCT (<http://www.blackboard.com>) e Edmodo (<https://www.edmodo.com/about>), cada uma com suas funcionalidades. Nos LMS, o ciclo de aprendizagem tem início a partir da criação dos conteúdos de aprendizagem, conhecidos como objetos de aprendizagem (JOVANOVIC et al., 2008; DOCEBO, 2016).

Com relação aos WES adaptativos, há dois grupos mais utilizados na Web, os Sistemas Hipermidia Adaptativa (AHS - *Adaptive Hypermedia Systems*) e os Sistemas Tutores Inteligentes (ITS - *Intelligent Tutoring Systems*). Os sistemas AHS são focados na estrutura não-linear e adaptável dos materiais educativos e fornecem ao usuário fácil navegação, referências e visão global do conteúdo, além de técnicas de adaptação de apresentação como texto condicional ou estendido, variantes de páginas e quadros relacionados aos conceitos (SIMIC et al., 2005; BRUSILOVSKY; BRUSILOVSKY, 2003).

Nos sistemas AHS, os modelos do domínio, de adaptação e do usuário são utilizados na definição de quais arquivos ou páginas devem ser recuperados e que objetos devem ser incluídos na página, de acordo com a requisição realizada. Assim, os Modelos do Domínio e Adaptação são responsáveis pela estrutura dos conceitos e pelas regras de adaptação. A informação local pode ser utilizada pelo Processamento e é recuperada quando o usuário acessa o sistema. O Modelo do Usuário é utilizado e atualizado sempre que o usuário interage com o sistema (BRUSILOVSKY; BRUSILOVSKY, 2003).

Como exemplos de AHS disponíveis na Web, pode-se citar o QuizGuide

(http://adapt2.sis.pitt.edu/qg_incom/), um sistema adaptativo que auxilia os estudantes na escolha de questões importantes para aprendizagem; o CoPE (<http://adapt2.sis.pitt.edu/cope/>), um sistema que provê acesso comunitário a sumários de artigos via Web, entre outros (YUESHUN, 2009; BRUSILOVSKY et al., 2005; BRUSILOVSKY et al., 2006; MAGNISALIS et al., 2011).

Por outro lado, os ITSs fornecem um *design* orientado ao usuário (estudante) e muito mais conhecimento pedagógico implementados no sistema, além de contarem com alto nível de modularidade. Um ITS compreende 4 módulos: i) Modelo do Domínio – apresenta as informações sobre o domínio do conhecimento; ii) Modelo do estudante – contém informações e características para representar o conhecimento e as habilidades dos estudantes; iii) Modelo do tutor (pedagógico) – apresenta as estratégias sobre o processo de ensino e aprendizagem de acordo com as características dos estudantes; e iv) Modelo da Interface – responsável pela comunicação entre o sistema e o estudante, pelas informações que entram e saem do sistema (DEVEDZIC; DEVEDZIC, 2003).

Os ITS têm se consolidado no mercado, apesar de estarem restritos a alguns domínios específicos do conhecimento, como por exemplo, o MeuTutor (<http://meututor.com.br/>), uma plataforma personalizada, colaborativa e gamificada para auxiliar no estudo de estudantes do ensino fundamental e médio; o Matspring (<http://mathspring.org/>), um sistema tutor projetado para aprender junto com o estudante que está se preparando para a universidade; o Mathtutor (<http://www.mathtutor.ac.uk/>), que prepara os estudantes na área de matemática para ingressar na universidade, entre outros (WOOLF, 2011).

No entanto, ambos (AHS e ITS) são focados estritamente numa área específica do domínio (SIMIC et al., 2005).

Outra plataforma que têm crescido muito nos últimos anos é a conhecida por MOOC – *Massive Open Online Course* – um sistema gerenciador de cursos que não exige pré-requisitos, não oferece serviços de tutoria e, na maior parte das vezes não fornece certificados. Os cursos nessas plataformas caracterizam-se ainda por serem livres de taxas e atenderem um número muito grande de pessoas. Os principais MOOCs são Coursera (<https://www.coursera.org/>), edX (<https://www.edx.org/>), Udacity (<https://www.udacity.com>) (PAPPANO, 2012; SOUZA, 2015; DEVEDZIC, 2016).

2.1.2 Tecnologias e padrões

Os WES contam com tecnologias para os conteúdos desenvolvidos denominados Objetos de Aprendizagem e os respectivos Repositórios para o armazenamento deles.

De acordo com Wiley (2000) os Objetos de Aprendizagem (OA) são recursos digitais que podem ser usados para apoiar o processo de ensino e aprendizagem. Para IEEE (2002) OA são “quaisquer entidades, digitais ou não, que podem ser usados para aprendizagem, educação ou treinamento”, que proveem pequenas e reusáveis unidades de aprendizagem. Cada OA deve possuir três componentes básicos: conteúdo, atividades de aprendizagem e elementos de contexto e, adicionalmente, deve conter metadados, os quais definem os atributos necessários para descrição completa dos OA (IEEE, 2002).

Normalmente, os autores dos OA são professores que utilizam posteriormente esses OA nos cursos que ministram. Assim, podem-se identificar dois papéis: i) o do autor do OA, que tende a ser um especialista; e ii) o do professor, que entrega o OA aos estudantes e avalia o desempenho dos mesmos, por meio de uma plataforma LMS, AHS ou ITS, e que, na maior parte das vezes, acumula os dois papéis (JOVANOVIC et al., 2008).

Os OA são utilizados para ensinar uma determinada habilidade ou conceito, além de possibilitar experiência de aprendizagem para o estudante. Para isso, usam documentos, gráficos, som, animação, simulação, vídeo e outras ferramentas que proporcionam aos estudantes uma experiência de aprendizagem no mundo real. Um OA possui a seguinte estrutura (MADHURA, 2012):

- Objetivo – uma declaração que descreve o resultado pretendido, com base num critério, para uma atividade instrucional.
- Atividade de Aprendizagem: um elemento da atividade para o ensino de acordo com o objetivo.
- Avaliação: um elemento que determina se o objetivo foi atingido.

Para Madhura (2012), as características chave dos OA são: acessibilidade, reusabilidade, interoperabilidade, granularidade e marcação com metadados (definidos na seção 2.2.2). Para isso, devem ser desenvolvidos de acordo com padrões estabelecidos internacionalmente, de modo que tais características sejam

observadas entre os aspectos técnicos dos OAs. Como exemplo, observa-se que a readaptação do conteúdo de um OA para outros contextos e usuários (reúso) é possibilitada por meio do uso dos padrões (BRAGA, 2015; GALAFASSI et al., 2014).

De acordo com Braga (2015), um padrão (ou norma) é um documento responsável pelo estabelecimento de diretrizes, regras ou características a respeito de um produto, serviço, processo etc.

Nesse contexto, Al-Yahya et al. (2015) afirmam que os avanços nas tecnologias da Web motivaram as agências globais, organizações e editores a iniciarem e promoverem o uso de padrões para representar os OAs. Os autores confirmam que os padrões de metadados educacionais surgiram para definir uma especificação que visa facilitar a acessibilidade, interoperabilidade e reutilização desses recursos. O uso de padrões permite a publicação de OA com metadados ricos e específicos para a educação, e os tornam mais acessíveis para os estudantes, uma vez que aumenta a possibilidade de serem reconhecidos pelos principais motores de busca.

No domínio dos WES, alguns padrões foram estabelecidos para o desenvolvimento de OA de acordo com as características já mencionadas (BRAGA, 2015; RILEY, 2017):

- IEEE LOM – o padrão IEEE LOM (*Learning Objects Metadata*) é um padrão responsável por desenvolver normas técnicas, recomendações e orientações para tecnologias educacionais, criado pelo IEEE LTSC (*Institute of Electrical and Electronics Engineers Learning Technology Standards Committee*⁸). O IEEE LOM é um dos padrões de metadados mais utilizados para descrever OAs. É constituído por um conjunto de metadados composto de nove categorias e reconhecido internacionalmente. O objetivo principal é facilitar a busca, avaliação, recuperação, compartilhamento, troca e uso de OAs, por exemplo, por estudantes e instrutores ou agentes de software (IEEE, 2002; BARKER, 2005; BRAGA, 2015);
- SCORM - o padrão SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) é um Modelo de Referência para Objetos de Conteúdo Compartilháveis, que define conjunto de padrões e especificações para disponibilizar conteúdos (OAs) e serviços para os WES (DUTRA; TAROUÇO, 2006; ADL, 2004; ABT,

⁸ <http://www.ieee.org>

2016). Uma das principais vantagens do uso do padrão SCORM é possibilitar o reúso, acesso, interoperabilidade e durabilidade aos conteúdos desenvolvidos, por meio da independência de plataforma em que os recursos são utilizados e, também, a integração e compartilhamento dos conteúdos e cursos por outros sistemas e ambientes diferentes daqueles para os quais foram criados (DUTRA; TAROUÇO, 2006);

- IMS LD - O IMS LD se baseia no *Educational Modeling Language* (EML), desenvolvido pela Universidade Aberta da Holanda (OUNL - *Open University of Netherlands*), a partir da ideia de criação de um modelo capaz de representar a unidade de aprendizagem integralmente, ou seja, que envolva conteúdo e os processos para o seu desenvolvimento (KOPER, 2001). Oferece apoio à utilização de abordagens de ensino e aprendizagem distintas, tais como construtivistas, behavioristas e cognitivistas, por meio do uso de uma linguagem geral, flexível, que possibilita contemplar vários tipos de abordagens pedagógicas na mesma tecnologia;
- IMS CP – IMS CP (*Content Packing*) determina como os OA devem ser organizados para formar um curso baseado na Web, com um padrão para transferência de pacotes de conteúdo entre plataformas, que permite armazenar partes de conteúdo em um formato padrão que pode ser reutilizado em diferentes sistemas, sem ter que converter o material em novos formatos (BRANCO NETO, 2006); e
- IMS QTI – IMS QTI (*Question and Test Interoperability*) define as normas para especificar teste e questões de interoperabilidade entre ferramentas de autoria, bancos de itens, ferramentas de construção de teste, plataformas de ensino, sistemas de distribuição de avaliação e mecanismos de análise e pontuação.

Para facilitar o acesso aos OA reutilizáveis, de modo que os usuários possam pesquisar, encontrar e usar esse conteúdo, foram desenvolvidos os repositórios de objetos de aprendizagem (DOWNES, 2001). Os repositórios de OA (conhecidos como LOR - *Learning Object Repository*) são bancos de dados digitais que possuem descritores, abrigam conteúdo de aprendizagem, aplicativos e ferramentas (tais como textos, artigos, vídeos, gravações de áudio, aplicativos multimídia e ferramentas de redes sociais), e permitem as operações de pesquisa (MCGREAL, 2011; RIOS et al.,

2009).

O objetivo de um repositório é armazenar e entregar os recursos de forma segura além de permitir administrar esses recursos, ou seja, atualizar, identificar, utilizar, compartilhar e reutilizar os mesmos (RETALIS, 2005).

A criação desses repositórios também possibilita que os professores colaborem entre si no processo de criação dos OAs, inclusive com suporte por meio de redes sociais (OKADA et al., 2012).

Os repositórios de OA podem ser classificados, de acordo com McGreal (2008), em três tipos: i) Modelo centralizado com conteúdo armazenado no site; ii) Portais que armazenam *links* e metadados de materiais fornecidos por terceiros; e iii) Repositórios com dupla função (provedor de conteúdo e portal).

Assim, os OA são armazenados nos repositórios de acordo com suas disciplinas, temas ou áreas, por meio dos metadados como descrição do título, tipo, autor, data de criação, data atualizada, requisitos técnicos, informações sobre direitos autorais e palavras-chave para pesquisa. Para selecionar o OA apropriado para os estudantes, é essencial avaliar a qualidade dos OA (MADHURA, 2012; RIOS et al., 2009).

Desse modo, apesar dos padrões estabelecidos e utilizados para o desenvolvimento dos OA e outros recursos utilizados nos WES, como os repositórios de OAs, ainda há diversos problemas e desafios a serem superados, que têm sido estudados e pesquisados, tanto no contexto da educação quanto no do desenvolvimento de software.

2.1.3 Desafios principais

Apesar da evolução e crescimento exponencial da oferta de WES, ainda há alguns desafios a serem superados para atender com qualidade a expectativa de seus usuários. Segundo estudos realizados por DOCEBO (2016), o tamanho do mercado de *eLearning* era estimado em 165 bilhões de dólares em 2015 e é provável que cresça uma taxa de 5% ao ano de 2016 a 2023, excedendo 240 bilhões em 2023. Alguns fatores como a possibilidade do investimento em *eLearning* ser menor que em modelos de ensino tradicionais, além da flexibilidade oferecida por esses sistemas contribuem para esse crescimento (DOCEBO, 2016; PAPPAS, 2015).

No entanto, de acordo com Koper (2004), as atuais infraestruturas de ensino

superior não conseguem acomodar a crescente população em idade universitária e as inscrições crescentes na aprendizagem ao longo da vida, que colabora para aumentar a demanda por WES. Na era do conhecimento, a quantidade de informação produzida e consumida cresce exponencialmente, confirmando a necessidade competitiva de estudar sempre (*lifelong learning*). A instrução está se tornando contínua, ou seja, o estudante emenda os estudos normais do ensino fundamental, médio, faculdade e ainda os cursos adicionais (KOPER, 2004).

Cada vez mais o processo de ensino e aprendizagem está centrado no estudante, é não linear e autodirigido, exige novas estratégias que tenham como base uma nova concepção de *design* instrucional e aproveite o potencial das tecnologias. Os sistemas precisam ser projetados para dar suporte à abordagem voltada à resolução de problemas. Além disso, os estudantes exigem mais flexibilidade para que consigam acessar o sistema nos horários que lhe são convenientes, mas deve-se ter o cuidado para que nem o estudante nem o instrutor se sinta isolado (KOPER, 2004; ALBIDEWI; TULB, 2014).

Com relação aos professores e autores de conteúdo, o desafio se refere à diminuição da carga de trabalho e à alteração de papéis, pois nos WES, os professores podem assumir novos papéis, como o de autores de conteúdo, instrutores, tutores virtuais etc. (KOPER, 2004). Além disso, os usuários encontram dificuldades em executar buscas mais eficazes e eficientes de OA/ou cursos, o que compromete o reúso desses recursos.

Para Mizoguchi (2014) o mercado dos WES tem crescido muito, tanto com relação ao ensino nas escolas quanto aos treinamentos profissionais nas empresas e à aprendizagem ao longo da vida. Esse quadro leva à necessidade de sofisticados sistemas de apoio à aprendizagem que se preocupem com a facilidade de uso, além de reusabilidade e interoperabilidade dos materiais de aprendizagem.

Pandit (2010) concorda quando aponta que os problemas com os WES começam com “diferentes autores usam diferentes terminologias” o que torna o reúso de conteúdos educacionais difícil. A autora afirma que é necessário considerar que os professores/tutores e os estudantes têm diferentes *backgrounds* e níveis de conhecimento e, por isso, são necessários mecanismos que possam estabelecer um entendimento compartilhado entre os pares.

Além dos padrões para os WES (ou da falta deles), outros aspectos que podem influenciar o processo de ensino e aprendizagem são o domínio do conhecimento

envolvido, os artefatos, os modelos pedagógicos, o comportamento e características do usuário, as interações sociais e as plataformas utilizadas para entrega dos conteúdos, sejam elas LMS, ITS etc. (TORNIAI et al., 2008).

Nesse contexto, para dar suporte a um conjunto rico de funções e aumentar a eficácia dos WES, é necessário que eles possam promover a interoperabilidade entre outros sistemas, a colaboração, a troca de conteúdos de aprendizagem e o reúso de funcionalidades e conteúdo. Os autores afirmam que a chave para habilitar a interoperabilidade é se apropriar da conceitualização semântica e ontologias, usar a padronização da sintaxe comum de comunicação, e integração baseada em serviços em grande escala de conteúdo educacional e do uso e provisão de funcionalidades, que podem ser viabilizados por meio da Web Semântica (AROYO; DICHEVA, 2004; GASEVIC et al., 2011; SHI et al., 2011).

2.2 Web Semântica

De acordo com Tim Berners-Lee, um dos inventores da Web, *“a Web Semântica não é uma Web separada, mas uma extensão da atual, na qual a informação é utilizada com significado bem definido, aumentando a capacidade dos computadores para trabalharem em cooperação com as pessoas”* (BERNERS-LEE et al., 2001).

Nesta Seção serão abordados os principais aspectos relativos ao conceito, arquitetura e as tecnologias que são essenciais à implementação da Web Semântica (WS).

2.2.1 Conceitos e Arquitetura

A WS deve atribuir significado aos dados para que possam ser acessados e interpretados por sistemas computacionais e, para isso, esses dados precisam ser consistentes, criados por meio de ferramentas e padrões que explicitem a forma de descrevê-los e conectá-los, para torná-los compreensíveis por máquinas e pessoas (ALLEMANG; HENDLER, 2011; PICKLER, 2007).

Para Isotani et al. (2009, p. 32) a WS pode ser definida como *“a nova geração de tecnologias que tem como objetivo representar a informação de uma maneira na qual computadores sejam capazes de interpretá-la”*. Os autores afirmam que na Web

em seu formato atual a informação disponível é representada, geralmente, em linguagem natural. Essa forma de representação permite que a informação seja compreendida por pessoas, porém, impossibilita sua recuperação e compreensão por computadores ou agentes inteligentes.

Shi et al. (2011) corroboram quando apresentam a WS como uma extensão da plataforma de rede atual, tal como Berners-Lee definiu em 2001, e defendem que sua essência é mudar a tradicional Web de documentos em uma Web de dados com semântica. Para os autores, em resumo, a WS trata de duas coisas: i) de formatos comuns para integração e combinação de dados extraídos de diversas fontes, enquanto a Web atual concentrou-se principalmente no intercâmbio de documentos; e ii) da linguagem para gravar como os dados se relacionam com objetos do mundo real.

Assim, uma das características mais importantes da WS é permitir o compartilhamento e reúso dos termos usados para identificar, padronizar e automatizar a informação ou conjunto de informação da Web, além dos agentes inteligentes utilizados para processar a informação, que localizam e relacionam os metadados (ELUAN et al., 2008).

Na Web atual, as páginas exibidas pelo navegador possuem um conjunto de informações (imagens, textos, vídeos etc.) em formato pronto para serem consumidas por pessoas, que conseguem extrair significado a partir dessas informações, já que elas reúnem, normalmente, um conjunto de dados com algum tipo de relacionamento entre si. Por isso, são apresentadas numa página Web, num único documento, de modo que possam ser identificados pelo servidor Web, que os apresenta ao navegador quando requisitados (LAUFER, 2015).

Para facilitar o processo de comunicação, a semântica (na linguística) estuda o significado das palavras e ajuda a compreender a expressão humana por meio das palavras. O processo de comunicação pode ser melhor compreendido por meio de um modelo. O primeiro modelo estabelecido para a comunicação foi criado por Shannon (1948a), para explicar a transferência da informação a partir de um transmissor até chegar ao receptor, por meio do uso de um canal, como mostra a Figura 3.

Figura 3. Modelo de comunicação

Fonte: Adaptado de (SHANNON, 1948b).

A Figura 3 ilustra como uma pessoa que quer transmitir uma mensagem a codifica em sua mente para transmitir por algum canal para outra pessoa que irá decodificar a mensagem para poder entender.

De modo análogo, Laufer (2015) explica que é necessário codificar corretamente uma informação na Web para que os sistemas e agentes inteligentes possam interpretar de forma adequada o conteúdo de uma página Web, ou seja, para que a informação transmitida chegue a quem recebe com o mesmo significado que tinha para quem enviou. Dessa forma informações extras, denominadas metadados, devem ser colocadas sobre os dados representados, dentro do código utilizado, para que possam ser consumidas por máquinas (sistemas computacionais e agentes inteligentes).

Neste contexto, Riley (2017) apresentam metadados como informações criadas, armazenadas (e que podem ser compartilhadas) para descrever dados e possibilitar a interação entre esses dados para construir o conhecimento. A definição mais clássica tem como base a etimologia da palavra metadado, ou seja, são "dados sobre dados". Quando se considera a forma como as empresas guardam informações sobre seus produtos, clientes, empregados e as funções/operações que realizam, ou ainda, no modo como as instituições de pesquisa organizam os pesquisadores e resultados de suas pesquisas por área de atuação, as bibliotecas e todo seu acervo etc., tudo isso diz respeito aos metadados (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015; RILEY, 2017).

Além disso, o termo também está relacionado aos dados bibliográficos e

catalográficos que devem ser utilizados para a organização e acesso da informação, ou seja, o metadado permite descrever, identificar, buscar e recuperar a informação (CASTRO; SANTOS, 2007).

Segundo Monteiro (2013) os metadados devem representar as características dos conteúdos da aplicação de forma que esses conteúdos possam ser compreendidos por pessoas e pela aplicação. A representação exige: i) um rótulo com informações sobre o conteúdo; ii) um dado, que é o próprio conteúdo ou uma referência a ele; e iii) um padrão que irá fornecer o significado e formalizar o metadado. O autor reforça que os metadados fazem parte do conteúdo e são sinalizados com *tags* específicas ou se relacionam ao documento por meio de um padrão.

Nesse sentido, os metadados permitem que as informações possam ser classificadas de forma que os agentes computacionais possam compreender o significado delas (CONEGLIAN et al., 2015). Eles proveem informações adicionais sobre os dados e contribuem com os desenvolvedores e usuários tanto no entendimento do significado dos dados publicados, quanto de sua estrutura e conteúdo. Essas informações extras devem ser colocadas sobre os dados representados, dentro do código utilizado, para que possam ser consumidas por máquinas. O objetivo principal dos metadados é auxiliar no processo de comunicação entre os produtores e os consumidores de dados, de modo que os dados sejam compreendidos corretamente por esses consumidores, recuperados e tenham sua relevância avaliada (ALVES, 2005; LAUFER, 2015).

Sabe-se que a Web é um espaço de informação aberto e, na ausência de um contexto específico a provisão de metadados torna-se um requisito fundamental. Não será possível recuperar ou reutilizar dados, se eles contiverem metadados insuficientes, a não ser pelo próprio editor. A função dos metadados é fornecer informações adicionais sobre o significado, a estrutura dos dados, e também esclarecer questões relacionadas aos direitos e termos de uso e licença, autoria, qualidade, métodos de acesso etc. É necessário, ainda, o fornecimento de informações legíveis em vários idiomas para facilitar a compreensão (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015; W3C, 2017).

Os metadados proveem, ainda, informação sobre outros dados que estão em uma determinada aplicação ou ambiente e são usados para a documentação dos elementos (por ex. definir atributos como nome, tamanho, tipo etc.), das estruturas (por ex.: definir campos, colunas) ou dos dados (por ex.: definir localização,

associação, propriedade etc.), além de serem utilizados para anotar contexto, qualidade, e características dos dados (RELVÃO, 2006).

Assim, o uso de metadados pode ser estabelecido de acordo com a visão do usuário (e informar, por exemplo, o título de um documento) ou de acordo com a aplicação (e oferecer informação sobre como realizar troca e interoperabilidade por meio dos URI). Para o contexto de busca e recuperação de informação, o

Quadro 1 mostra a classificação dos metadados em: i) administrativos, usados para definir o modo de armazenar e processar os dados; ii) estruturais, usados para marcar e estabelecer a forma de apresentar os dados; e iii) descritivos, usados para representar e identificar o conteúdo a partir dos descritores e sua descrição (RILEY, 2017; TAYLOR; JOUDREY, 2008; W3C, 2017).

Quadro 1. Exemplos e objetivos dos metadados

Tipos de metadados	Exemplos	Objetivo
Administrativos	Data publicação, Tipo e tamanho de arquivo	Interoperabilidade, Gerenciamento, Preservação/manutenção
Estruturais	Sequência, Lugar na hierarquia	Navegação
Descritivos	Título, Autor, Tema, Gênero, Data public.	Descoberta, Apresentação, Interoperabilidade
Linguagem de marcação	Parágrafo, Cabeçalho, Nome, Data	Navegação, Interoperabilidade

Fonte: Adaptado de (RILEY, 2017).

Outra categoria metadados é a linguagem de marcação que mistura metadados e conteúdo, e insere sinalizadores no conteúdo com recursos (por exemplo, marcação de um parágrafo, informações semânticas, cabeçalho, formatação etc.) para torná-los mais eficazes. (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).

Todas essas categorias de metadados permitem aos usuários pesquisar ou navegar para encontrar recursos ou informações de interesse na Web. As propriedades dos metadados contribuem para que o usuário possa identificar e compreender o recurso. A interoperabilidade, a troca efetiva de conteúdo entre sistemas tem como base os metadados utilizados para a descrição do conteúdo, de forma que os sistemas possam compartilhar e reusar esses conteúdos (RILEY, 2017).

No entanto, para que cumpram sua função, os metadados devem ser criados

de acordo com padrões estabelecidos. Entre os mais citados e utilizados internacionalmente está o padrão *Dublin Core* (DC). A simplicidade do DC possibilitou que fosse incorporado em páginas da Web e muito utilizado pelos primeiros motores de busca para indexação (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015; W3C, 2017; RILEY, 2017).

O conjunto de elementos de metadados do DC surgiu de uma reunião ocorrida em 1995 em Dublin, Ohio, com foco em metadados para informações eletrônicas em rede. Foram definidos 15 elementos principais para compor o padrão DC: título, criador, assunto, descrição, editor, colaborador, data, tipo, formato, identificador, fonte, idioma, relação, cobertura e direitos. Este conjunto, também conhecido como "*Dublin Core* simples", ou Dublin Core (DC), é padronizado como ISO 15836 e ANSI / NISO Z39.85, ambos chamados *The Dublin Core* elementos de metadados (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015; RILEY, 2017).

Os metadados contribuem para que a WS atinja seu objetivo: possibilitar a definição de um modelo padrão para representar os dados, de acordo com um vocabulário comum, que permita anexar semântica a esses dados para a construção de um ambiente mais homogêneo nas diversas camadas de dados e possa facilitar o trabalho do desenvolvedor dos sistemas computacionais (LAUFER, 2015).

Nesse contexto, Berners-Lee et al. (2001) definiram uma arquitetura para representar a WS e, a partir de 2001, quando Berners-Lee publicou um artigo sobre WS na Revista Scientific American, muitas pesquisas e publicações têm sido realizadas em diversos países, inclusive no Brasil, que contribuem para o desenvolvimento da área (DUBOST; HERMAN, 2008).

A arquitetura proposta por Berners-Lee et al. (2001), que é um conjunto de camadas para a construção de aplicações que envolvem a WS, é apresentada na Figura 4.

Figura 4. Arquitetura da Web Semântica

Fonte: (BERNERS-LEE et al., 2001).

As camadas propostas foram reavaliadas e descritas de acordo com as tecnologias recomendadas pelo W3C. A nova arquitetura está apresentada na

Figura 5, na qual a primeira camada é composta pelo Uniform Resource Identifier (URI) e UNICODE. O UNICODE fornece um número único para cada caractere e estabelece, assim, um padrão de codificação de caracteres (já que os computadores compreendem números). Dessa forma, permite a independência tanto da plataforma (por exemplo, Windows, IOS etc.) quanto dos idiomas (por exemplo, Português, Inglês etc.).

Figura 5. Arquitetura/camadas da Web Semântica revisitadas

Fonte: W3C (2006).

Observa-se na Figura 5 que a URI é responsável por prover a identificação de cada recurso na Web. Entende-se por recurso tudo que possa ser identificado por um URI (por exemplo, uma imagem, vídeo, serviço, aplicação etc.). Assim, um URI identifica um recurso de forma simples e única. Como exemplo, pode-se apresentar “<https://www.w3.org/>” para um site.

A *eXtensible Markup Language* (XML) é a segunda camada da Web Semântica, que contempla também o *Namespace* (espaço do nome) e a XML Esquema, apesar de não aparecerem na Figura 10 (mas estavam explícitas na Figura 9). A XML é uma linguagem que permite definir *tags* arbitrárias de acordo com as diferentes necessidades das aplicações e foi proposta para possibilitar o transporte e armazenamento de dados e oferecer uma estrutura mais poderosa que o HTML⁹.

Algumas características da XML facilitam sua utilização para desenvolver aplicações e na definição de padrões que transportam e armazenam dados:

- Ser independente de plataforma (pois é armazenada no formato texto;
- Simplificar o compartilhamento de dados, já que as *tags* definidas pelos usuários permitem a definição de uma estrutura hierárquica de um certo domínio de modo que pode ser compartilhada e reusada por outras aplicações;
- Ser extensível, pois permite que novos elementos sejam adicionados à estrutura de um documento e ainda que uma nova linguagem baseada na estrutura XML seja criada (por exemplo, RSS, RDF etc.); e
- Poder ser utilizada por vários protocolos e mecanismos diferentes sem precisar adicionar outro requisito.

É a linguagem recomendada pelo W3C desde 1998. Porém, para que as aplicações consigam processar a XML é necessária uma estrutura capaz de descrever os documentos XML e permitir que a interoperabilidade entre tais documentos. Essa estrutura é denominada XML esquema e *Namespace*. Assim, a XML Esquema é responsável pela descrição da estrutura do documento em XML, baseada na mesma estrutura do documento XML e por isso herda os benefícios de lá, possuem mais recursos disponíveis e oferece suporte aos tipos de dados e aos *namespaces*.

⁹ HTML – *HyperText Markup Language* – linguagem para descrever as páginas da Web (<https://www.w3.org/standards/webdesign/htmlcss>)

A próxima camada, o *Resource Description Framework* (RDF) é formada por uma linguagem de representação de informação na Web, de modo que os recursos possam ser acessíveis por máquinas. O RDF é provê uma representação suficiente do conhecimento na Web e permite a integração dos dados. O RDF é escrito na linguagem XML e por isso herda as características dos documentos XML. O objetivo do RDF é a descrição dos recursos na Web por meio de URI e por isso possibilita a descrição de quaisquer recursos (por exemplo, vídeos, figuras, páginas etc.) de forma que possam ser compreendidos pelos computadores. Assim, a estrutura do RDF é formada pela tripla <sujeito, predicado, objeto> e é recomendado pelo W3C desde 1999 (SHADBOLT et al., 2006; ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).

A camada seguinte, *RDF Schema* (RDF-S), tem a função de prover um vocabulário para a descrição das classes, propriedades e os relacionamentos entre os recursos de um documento RDF. Devido ao fato da representação de um documento RDF se dar por meio de uma tripla, os agentes de software conseguem realizar transações sem precisar conhecer a estrutura semântica e, por isso, é possível alterar, remover e adicionar documentos RDF em qualquer momento, sem prejuízo aos agentes de software (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).

A camada SPARQL representa uma linguagem de consulta semântica em repositórios RDF, ou seja, permite que sejam extraídas informações a partir de um RDF que podem ser reutilizadas. Uma analogia possível é comparar SPARQL com a linguagem SQL, que realiza consultas em bancos de dados relacionais. No caso da SPARQL, a sintaxe permite consultar dados representados em triplas RDF (LAUFER, 2015).

A *Ontology Web Language* (OWL) é a camada da linguagem para definir ontologias na Web. Existem três classificações para a OWL: i) *OWL Lite*: representa uma linguagem simples e por isso deve ser utilizada para classificação simples; ii) *OWL-DL*: é mais expressiva que a anterior e possibilita verificar se os conceitos, classificação e inferência são adequados; e iii) *OWL Full*: é a linguagem que representa de forma mais expressiva o conhecimento, ou seja, deve ser empregada quando for mais importante expressar o conhecimento do que garantir a lógica computacional (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).

Em seguida, a camada RIF tem por objetivo fornecer um conjunto de regras que permita melhorar a expressividade das ontologias na Web, assim como garantir sua interoperabilidade semântica, por meio dos vários formatos de regras. A *Semantic*

Web Rule Language (SWRL) é uma linguagem de regras utilizada na Web Semântica.

A camada *Unifying Logic* (lógica unificada) recomenda a unificação de lógicas que visa o aumento da expressividade dos documentos descritos por meio de ontologias e também a garantia da capacidade de raciocínio, ou seja, facilita a realização de inferências.

As camadas *Proof and Trust* (prova e confiança) são a que executam e avaliam as regras, ou seja, podem explicar quais fontes foram utilizadas para criar aquela informação específica assim como garantir a confiança nos dados criados (nas fontes utilizadas, na própria Web).

A Criptografia é a camada que pode ser usada para verificação da autoridade de um documento.

Por fim, a Interface do Usuário e Aplicações pode ser considerada a principal camada da WS, pois é ela a responsável por permitir aos agentes computacionais e humanos possam utilizar a potencialidade oferecida pela WS. Essa camada é fundamental porque permite que esses agentes possam processar as informações presentes nas ontologias e, depois, disponibilizar aplicações que consigam verificar a semântica dos documentos nos diversos formatos.

Nesse contexto, Isotani (2009, p. 55) apresenta uma visão de um ambiente Web Semântico que pode ser observado na Figura 6:

Figura 6. Ambiente Web Semântico

Fonte: (ISOTANI, 2009, p. 55).

Pode-se observar, pela Figura 6, que as aplicações se comunicam entre si (interoperam), trocando informações e minerando conteúdos em repositórios da Web

em nome dos usuários. Esses conteúdos podem ser integrados com outros recursos para satisfazer algumas necessidades desses usuários. Tanto a troca como a mineração dos recursos é possível por causa das ontologias que permitem que os agentes inteligentes tenham acesso a eles, de modo que o conteúdo criado e armazenado pode ser compartilhado, personalizado, adaptado e reutilizado para diferentes fins e para diferentes usuários (ISOTANI, 2009; ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).

Nesse sentido, diversos autores apontam que a WS contribui para prover os sistemas computacionais de funcionalidades como a interoperabilidade, reusabilidade, adaptabilidade e personalização, independentemente do domínio da aplicação em questão, definidas a seguir (JANEV; VRANES, 2011; DEVEDZIC, 2016; DUTTA et al., 2015; DICHEVA; AROYO, 2004):

- Interoperabilidade – refere-se à capacidade de interação de dois ou mais sistemas computacionais, em qualquer domínio de aplicação, de forma que possam trocar e usar a informação trocada; refere-se à agregação e uso de metadados para “carregar” informação e conhecimento junto aos dados; à capacidade de oferecer serviços que promovam interação e integração entre sistemas ou parte dos sistemas em nível técnico, de conteúdo ou organizacional; refere-se à capacidade do sistema utilizar os mesmos formatos para armazenar e recuperar informação e prover o mesmo serviço em diferentes plataformas e sistemas (KAMADA, 2011; IEEE, 2000; SANTOS; ALVES, 2009);
- Reusabilidade – refere-se à capacidade de incluir informação de uma fonte em outra, de acordo com as intenções originais dos desenvolvedores, ou de modo diverso do esperado. Requer que os conceitos (incluindo relacionamentos, axiomas e regras), suposições e expressões do conteúdo incluído satisfaçam uma necessidade e possam ser adequados à implementação das atividades de desenvolvimento do usuário. Refere-se ao uso do todo ou de partes de um recurso da Web (ontologias, OAs, código de programa, documentos etc.). O objetivo da reusabilidade é reduzir o esforço e custo de desenvolvimento, melhorar a qualidade e o retorno sobre o investimento do conteúdo original, construir aplicações a partir das já existentes ou de partes já existentes (ROMANO, 2012) (GOMEZ-PEREZ, 2007) (KURILOVAS; DAGIENÉ, 2009; SANZ-RODRÍGUEZ et al., 2009);

- Adaptabilidade – refere-se ao grau em que o recurso pode ser adaptado para diferentes ambientes especificados (linguagens, níveis de expressão) sem a necessidade de aplicar ações ou significados além daqueles previstos para ele; refere-se ao esforço necessário para adicionar elementos ao recurso, para novos usos; refere-se ao grau de facilidade para extensão, integração e adaptação do recurso para outros contextos, diferentes do utilizado em sua criação (BRUNSTEIN; PAULO, 2007; CARUSI; MONT’ALVÃO, 2010; LEACOCK; NESBIT, 2007; REZENDE, 2013; SANTANCHÈ et al., 2007; DUQUE-RAMOS et al., 2014; GRUBER, 1995);
- Personalização – refere-se ao grau em que o conteúdo/recurso está adaptado às necessidades do usuário (linguagem, design etc.); refere-se ao grau em que cada usuário tem sua própria visão do sistema por meio do conteúdo/recurso apresentado a ele; refere-se à geração de feedback a partir dos dados de contexto do conteúdo/recurso do usuário; refere-se ainda à facilidade de recuperação do feedback, isto é, recuperar o feedback gerado anteriormente e armazenado em repositórios próprios, a partir de uma requisição realizada pelo usuário por um feedback específico (JOVANOVIĆ et al., 2006, 2008; LEACOCK; NESBIT, 2007; TEIXEIRA, 2013; WOLL, 2011).

Observa-se que a declaração explícita do conhecimento presente nas aplicações é a base para assegurar a implementação das funcionalidades acima, de modo para que a informação possa ser compreendida tanto por agentes humanos quanto por agentes não humanos (agentes computacionais). As ontologias são as responsáveis por prover essa declaração e, portanto, são fundamentais para tornar a WS pública de fato (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015; BITTENCOURT, 2009; DEVEDZIC, 2006; JANEV; VRANES, 2011). Além das ontologias, serão apresentadas outras tecnologias da WS importantes para a fundamentação dessa tese, a seguir.

2.2.2 Tecnologias e padrões

Por meio da representação formal, foram propostas tecnologias para a WS que permitem integrar, compartilhar, automatizar, promover o reúso da informação, e

ainda compreender os termos descritos pelos dados, independentemente da plataforma, protocolos de rede, sistemas operacionais ou quaisquer tecnologias utilizadas (DEVEDZIC, 2006).

2.2.2.1 Ontologias

As ontologias são consideradas artefatos valiosos para a WS, pois permitem que o vocabulário seja compartilhado e possa ser utilizado para modelagem de um domínio específico (objetos, propriedades e suas relações). Assim, habilitam os computadores a “raciocinar” sobre o significado de cada termo do domínio e realizar inferências a partir deles, por meio do uso de linguagens de representação. Além disso, os sistemas que utilizam as mesmas ontologias podem se tornar interoperáveis, pois a estrutura dos dados, informações e conhecimento é a mesma (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015; BANDEIRA, 2015, p. 13).

O termo ontologia, cujo significado na filosofia é “o estudo do ser/existência”, foi emprestado para o contexto da WS e a definição com mais citações na literatura é a de Gruber (1995, p. 1) “uma especificação explícita de uma conceitualização compartilhada”. Mais tarde, (STUDER et al., 1998, p. 184) acrescentaram que “uma ontologia é uma especificação explícita e formal de uma conceitualização compartilhada”.

Fensel et al. (2001) complementam e explicam cada termo das definições apresentadas: i) especificação formal – pois deve ser compreensível e processada por agentes e sistemas computacionais; ii) explícita, porque apresenta definições de conceitos, relações, restrições e axiomas de forma clara e objetiva; iii) conceitualização, é a representação abstrata de um modelo do conhecimento; e iv) compartilhada, porque é realizada a partir de conhecimento consensual por uma comunidade de especialista de um determinado domínio.

Nesse sentido, Gomez-Perez (2007) define ontologia como um conjunto de termos ordenados de forma hierárquica para descrever um domínio, o qual pode ser utilizado como estrutura para uma determinada base de conhecimento. Assim, o uso de uma ontologia possibilita definir um domínio que facilitará o processo de extração de informação e a troca do conhecimento. Geralmente, construir uma ontologia implica na colaboração entre engenheiros de ontologia (conhecimento) e especialistas do domínio que será modelado. O autor apresenta os elementos que compõem uma

ontologia:

- Classes – responsáveis por representar os conceitos de um domínio de forma ampla (por exemplo, a classe “professora” é uma subclasse da classe “pessoa”);
- Relações – indicam o tipo de interação entre as classes de um domínio (por exemplo, as classes “professora” e “escola” se relacionam pelo relacionamento “trabalha_em”);
- Axiomas – se referem a regras, a afirmações que são sempre verdadeiras, e possibilitam inferências sobre as classes (por exemplo, toda pessoa tem uma mãe);
- Instâncias – representam as especializações das classes, ou seja, indivíduos específicos de uma determinada classe (por exemplo, Ana é professora).

Assim, as ontologias são compostas de conceitos, em um nível abstrato, necessário para formalizar o conhecimento para sistemas inteligentes. As ontologias contribuem para modelar o domínio desejado, e fornecem um vocabulário bem projetado capaz de promover tanto formas coerentes para construir sistemas, quanto para compartilhar conhecimentos (GOMEZ-PEREZ, 2007).

Dutta (2016) corrobora com a explicação acima e reforça a importância das ontologias para tornar possível a WS quando explica que elas são o núcleo das aplicações baseadas em WS. Para o autor, representam um vocabulário controlado que pode ser utilizado tanto por agentes humanos quanto computacionais para o acesso e comunicação da informação, para o compartilhamento do conhecimento entre os diversos domínios. O autor esclarece que as ontologias podem ser usadas para representar, armazenar, realizar inferências e raciocínio lógico sobre o conhecimento.

Nesse contexto, as ontologias podem ser classificadas de diversas formas, de acordo com o nível de dependência, ou de representação formal. A Figura 7 mostra a classificação das ontologias por nível de dependência: ontologia de alto nível ou *upper ontology*, ontologia de tarefa ou *task ontology*, ontologia de domínio ou *domain ontology* e ontologia de aplicação ou *application ontology* (GUARINO, 1998; MIZOGUCHI, 2003).

Figura 7. Tipos de Ontologia

Fonte: Adaptada de (GUARINO, 1998).

As ontologias de alto nível representam conceitos mais gerais como espaço, tempo, matéria, objetos, eventos, ações etc. Nesse tipo de ontologia a descrição dos conceitos neste é realizada de forma independente do domínio ou problema e, portanto, devem ser utilizadas sempre em conjunto com outras ontologias. Exemplos de ontologias de alto nível são DOLCE (GAIO et al., 2010), SUMO (PEASE et al., 2010), CYC (LENAT et al., 2010), YAMATO (MIZOGUCHI, 2010).

As ontologias de domínio apresentam a definição de um vocabulário de termos comuns para possibilitar reuso e compartilhamento de informação de um determinado domínio. A ontologia de tarefas, por sua vez, permite o reuso e compartilhamento dos termos, mas associados à resolução de problemas, independentemente do domínio em questão. Pode-se dizer que, geralmente, as ontologias de domínio e de tarefa são desenvolvidas por meio da especialização de termos já definidos nas ontologias de alto nível (GUARINO, 1998) (MIZOGUCHI, 2003).

Por outro lado, as ontologias de aplicação são dependentes das ontologias de domínio e de tarefa, pois realizam a descrição de conceitos de um domínio e tarefa particulares, mas associadas à resolução de problema. Assim, os conceitos definidos nesse tipo de ontologia se referem aos papéis desempenhados pelas entidades do domínio, enquanto a atividade é realizada. Normalmente essas ontologias são

detalhadas a partir da especialização de ontologias de domínio e de tarefa (GUARINO, 1998) (MIZOGUCHI, 2003).

As ontologias podem ser classificadas, também, com relação ao nível de representação formal, conforme a Figura 8.

Figura 8. A visão das ontologias *lightweight* e *heavyweight*

Fonte: Adaptada de (WONG et al., 2012).

As ontologias “pesadas” (*heavyweight*) utilizam frames, lógica descritiva ou geral e, por meio da adição de axiomas e restrições, possibilitam rigorosa interpretação semântica dos conceitos e relacionamentos, ou seja, sem ambiguidades. Desenvolver ontologias pesadas implica em definir precisamente os conceitos e seus relacionamentos, com o uso de uma estrutura que permita criar bases de conhecimento que sejam reutilizáveis e compartilháveis (MIZOGUCHI, 2003; FÜRST; TRICHET, 2006; WONG et al., 2012).

Já as ontologias leves (*lightweight*) quase não possuem especificação rigorosa dos conceitos. São utilizadas para a representação de glossários, dicionários de dados, taxonomias e, também, para otimizar a classificação das informações e

melhorar a eficácia das ferramentas de busca (GIUNCHIGLIA; ZAIHRAIEU, 2010; WONG et al., 2012)

Assim, Mizoguchi (2003, p. 12-13) discute as principais funções das ontologias:

- Prover um vocabulário comum, ou seja, a descrição dos conceitos precisa acontecer em comum acordo com os envolvidos;
- Fornecer uma estrutura apropriada para descrição e troca de informação;
- Explicar o que foi deixado implícito, ou seja, todos os conceitos e relacionamentos precisam estar formal e claramente descritos, detalhados. Se não estiver tudo explícito, por meio de propriedades, regras, atributos de cada conceito e seu relacionamento, não é possível compartilhar e reusar a informação.
- Possibilitar a interoperabilidade semântica, uma vez que os metadados são construídos com base em uma ontologia que força e define parcialmente o significado de cada termo e valor. Além disso, a interpretação e tradução dos metadados podem ser realizados por meio de ontologias, que garantem a interoperabilidade semântica entre os metadados.
- Fornecer explicação para a lógica de projeto, pois contribui para explicar suposições, pré-condições implícitas requeridas pelos problemas que devem ser resolvidos, bem como conceituar o objeto que reflete essas condições.
- Possibilitar a sistematização do conhecimento, uma vez que fornece o vocabulário e conceitos bem estabelecidos requisitados para tal.
- Ser um meta-modelo, pois geralmente é construída como um modelo de abstração do mundo real e provê conceitos e relacionamentos entre eles que são usados como blocos na construção desse modelo.
- Representar a teoria do conteúdo, pois, em resumo, fornece a estrutura para organizar e sistematizar os conteúdos e evitar metodologias *ad hoc*.

No entanto, para o processo de construção e utilização das ontologias, Mizoguchi e Bourdeau (2000) e Mizoguchi e Bourdeau (2015) introduziram a Engenharia de Ontologias que estabelece diversas metodologias, ferramentas e tecnologias que devem ser usadas para a construção de Ontologias com qualidade (estão detalhadas em <https://www.researchgate.net/publication/225355946>).

Dessa forma, as ontologias são consideradas alicerce para a WS. Por meio de linguagens de representação (OWL), há possibilidade de combinar, compartilhar e modificar as ontologias para que façam anotação semântica de diversos recursos como documentos, mídias e páginas Web (MIZOGUCHI et al., 2007; JOVANOVIĆ et al., 2008).

Assim sendo, as ontologias possibilitam a inclusão de significado na informação disponível na Web, de forma que os agentes de software e computadores possam realizar inferências a partir desses conteúdos de forma mais inteligente (ISOTANI et al., 2009). Se a ontologia foi modularizada, partes dela podem ser reutilizadas, assim como toda a ontologia (STUDER et al., 1998). O benefício da reutilização é realizado à medida que compartilhamento do conhecimento é facilitado e a qualidade é aprimorada à medida que outros revisam e adotam a ontologia. Desse modo, a interoperabilidade se torna mais relevante pois é possível captar e refletir uma maior compreensão do domínio representado na ontologia.

Por fim, Devedzic (2006) afirma que a transformação da Web atual em Web do conhecimento é proporcionada pelo uso de ontologias que permitem aos agentes de software acessar, trocar e compartilhar informações e conhecimento de modo mais eficiente, proporcionando que computadores e pessoas trabalhem de forma colaborativa.

2.2.2.2 Sistemas de inferência

De acordo com Radulovic et al. (2015), os sistemas de inferência são softwares utilizados para realizar raciocínio a partir das instâncias das ontologias.

Assim, os sistemas de inferência, por meio do raciocínio executado na base de conhecimento, permite a incorporação da WS inteligente. Esse raciocínio pode ser compreendido de duas formas: i) inclusão de raciocínio, usada para a classificação do conceito, que determina se o conceito é subconjunto de outro conceito; e ii) raciocínio coincidente, usado para checar a consistência de um conjunto de conceitos e determinar se é compatível com os conceitos existentes, ou seja, permite descobrir se a base de conhecimento está em conflito ou é inconsistente (SHI et al., 2011).

De acordo com Shi et al. (2011), os sistemas de inferência realizam o raciocínio lógico na base de conhecimento e podem ser compreendidos de duas formas: i) inclusão de raciocínio, usado para a classificação do conceito e determina se o

conceito é subconjunto de outro conceito; e ii) raciocínio coincidente, usado para checar a consistência de um conjunto de conceitos e determinar se é compatível com os conceitos existentes, ou seja, permite descobrir se a base de conhecimento está em conflito ou inconsistente;

Para Dalwadi et al. (2013) um sistema de inferência é um programa que ajuda a deduzir um novo conjunto de axiomas ou fatos explicitamente afirmados a partir de outros. Ele fornece várias tarefas de raciocínio como classificação, verificação de consistência, verificação de satisfação de conceitos (classes) e ontologia, consulta etc. Diferentes algoritmos de inferência e motores de inferência são usados para descobrir novos fatos e conhecimentos com maior eficiência, escalabilidade, precisão com um conjunto menor de regras.

Os sistemas de inferência possuem características como algoritmo de inferência, suporte lógico, grau de completude do raciocínio, linguagem de implementação etc. (MISHRA; KUMAR, 2011).

2.2.2.3 Serviços Web Semânticos

Os Serviços Web Semânticos (SWS) são softwares que dão suporte ao uso de serviços Web enriquecidos com descrição semântica, para realizar diferentes tarefas como, por exemplo, descoberta, invocação, composição e automação e monitoramento de serviços de diferentes agentes e oferecem interpretação por máquina (RADULOVIC et al., 2015; DAGIENÉ et al., 2015; MCILRAITH et al., 2001).

Para Berners-Lee (2001) os SWS fornecem uma infraestrutura na qual novos serviços podem ser adicionados, descobertos e compostos continuamente, além de possibilitar que os processos organizacionais sejam automaticamente atualizados e reflitam em novas formas de cooperação. Combinam a flexibilidade, reutilização e acesso universal que caracterizam um serviço Web, com a expressividade da marcação semântica e sistemas de inferência da Web Semântica.

Com base em descrições semânticas dos recursos funcionais, um agente SWS seleciona e invoca os serviços Web apropriados para alcançar um determinado objetivo em um contexto específico, de forma automática (DIETZE et al., 2007).

No contexto dos WES, os SWS irão facilitar algumas atividades educacionais, como integração de conteúdo, descoberta de recursos educacionais, avaliação e comparação entre aplicações educacionais etc. Os SWS podem dar suporte a diversas atividades educacionais que possibilitam transformar uma coleção estática de informações em uma coleção distribuída, baseada nas tecnologias da WS, de

modo que tornam o conteúdo WWW processável e interpretável por máquina. Como exemplos de SWS podem ser citados os serviços para personalização de conteúdos educacionais, interfaces, avaliação, colaboração, recomendação, etc.(BITTENCOURT et al., 2008).

Para Shafiq et al. (2006) a próxima geração de SWS deverá prover a descoberta, composição, invocação e execução de serviços Web de forma dinâmica. Assim, automatizar e tornar compreensível por máquina os mecanismos de SWS depende da anotação semântica dos objetos nos serviços e sistemas de inferência e a base para isso é a Ontologia de serviços. A principal ontologia que descreve os SWS é a ontologia OWL-S, recomendada pelo W3C.

A OWL-S, possui três tipos básicos de conhecimento associados ao serviço: i) perfil de serviço, responsável pela descrição das funções e requisitos dos serviços; ii) modelo de serviço, que descreve como o serviço é executado; e iii) aterramento de serviço, responsável por determinar detalhes do acesso ao serviço (SHI et al., 2011).

2.2.2.4 Ferramentas de busca semântica

Máquina ou motor de busca é uma das ferramentas mais conhecidas e utilizadas para encontrar as informações na internet. Os mecanismos de busca comuns utilizam rastreadores de modo exaustivo para criar e atualizar grandes coleções de documentos. Os motores de busca são formados, geralmente, por três partes: i) uma base de dados de documentos da Web; ii) um motor de busca que opera nessa base de dados; e iii) um conjunto de programas que definem como os resultados da pesquisa devem ser exibidos. No entanto, a utilidade de qualquer motor de busca depende da qualidade do sistema e do conteúdo fornecido pelos sites, de acordo com contratos para publicação dos dados (KASSIM; RAHMANY, 2009).

As ferramentas de busca semânticas, diferentemente dos motores de busca tradicionais, armazenam informações semânticas sobre recursos da Web podem resolver consultas complexas, de acordo com o contexto em que o recurso da Web é direcionado. São softwares que fornecem respostas às consultas em linguagem natural explorando dados semânticos (RADULOVIC et al., 2015).

A busca semântica integra as tecnologias da Web Semântica e dos motores de busca para melhorar os resultados de pesquisa produzidos pelos motores de busca tradicionais. Em geral, os processos de busca semântica se dividem em: i)

interpretação da questão do usuário, identificando um conjunto de conceitos relevantes; ii) construção de uma consulta para a ontologia, a partir desse conjunto de conceitos; e iii) apresentação dos resultados ao usuário (RODRIGO et al., 2005).

De acordo com Konstantinos et al. (2010), as tecnologias da WS podem tornar os mecanismos de pesquisa mais poderosos e eficazes. A busca tradicional por meio de palavras-chave pode ser aprimorada pela adição de informações semânticas baseadas em metadados e ontologias e, dessa forma, as páginas da Web são transformadas em páginas da Web inteligentes, com anotação semântica, e possibilitam maior precisão na busca de informações (por exemplo, em WES: cursos, lições, testes ou atividades específicas) (ELLER, 2008).

Dessa forma, as ferramentas de busca semântica, aplicadas em WES, podem usar os serviços adequados para gerenciar as consultas, combinar essas consultas com OA ou outros metadados para, assim, obter melhores resultados (CAO; ZHANG, 2006; ZHUHADAR; NASRAOUI, 2008).

A WS provê uma infraestrutura adequada que permite aos agentes inteligentes executarem ações complexas na Web para seus usuários. Além disso, possibilita declarar explicitamente o conhecimento incorporado em diferentes aplicações e integrar essas informações de forma inteligente, de modo possam ser extraídas por meio de pesquisas/buscas semânticas (GÓMEZ-PÉREZ; CORCHO, 2002).

2.2.3 Desafios principais

A WS é necessária para expressar informações de forma precisa, interpretável por máquina, prontas para que agentes de software possam processá-las, compartilhá-las e reutilizá-las, assim como entender o que significam os termos que descrevem os dados. Isso permite que as aplicações baseadas na Web consigam ser interoperáveis tanto no nível sintático quanto no semântico (DEVEDZIC, 2004, 2006; KOPER, 2004).

No entanto, a sobreposição das diferentes normas e padrões disponíveis, criados por diferentes organizações, dificultam a busca, recuperação e reutilização dos recursos. Além disso, o desenvolvimento das ontologias e dos OA é um processo complexo e demorado. Outro ponto importante, é que faltam ferramentas adequadas para as diferentes normas disponíveis (DEVEDZIC, 2006; KOPER, 2004).

Da mesma forma, a integração das ontologias com a finalidade de construir

uma ontologia comum para todas as fontes e consumidores da Web em um domínio ainda é um desafio. As ontologias disponíveis frequentemente apresentam definições distintas para os mesmos conceitos em domínios semelhantes e dificulta a interoperabilidade. Esse problema pode ser superado pela detecção de relações semânticas entre conceitos, propriedades ou instâncias de duas ontologias (chamada de correspondência ontológica), por meio do uso de mecanismos de inferência que podem raciocinar/realizar inferências sobre os conceitos e relacionamentos das ontologias disponíveis (JANEV; VRANES, 2011).

Assim, apesar da alta expectativa em torno da WS, tanto entre os profissionais na indústria de software, quanto na academia, os dois grupos acreditam que a cultura organizacional ainda não está pronta para a WS. Além disso, para o primeiro grupo, as tecnologias da WS são muito complexas, enquanto para o segundo, a falta de histórias de sucesso, falta da qualidade dos softwares disponíveis, os problemas em quantificar os benefícios, os custos de implementação e a heterogeneidade da informação são as maiores barreiras para as aplicações baseadas na WS (PELLEGRINI et al., 2009).

2.3 Sistemas Educacionais baseados na Web Semântica

O aprendizado baseado na Web é uma área que pode se beneficiar com o desenvolvimento das tecnologias da WS. A maioria dos WES existentes ainda implementam o modelo professor-aluno, no qual os alunos têm que lidar com material (conteúdo) limitado para depois terem seu conhecimento avaliado. A evolução das tecnologias Web permitiu a criação de portais inteligentes. Na Web 2.0 os WES colocam maior ênfase no aprendizado social e facilitam o compartilhamento e a interoperabilidade das informações, com *design* centrado no usuário e a promoção da colaboração (WAN, 2010).

Nesta Seção serão discutidos os conceitos, a arquitetura, modelos de referência e tecnologias relacionadas aos sistemas educacionais baseados na Web Semântica (SWBES), assim como os desafios para avaliar a qualidade de tais sistemas.

2.3.1 Conceitos e arquitetura

As tecnologias da Web Semântica, de modo especial as ontologias, têm se destacado na solução de problemas nos WES, pois possibilitam o compartilhamento e reúso de materiais de aprendizagem, facilitam a busca e permitem a construção colaborativa dos OA (ISOTANI et al., 2009). Essas funcionalidades permitem alcançar melhoria na qualidade dos recursos educacionais disponíveis na Web.

De acordo com Simic et al.(2005) o desenvolvimento e utilização de ontologias padronizadas podem contribuir para a resolução dos problemas apontados nos WES tradicionais, como a falta de interoperabilidade, reusabilidade e personalização dos recursos educacionais (OAs) entre os WES (SIMIC et al., 2005).

Algumas iniciativas realizadas como as de Aroyo e Dicheva (2004), Mitchell et al. (2004), Brusilovsky (2004), Dicheva et al. (2004), Dolog et al. (2004), incluem, basicamente, conceitos baseados em ontologias, repositório de recursos de aprendizagem, apresentação das tarefas de aprendizagem dos cursos, adaptação e personalização de conteúdo.

Segundo Aroyo e Dicheva (2004), a principal funcionalidade desses sistemas é a definição dos conceitos que pertencem ao domínio. Eles dão suporte não somente à implementação eficaz das funcionalidades requeridas, mas também à padronização, uma vez que a estrutura dos conceitos pode ser construída para representar a ontologia de domínio que provê um vocabulário amplamente de acordo com a representação do domínio do conhecimento.

Dessa forma, no contexto dos WES, as aplicações irão prover suporte inteligente às complexas tarefas no processo de ensino e aprendizagem a partir da utilização das diferentes tecnologias da WS. Entre as diversas tarefas pode-se enumerar:

- Criação, busca, compartilhamento e reúso de OA (ROMO et al., 2013);
- Formas de fornecer *feedback* e conteúdos educacionais personalizados aos estudantes (DENAUX et al., 2005; ULLRICH; LIBBRECHT, 2008; MUÑOZ-MERINO et al., 2010);
- Modelos de alunos mais flexíveis (OUNNAS et al., 2009);
- Interoperabilidade entre os WES, que permita compartilhar e trocar informação (BITTENCOURT; COSTA, 2011); e

- Apoio aos autores de conteúdo, para analisar, planejar, desenvolver, implementar, executar e avaliar os cenário de aprendizagem (ISOTANI; MIZOGUCHI, 2007).

As ontologias especificam os conceitos do domínio e seus relacionamentos. Os repositórios contêm os recursos (OAs) importantes para os conceitos definidos para aquele assunto do domínio. Cada recurso pode ser compreendido como anexado ao domínio que ele descreve, esclarece ou usa. Se os recursos de aprendizagem anexados tiverem também uma representação padronizada ao invés de uma representação interna (específica para aquele sistema), isso irá assegurar que o conteúdo da aplicação seja reutilizável, compartilhável e interoperável (AROYO; DICHEVA, 2004).

Bittencourt et al. (2008) corroboram e discutem as funcionalidades que são esperadas para fazerem parte dos SWBES. Algumas delas incluem: ambiente de aprendizagem mais adaptável e personalizado; melhor uso das pedagogias que melhoram a aprendizagem; compartilhamento, armazenamento e recuperação eficaz da informação; novas formas de colaboração com os pares; e outras funcionalidades que possibilitem a realização da aprendizagem AAAL - aprendizagem em qualquer tempo, em qualquer lugar, por qualquer pessoa (*anytime, anywhere, anybody learning*).

De acordo com Koper (2004), em termos gerais, o objetivo de longo prazo das mudanças necessárias nos WES deve possibilitar: aumentar a eficácia da educação; aumentar a flexibilidade e acessibilidade à educação; aumentar a atratividade da educação; e diminuir a carga de trabalho para os professores, gestores etc. (ou seja, diminuir os custos da instituição). Para o autor, a WS contribui para duas áreas gerais, de forma que possibilite melhor e maior processamento automático das informações: i) permite que as tarefas da equipe no contexto educacional, tais como desenvolvimento de cursos, apoio ao aluno, avaliação e gestão do curso, sejam realizadas de forma mais eficiente; e ii) colabora com os mais diversos usuários (alunos, tutores, autores etc.) no desempenho de tarefas em ambientes amplos, distribuídos, baseados em problemas, de forma mais eficaz.

A WS tem potencial para resolver alguns problemas e necessidades no processo de ensino e aprendizagem. Os agentes de software, ao interpretar a estrutura semântica das unidades de aprendizagem, contribuem para diminuir a carga de trabalho dos professores e tutores. Da mesma forma, ajudam os usuários a realizar

suas tarefas, tais como, encontrar, criar e adaptar as unidades e os conteúdos de aprendizagem de aprendizagem, assim como oferecer *feedback* sobre o desempenho nas atividades, responder *emails* etc (KOPER, 2004).

No entanto, o princípio dos WES é que as ferramentas e o conhecimento necessários para executar o trabalho são transferidos para os trabalhadores, isso é, os WES dependem e giram em torno de pessoas. De acordo com Barker (2000), os WES começaram como uma tentativa de automatizar a educação, substituir um professor pago e desenvolver a aprendizagem autônoma, e se estenderam como uma abordagem que elimina as barreiras de tempo e distância, e personaliza o aprendizado para as necessidades do usuário e do negócio.

Desse modo, para o sucesso dos WES é necessário reduzir o tempo do ciclo de aprendizagem e adaptar, tanto o conteúdo quanto o estilo de aprendizagem, ao respectivo usuário e seu ambiente de negócios (STOJANOVIC et al., 2001). Os autores pontam que a propriedade-chave da arquitetura da WS (significado comum e compartilhável, e metadados processáveis pela máquina) habilitada por um conjunto de agentes adequados, estabelece uma abordagem poderosa para satisfazer os requisitos dos WES: eficiência, aprendizagem *just-in-time* e focada na tarefa. A WS possibilita que o material de aprendizagem seja anotado semanticamente, de modo que possa ser facilmente adaptado para um novo curso ou necessidade, de acordo com as preferências do usuário.

Devedzic e Devedzic (2003) apresentam uma visão da educação baseada na Web. Nos SWBES, os agentes inteligentes proporcionam a infraestrutura necessária para o fluxo de conhecimento e informação entre os usuários e os servidores Web, interagindo com os usuários e colaborando com outros agentes (DEVEDZIC, 2006; DEVEDZIC, 2003; BITTENCOURT, 2009).

Esses agentes pedagógicos ajudariam na localização, navegação, seleção, organização, integração etc. dos conteúdos educacionais a partir dos diferentes servidores, e podem acessar o conteúdo educacional (tanto de domínio como pedagógicos) em um servidor usando serviços educacionais web. Os conteúdos educacionais podem ser criados nos servidores, de acordo com as questões pedagógicas, para garantir o objetivo educacional da aprendizagem, avaliação e colaboração entre os estudantes (DEVEDZIC; DEVEDZIC, 2003).

A Figura 9 apresenta esse contexto de modo simplificado.

Figura 9. Contexto da educação baseada na Web

Fonte: (DEVEDZIC; DEVEDZIC, 2003).

O processo tem como base a consulta semântica e navegação por meio dos materiais de aprendizagem, fundamentado no *background* ontológico, ou seja, a WS pode ser explorada como uma plataforma muito apropriada para a implementação de WES por meio do desenvolvimento de ontologias, anotação semântica baseada em ontologia dos materiais de aprendizagem e entrega ativa dos materiais de aprendizagem (STOJANOVIC et al., 2001). A Figura 10 apresenta um esboço da arquitetura de um SWBES, com base nos trabalhos de Bittencourt (2009) e Devedzic; Devedzic (2003).

Figura 10. Arquitetura de um SWBES

Fonte: Autora (2016).

Stojanovic et al. (2001) discutem as características dos sistemas educacionais tradicionais¹⁰ e as diferenças em relação aos WES, como, por exemplo, a entrega e distribuição dos conteúdos que, nos sistemas tradicionais é centralizada (o conteúdo é selecionado pelo professor), entregue (professores entregam conhecimento para os estudantes), sem personalização (o conteúdo deve satisfazer as necessidades de muitos) e num processo sequencial (conteúdo não se altera, não é dinâmico).

Nos WES, a entrega e distribuição do conteúdo é determinada (solicitada) pelo aluno (agenda), e o conteúdo está disponível no sistema, distribuído entre professores e estudantes, é dinâmico (muda constantemente - por meio de entradas do usuário, experiências etc.) e mais personalizado (conteúdo produzido para necessidade de um usuário e deve satisfazer a necessidade de todos os usuários do curso) (STOJANOVIC et al., 2001).

Além disso, Stojanovic et al. (2001) apresentam de que forma a WS pode contribuir para que os objetivos dos WES sejam atingidos, por meio dos requisitos entrega e distribuição dos conteúdos de aprendizagem, capacidade de resposta do sistema às solicitações dos diferentes usuários, forma de acesso, dinâmica de aprendizagem (simetria e modularidade), e capacidade de adaptação e personalização do conteúdo/sistema. A comparação entre sistemas educacionais tradicionais, os WES e os SWBES podem ser observados no Quadro 2.

Pandit (2010) e Costa (2014) corroboram e discutem os possíveis usos da WS nos WES, para resolver problemas, tais como que “diferentes autores usam diferentes terminologias”, o que torna a combinação de conteúdos educacionais difícil. Além disso, os diferentes *backgrounds* e níveis de conhecimento por parte dos professores/tutores e dos estudantes exigem mecanismos que possam estabelecer um entendimento compartilhado dos conteúdos educacionais, que pode ser alcançado por meio do uso de ontologias e outras tecnologias da WS.

¹⁰ Sistemas educacionais tradicionais: sistemas de aprendizagem em que acadêmicos e pesquisadores são as principais fontes de geração de ideias; educação presencial, em que o professor está “face-a-face” com os alunos (ADAMS BECKER et al., 2017).

Quadro 2. Comparativo entre os sistemas tradicionais, WES e SWBES

Sistemas Requisitos	Tradicional	WES	SWBES
Entrega	Conteúdo é empurrado (pelo professor)	A entrega do conteúdo é determinada (puxada) pelo aluno (agenda)	Conteúdo é entregue pelo sistema de acordo com o perfil do usuário e seus tópicos de interesse.
Distribuição	Conteúdo está centralizado (no professor)	Conteúdo está disponível no sistema, distribuído entre professores e estudantes .	Conteúdo distribuído e descentralizado na Web
Capacidade de resposta	Antecipatório – o professor assume conhecer o problema.	Reacionário – o sistema responde ao problema de acordo com a solicitação do estudante (sistema é estático, resposta passiva)	Sistema responde de forma proativa com materiais de aprendizagem de acordo com o contexto do problema atual (cada usuário tem seu agente personalizado que se comunica com outros agentes)
Acesso	Acesso com progressão linear – previamente definido pelo professor	Acesso não linear – feito direta e pontualmente pelo estudante.	Acesso não linear , e expandido pela navegação semântica definida (de acordo com contexto da aprendizagem e perfil do usuário)
Simetria	Aprendizagem acontece como várias atividades separadas .	Aprendizagem acontece como uma atividade integrada , (determinada pelo estudante).	A WS (intranet semântica) oferece potencial para se transformar numa plataforma integrada para todo o processo de negócio da organização, incluindo as atividades de aprendizagem.
Modalidade	Aprendizagem acontece em espaço dedicado, com início e fim definidos , conteúdos controlados pelo professor.	Aprendizagem acontece em paralelo às atividades do negócio e nunca param, de forma contínua .	Entrega ativa da informação, baseada em agentes personalizados, criando ambiente de aprendizagem integrado com os processos de negócios (ambiente de negócio integrado - ex.: sistema de notas, matrícula, faltas, cursos já realizados).
Adaptação	Conteúdo estático (não se altera com as mudanças do ambiente)	Conteúdo dinâmico (muda constantemente - por meio de entradas do usuário, experiências etc.)	Conteúdo dinâmico (melhoria contínua: anotação semântica, metadados) e
Personalização	Conteúdo não personalizado (conteúdo produzido para uso em massa e deve satisfazer a necessidade de muitos)	Conteúdo personalizado (conteúdo produzido para necessidade de um usuário e deve satisfazer a necessidade de todos os usuários do curso)	Conteúdo customizado* (conteúdo compartilhado – usuário procura, com a ajuda de um agente, conteúdo de acordo com as suas necessidades individuais e não somente de um curso específico)

Fonte: Adaptado de (STOJANOVIC et al., 2001).

Assim, Anderson e Whitelock (2004) propõem três pilares fundamentais para a WS nos sistemas *eLearning*: i) a capacidade eficaz de armazenamento e recuperação da informação; ii) a capacidade de agentes não-humanos autônomos (agentes computacionais) para aumentar a aprendizagem e recuperação de informação e o poder de processamento dos seres humanos; e iii) a competência da Internet para apoiar, ampliar e expandir as capacidades de comunicação dos seres humanos em diversos formatos nos limites do tempo e espaço.

Dessa forma, há uma convergência entre as tecnologias da WS e dos WES.

2.3.2 Tecnologias e modelo de referência

O surgimento das tecnologias da WS têm permitido o desenvolvimento de WES ricos em semântica, e já conta com alguns resultados interessantes, de acordo com (HATALA et al., 2009), como o REVERSE (<http://reverse.net/>) e Kaleidoscope (<http://www.noe-kaleidoscope.org/telearc/>).

Nesse sentido, algumas dessas tecnologias destacadas por (SHI et al., 2011) são as ontologias, a anotação semântica, a busca semântica e os serviços Web semânticos. Os autores consideram que o núcleo da WS é a **ontologia**; a anotação semântica é a **implementação da ontologia**; as buscas semânticas e os serviços Web semânticos são a **aplicação da ontologia**. De forma simplificada, pode-se dizer que as tecnologias da WS constroem um canal eficiente, orientado às pessoas, entre os recursos de aprendizagem e os respectivos provedores, e promovem um profundo impacto no desenvolvimento dos SWBES (SHI et al., 2011).

Para Bittencourt (2009) diferentes tecnologias contribuem para a eficácia dos SWBES, entre elas:

- **Ontologias:** as ontologias têm sido consideradas como um dos pontos chaves para fornecer informações que sejam compreendidas por computadores (definição na seção 2.2.2.1);
- **Padrões Educacionais:** a utilização de padrões da WS (tais como RDF, OWL etc.) e educacionais (tais como IEEE LOM, IMS etc.) é essencial para descrever, desenvolver, acessar, anotar, combinar e qualificar os recursos educacionais;
- **Serviços Web Semânticos:** são responsáveis por transformar um conjunto de informações estáticas em informações distribuídas, de modo que

possam ser processadas e interpretadas por máquinas;

- **Agentes Inteligentes:** oferecem suporte a outros agentes ou usuários na resolução de problemas, nas buscas inteligentes etc., por meio da interação com outros agentes;
- **Ferramentas Interativas:** são utilizadas para garantir a interação entre agentes inteligentes e agentes humanos, de forma síncrona ou assíncrona (BITTENCOURT et al., 2009, p. 74-75).

Nesse contexto, Bittencourt et al. (2009) definem um modelo de referência para desenvolver SWBES que envolve as referidas tecnologias, apresentado na Figura 11.

Figura 11. Modelo de referência de um SWBES

Fonte: (BITTENCOURT et al., 2009).

Observa-se, na Figura 11, que diversas atividades estão relacionadas aos SWBES, tais como o ensino e aprendizagem, colaboração, cooperação, autoria etc., e são distribuídas de acordo com o papel do usuário no sistema. Os autores detalham os componentes de um SWBES, assim como os papéis representados no sistema da seguinte forma:

- **Papéis:**
 - Professor: deve acompanhar e dar suporte às interações dos estudantes (realização dos exercícios, avaliações etc.), realizar a

configuração das estratégias de aprendizagem, estabelecer os recursos educacionais que serão utilizados etc.

- Estudante: o maior interesse dos estudantes em interagir com o sistema é receber conteúdos educacionais personalizados para melhorar seu conhecimento e completar seus objetivos de aprendizagem;
- Autor: responsável pelo desenvolvimento e estruturação dos conteúdos educacionais, em atividades como preparar o conteúdo, definir o processo instrucional e adaptar e personalizar o conteúdo.
- Tutor: deve monitorar as atividades dos estudantes e orientar, sanar dúvidas, responder questionamentos etc. O papel do tutor é muito importante em sistemas SWBES, pois o estudante está “fisicamente” distante do professor, tutor e de outros estudantes.
- Desenvolvedor: responsável por desenvolver o sistema, além de ajustar e adicionar a ele novas funcionalidades;
- **Interface:** responsável pela comunicação entre um usuário com um papel específico e o SWBES. O contexto e o tipo de recursos de ensino/aprendizagem devem ser considerados quando se seleciona a tecnologia que será utilizada no ambiente. Outro ponto importante é que a interface deve dar suporte aos diferentes papéis, oferecendo interfaces para cada papel, (por exemplo, para o processo de autoria, desenvolvimento etc.)
- Recursos educacionais (RE): são os materiais de aprendizagem, normalmente denominados Objetos de Aprendizagem em um determinado domínio (por exemplo, exercícios, vídeos, figuras, problemas etc.). A interação entre o estudante e o sistema ocorre sempre por meio dos RE.
- **SWBES:** o sistema dá suporte aos diversos usuários de forma eficaz, e possibilita que possam atingir seus objetivos de aprendizagem. É por meio do sistema que os usuários podem navegar, descobrir, selecionar e invocar os recursos disponibilizados na Web. O sistema pode, também, usar uma infraestrutura tecnológica executar as tarefas e recuperar recursos automaticamente na Web. Um SWBES inclui:
 - Ontologias: são requisitos importantes para definir a semântica do conteúdo, assegurar a interoperabilidade entre os sistemas de ensino etc.;

- Agentes pedagógicos: ajudam no processo de aprendizagem de diversas formas como, por exemplo, podem avaliar semelhanças entre perfis, recomendar conteúdo educacional, compor serviços web semânticos para a educação etc;
- Ferramentas: podem ser usadas na autoria, interação, estruturação etc. de um SWBES, como ferramentas de colaboração, ferramentas de simulação, ferramentas inteligentes e ferramentas de autoria;
- Serviços Web Semânticos (SWS): oferecem suporte às diferentes atividades educacionais e transformam coleções estáticas de informação em informação distribuída na Web com base nas tecnologias da WS, que permite que os conteúdos sejam processáveis e interpretáveis por máquina;
- **Ambiente Web Semântico:** representa o ambiente de interação (entre outros SWBES e usuários) para descobrir, navegar, selecionar e invocar recursos semanticamente anotados na Web por meio de tecnologias e arquiteturas semânticas.

Nesse sentido, uma arquitetura representa um modelo criado para um tipo de SWBES como LMS, ITS, AHS etc. e, portanto, deve ser a primeira questão considerada pelos interessados e envolvidos no seu desenvolvimento. Para isso, as técnicas da Engenharia de Software devem ser utilizadas para assegurar que os requisitos necessários em um SWBES, como reusabilidade, interoperabilidade, autoria etc., serão incorporados para garantir a qualidade da aprendizagem e dos serviços (BITTENCOURT et al., 2007, 2008; MILANOVIĆ et al., 2007).

Desse modo, nos SWBES, assim como nos WES tradicionais, os metadados devem estar associados a uma ou mais ontologias (na conceitualização e no estabelecimento de regras de inferência) para que seja possível descrever e detalhar o domínio da aplicação (por exemplo, domínio Educacional). Assim, as ontologias contribuem para a descrição do significado e delimitação da interpretação dos metadados (MONTEIRO, 2013).

Para que os metadados possam cumprir seus objetivos no domínio dos WES, devem ser desenvolvidos de acordo com padrões internacionais. DEVEDZIC et al. (2007) confirmam a importância dos padrões nos WES quando afirmam que são abundantes e devem abranger todos os aspectos desses sistemas, desde a

representação, empacotamento e publicação de OA até metadados que descrevem os projetos de aprendizagem, entrega de instrução, procedimentos de avaliação, arquiteturas de gerenciamento de aprendizagem e aplicações educacionais.

2.3.3 Desafios principais

Conforme se discutiu na seção anterior, garantir a interoperabilidade, compartilhamento e reusabilidade dos recursos e conteúdos educacionais representa um desafio para os SWBES que pode ser minimizado por meio do uso de metadados e padrões (DEVEDZIC et al., 2007).

Nesse sentido, tópicos referentes à melhoria de agentes inteligentes para a recomendação de conteúdos adequados aos estudantes têm chamado a atenção da comunidade científica. Além disso, temas relacionados à melhoria dos módulos pedagógicos dos sistemas adaptativos e ao reúso e compartilhamento dos conteúdos entre modelos de domínios dos diversos sistemas disponíveis têm sido estudados e discutidos, de acordo com os trabalhos de Mitrovic e Devedzic (2002), Strujic e Sendelj (2012) e outros.

Ainda, os estudantes e professores desejam que suas aplicações: i) possam dar suporte à aprendizagem e tenham características aprimoradas e funções operacionais; ii) sejam personalizadas; e iii) usem a análise para melhorar os resultados da aprendizagem. Os SWBES devem resolver os desafios técnicos, procedurais e processuais na promoção da interação expressiva entre os usuários. Devem, também, permitir a personalização das configurações do sistema e interface, de modo que consiga agregar valor à experiência do estudante por meio de alertas preventivos e sugestões de modelagem preditiva capazes de promover estratégias de sucesso dentro do curso e entre os cursos de uma instituição (DAHLSTROM et al., 2014).

Para Bittencourt e Costa (2011), é necessário criar WES que atendam aos seguintes requisitos: i) que sejam extensíveis (adaptabilidade); ii) que garantam o acesso participativo e universal do cidadão (usabilidade); iii) que possuam uma estrutura que levem em consideração características de cada cidadão, tornando o sistema adaptável aos mesmos (personalização); iv) a integração de ferramentas de comunicação; e v) interoperabilidade entre os ambientes educacionais, garantindo o reúso do conhecimento e a integração entre os diferentes usuários (reusabilidade).

No entanto, assim como nos WES tradicionais, avaliar e garantir a qualidade nos SWBES não é uma atividade simples. O uso de modelos, padrões e critérios são essenciais para assegurar a transparência e confiabilidade aos processos de desenvolvimento de software e devem garantir a qualidade do produto de software. Entretanto, a definição e uso desses recursos ainda é tarefa complexa para a Engenharia de Software (ROCHA et al., 2001). Essa preocupação se comprova pela variedade de abordagens, técnicas e modelos encontrados na literatura para realizar a avaliação de WES, que serão discutidos no capítulo 3.

Nesse contexto, é fundamental desenvolver abordagens adequadas para avaliação de qualidade dos SWBES, que garantam que seus objetivos sejam atingidos e que satisfaçam as necessidades de todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

2.4 Qualidade

Nessa seção serão apresentados os conceitos relativos à qualidade, mas além das características de qualidade de software no contexto geral, serão discutidas as próprias do domínio dos sistemas educacionais web e das tecnologias semânticas.

2.4.1 Qualidade de Software

Segundo Pfleeger (2004), um método ou modelo é um procedimento formal para produzir algum resultado. Diversos métodos e modelos para avaliação de qualidade de software são descritos na literatura com a finalidade de conduzir a avaliação. A utilização desses métodos e modelos precisa ser devidamente planejada e controlada para que os objetivos propostos sejam atingidos

Para Rocha e Campos (1993, p. 32) qualidade é definida “como um conjunto de propriedades a serem satisfeitas em determinado grau, de modo que o software satisfaça as necessidades de seus usuários”.

Freeman (1987) complementa essa definição quando aponta que há uma distinção entre qualidade básica de produto (na qual destaca funcionalidade, confiabilidade, facilidade de uso, economia e segurança de uso) e qualidade extra (flexibilidade, facilidade de manutenção, adaptabilidade, facilidade de entendimento, documentação adequada e facilidade de incrementar melhorias).

Na visão de Campos (1994), a qualidade do software e a produtividade no seu desenvolvimento aumentam quando são utilizados modelos de processo, padrões de qualidade e ferramentas de suporte.

Assim, é possível perceber a preocupação crescente com relação à qualidade de software e ao mesmo tempo, se faz necessário compreender que as prioridades relacionadas a essa qualidade irão depender de cada caso e do custo envolvido (ROCHA et al., 2001).

As iniciativas como a do SEI (*Software Engineering Institute*) e as normas internacionais como a ISO (*International Organization for Standardization*) e IEC (*International Electrotechnical Commission*) confirmam essa preocupação (FIORINI et al., 1998). Esses comitês são responsáveis em engenharia de software e desenvolveram a primeira geração de padrões de qualidade para produtos de software, as normas ISO/IEC 9126 (*Software Engineering – Product quality*) e ISO/IEC 14598.

A norma ISO/IEC 9126 define o modelo de qualidade, características e subcaracterísticas e medidas usadas no processo de avaliação de qualidade, mas não oferece um guia para avaliação. Esse guia é provido por outro conjunto de normas denominado ISO/IEC 14598 (*Evaluation of software products*). Essa última série de normas fornece o guia e os requisitos necessários para avaliação do processo de software em três contextos distintos: desenvolvimento, aquisição e avaliação independente (GUERRA; COLOMBO, 2009).

De acordo com Guerra e Colombo (2009), especialistas do mundo todo concordavam que as normas de qualidade de produto careciam de mais clareza para sua utilização e sentiam a necessidade de um conjunto de documentos mais harmonioso entre si. Assim, melhorias nas normas 9126 e 14598 foram implementadas, foi construída uma nova estrutura e, desde 2002, está disponível um novo conjunto com requisitos e orientações para avaliação da qualidade de software denominado SQuaRE (*Software Quality Requirements and Evaluation*), que engloba os dois conjuntos de normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598¹¹.

O objetivo geral da criação do conjunto SQuaRE foi criar uma série logicamente organizada, enriquecida e unificada que abrange dois processos principais: especificação de requisitos de qualidade de software e avaliação de

¹¹ As normas ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598 serão detalhadas na seção 2.3.2

qualidade de software, com apoio de um processo de medição de qualidade de software. Dessa forma, a SQuaRE auxilia desenvolvedores, adquirentes e avaliadores de produtos de software no processo de especificação e avaliação de requisitos de qualidade, por meio de um conjunto de critérios estabelecidos (ISO/IEC 25000, 2005).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), fundada em 1940, é o órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro, e segue a padronização internacional ISO/IEC para produtos de software (ABNT, 2011).

Nesse contexto, qualidade de software é definida como “a capacidade do produto de software para satisfazer necessidades explícitas e implícitas quando usado em condições especificadas” (ISO/IEC 25000, 2005; GUERRA; COLOMBO, 2009).

Em um de seus trabalhos, Pfleeger (2004, p.22) abordou diferentes perspectivas relacionadas à qualidade:

A visão transcendental, onde a qualidade é algo que podemos reconhecer, mas não podemos definir; a visão do usuário, onde a qualidade é a adequação ao propósito pretendido; a visão do fabricante, onde a qualidade é a conformidade com a especificação; a visão do produto, onde a qualidade está relacionada às características inerentes ao produto; e a visão do mercado, onde a qualidade depende do valor que os consumidores estão dispostos a pagar pelo produto (PFLEEGER, 2004, p. 22).

Para Sommerville (2011) a qualidade dos softwares tem melhorado nos últimos anos por conta da adoção de novas técnicas, ferramentas e tecnologias desenvolvidas e disponíveis, além do aumento do nível de importância atribuído ao gerenciamento do processo de manufatura dos softwares. Não é possível comparar qualidade de software com qualidade na manufatura já que, no caso de software, as especificações devem ser voltadas para as características que o cliente solicita, além de requisitos adicionados pela equipe de desenvolvimento, tais como facilidade de manutenção.

Dessa forma, Pressman (2011) alerta para a necessidade de realizar medições para que seja possível entender melhor os atributos dos produtos de software desenvolvidos e avaliar a qualidade deles. Deve-se definir um grupo de funções capazes de avaliar a efetividade e a completude das atividades de controle de qualidade, por meio de auditoria e relatórios.

Contudo, identificar os requisitos de qualidade de um produto de software não é uma tarefa simples e, com o objetivo de facilitar esse processo, pode-se estabelecer um conjunto de características que devem ser verificadas, em certo grau, para que a

qualidade do produto de software corresponda às necessidades de seus usuários. Cada característica de qualidade pode ser dividida em subcaracterísticas, levando a um conjunto de atributos que definem a qualidade do produto de software (PRESSMAN, 2011).

Em sua pesquisa, Peters (2001) afirma que a qualidade de software deve ser avaliada em termos de propriedades de alto nível, que ele chama de fatores, e os critérios (propriedades de baixo nível) são utilizados para medir esses fatores.

Complementarmente, pode-se avaliar a qualidade de software com relação à usabilidade (facilidade de uso do software) por meio das heurísticas de Nielsen, que estabelecem um conjunto de métodos para avaliar a interface de um software. Normalmente, a inspeção de usabilidade visa encontrar problemas graves e genéricos no software, relacionados à facilidade de uso e fazer recomendações para que sejam resolvidos (NIELSEN, 1994, 1995).

As heurísticas de Nielsen são definidas como 10 princípios que devem ser observados na avaliação de Usabilidade de um software (NIELSEN, 1995):

1. Visibilidade do estado do sistema – refere-se ao *feedback* do sistema ao usuário, ou seja, o sistema deve informar continuamente ao usuário sobre o que ele está fazendo;
2. Correspondência entre o sistema e o mundo real – a terminologia deve ser baseada na linguagem do usuário e não orientada ao sistema. A informação deve ser apresentada em uma ordem lógica e natural, de acordo com convenções do mundo real;
3. Controle e liberdade para o usuário – o usuário muitas vezes escolhe as funções do sistema por engano e precisam de uma "saída de emergência" para que possa, a qualquer momento, abortar uma tarefa e retornar ao estado anterior, desfazer ou refazer uma operação;
4. Consistência e padronização – o usuário não deve ter que se perguntar se diferentes palavras, situações ou ações tem o mesmo significado, ou seja, a mesma operação deve ser apresentada na mesma localização e deve ser formatada/apresentada da mesma maneira para facilitar a compreensão e reconhecimento;
5. Prevenção de erros – o sistema deve evitar que o usuário cometa erros, mais que se preocupar com boas mensagens de erro. Uma forma é solicitar a confirmação de suas opções antes de realizarem a ação;

6. Reconhecer ao invés de lembrar – o sistema deve permitir a minimização da carga de memória do usuário, ou seja, tornar visíveis objetos, ações e opções. O usuário não deve ter que se lembrar de informações de uma parte do diálogo para outra, mas as instruções de utilização do sistema devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis para facilitar o uso;
7. Flexibilidade e eficiência no uso – atalhos (abreviações, teclas de função, duplo clique no mouse etc.) invisíveis aos usuários inexperientes podem acelerar a interação do usuário especializado, de tal forma que o sistema pode servir tanto para usuários inexperientes quanto para os experientes;
8. *Design* estético e minimalista – deve-se apresentar exatamente a informação que o usuário precisa no momento, nem mais nem menos, para que o que é importante fique em evidência;
9. Suporte ao usuário para reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros – as mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos), indicar com precisão o problema e sugerir construtivamente uma solução, sem intimidar o usuário; e
10. Ajuda e Documentação – o ideal é que o sistema possa ser usado sem ajuda da documentação. Mas se necessário, essas informações devem ser fáceis de pesquisar, centradas na tarefa do usuário, de forma simples e acessível *online*.

Essas heurísticas foram inicialmente desenvolvidas por Molich e Nielsen em 1990 (e refinadas por Nielsen em 1994 a partir de 249 problemas de usabilidade) resultando nessas dez heurísticas revisadas (NIELSEN, 1995).

Além de Nielsen, Shneiderman e Plaisant (2004) propuseram um conjunto de heurísticas para avaliação de usabilidade da Interface de software, e acrescentam ou alteram alguns detalhes das heurísticas anteriores:

1. Perseguir a consistência – utilizar terminologia, instruções, *layout*, cores, fontes e formas de modo consistente a outras interfaces do mesmo domínio;
2. Fornecer atalhos – usuários já familiarizados com a interface devem ter teclas de atalho, macros, para facilitar e agilizar sua interação;
3. Fornecer feedback informativo – informar ao usuário sobre qualquer interação que realizar com o sistema, ou seja, deve ficar claro para ele o que aconteceu e o motivo;

4. Marcar o final dos diálogos – o usuário precisa compreender se realizou a ação no sistema com sucesso e, por isso, a sequência de ações deve estar organizada;
5. Fornecer prevenção e manipulação simples de erros – o sistema deve oferecer mecanismos que tratem ou corrijam possíveis erros do usuário, se eles ocorrerem. O ideal é que a interface não leve o usuário a errar;
6. Permitir o cancelamento das ações – o sistema deve possibilitar que o usuário cancele ações que realizou sem querer, para que não perca a motivação;
7. Fornecer controle e iniciativa ao usuário – o sistema deve oferecer percepção de domínio dos processos do sistema aos usuários mais experientes, para que sintam que eles estão no controle;
8. Reduzir a carga de memória de trabalho – o sistema deve facilitar a memorização das telas, com mínimo esforço do usuário, oferecendo uma estrutura equilibrada para relacionar os elementos da interface.

No entanto, apesar da usabilidade ser uma questão muito relevante quando se trata de qualidade de software, para cada domínio de aplicação devem-se definir critérios e estabelecer medidas e métricas que sejam eficientes e eficazes para a avaliação da qualidade.

Por fim, para Kosciński et al. (1999) é fundamental utilizar um modelo de qualidade que possibilite estabelecer e avaliar os requisitos de qualidade que, juntamente com um processo de avaliação bem definido e estruturado, irão contribuir para o sucesso da avaliação do software.

2.4.2 Qualidade de WES

Durante os últimos 15 anos tem acontecido uma mudança de paradigma no processo de educação, formação e aprendizagem, desencadeada pelas exigências e desafios cada vez maiores da emergente economia do conhecimento e sociedade da aprendizagem. Aprender, nos dias atuais, passou a ser um processo contínuo que já não se limita aos espaços dedicados, tempo ou a uma modalidade, já que as fronteiras entre os provedores e os consumidores de conhecimento não são claras. Usuários, comunidades, construtores sociais do conhecimento, tecnologias de informação e

comunicação do século 21, e os modelos de ensino aberto constituem a espinha dorsal desta mudança de paradigma que oferece a aprendizagem ao longo da vida e em todos os domínios (*lifelong learning*). O conhecimento é visto cada vez mais como bem público que pode ser acessado e compartilhado, utilizado e reutilizado, adaptado etc. (VLADOIU; CONSTANTINESCU, 2012).

Para Hosseini (2012), os WES, especialmente os que são oferecidos pelas universidades e institutos de ensino superior, são considerados muito importantes para o desenvolvimento da sociedade e, por isso, é necessário projetar instrumentos eficientes para avaliar e analisar a qualidade de tais sistemas.

Militaru et al. (2012a) corroboram com os autores acima e discutem que, devido ao aumento do volume informacional disponível na Internet, mais e mais usuários têm escolhido usar WES para o processo de aprendizagem. Para facilitar a sua utilização, os desenvolvedores desses sistemas tentam disponibilizar tanta informação útil quanto possível e de forma atraente. Assim como acontece com qualquer outro produto, surge a necessidade de selecionar os WES que satisfaçam às demandas dos usuários. O autor explica que a extensão em que as expectativas dos usuários são atendidas é chamada de qualidade.

Para o contexto desta pesquisa, será adotado o seguinte conceito de qualidade para os WES (ou simplesmente *eLearning*): “qualidade em sistemas eLearning é a medida em que a tecnologia, a interação, o conteúdo e os serviços oferecidos atendem às expectativas dos alunos e dos professores, permitindo-lhes aprender / ensinar com satisfação” (LANZILOTTI et al., 2006).

2.4.3 Qualidade de Tecnologias da Web Semântica

Um dos desafios das novas tecnologias que lidam com conteúdo e conhecimento é poderem gerenciar e combinar informações provenientes de diferentes entidades digitais e do mundo real. As tecnologias semânticas podem ser utilizadas como um mecanismo eficaz de representação e integração eficazes dessas informações e dos metadados associados a elas (GARCIA-CASTRO et al., 2010).

Por outro lado, para garantir a qualidade de tais tecnologias, é necessário criar mecanismos de avaliação de qualidade eficazes. Assim, pode-se observar que vários métodos para estender os modelos de avaliação de qualidade de software existentes têm sido propostos na literatura. A maioria segue uma abordagem que parte de

características gerais para medidas mais específicas (RADULOVIC et al., 2015).

Assim, no domínio da WS, está acontecendo um crescimento exponencial das tecnologias semânticas nos últimos anos e algumas avaliações de tais tecnologias foram propostas, de *frameworks* gerais (OntoWeb, 2002) a ferramentas específicas (GUO et al., 2005; LAMBRIX et al., 2003) até avaliação de tecnologias específicas como Ontologias (GARCIA-CASTRO et al., 2010; ROMANO, 2012).

Por se tratar de uma área relativamente nova, ainda não há uma terminologia claramente definida para avaliar a qualidade das tecnologias semânticas, bem como muitos modelos de qualidade de software disponíveis que especifiquem tais características (RADULOVIC; GARCÍA-CASTRO, 2011).

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados os principais estudos relacionados à abordagem desenvolvida nessa tese, identificados na literatura. São discutidos modelos de avaliação de qualidade: de software, de WES, de objetos de aprendizagem, de tecnologias da Web Semântica e ontologias, com a finalidade de verificar as funcionalidades dessas ferramentas, identificar os fatores e critérios de qualidade presentes nelas, assim como apontar as lacunas que dificultam a utilização delas na avaliação dos SWBES.

3.1 Modelos para avaliação da qualidade de software

Devido à natureza intangível e abstrata do software, pesquisadores e profissionais têm procurado maneiras de caracterizar o software, a fim de tornar seus benefícios visíveis e facilitar sua medição e avaliação. Segundo a Norma ISO/IEC 8402, modelos de qualidade de software são artefatos utilizados para descrever fatores de qualidade de um produto de software de qualquer natureza (aplicação sob medida, software comercial de prateleira etc.) ou de um domínio específico (*Enterprise Resource Planning* – ERP, ou ferramentas de gerenciamento de documentos). Um modelo de qualidade de software fornece a taxonomia dos fatores de qualidade de software e podem ser usados em muitos contextos, no desenvolvimento de novas aplicações ou na seleção de produtos de softwares prontos (DROMEY, 1996; FRANCH; CARVALLO, 2002; KITCHENHAM; PFLEEGER, 1996).

Os primeiros modelos de qualidade na área de software foram os modelos de McCall e Richards (1977) e Boehm et al. (1978) e apresentam uma hierarquia de funcionalidades que contribuem, individualmente, para a qualidade como um todo (BARRETO, 2006). O modelo de McCall foi produzido para a Força Aérea dos EUA e a intenção era fazer a ponte entre usuários e desenvolvedores. Ele tentou mapear o ponto de vista do usuário com a prioridade do desenvolvedor.

McCall identificou três perspectivas principais para caracterizar os atributos de um produto de software de qualidade (MCCALL; RICHARDS, 1977):

- Revisão do produto (capacidade de mudar):
 - Manutenção - a capacidade de encontrar e corrigir um defeito;
 - Flexibilidade - a capacidade de fazer as mudanças necessárias; e

- Testabilidade - a capacidade de validar os requisitos de software.
- Transição do produto (capacidade de adaptação a novos ambientes):
 - Mobilidade - a capacidade de transferir o software de um ambiente para outro;
 - Reutilização - a facilidade de usar componentes de software existentes em um contexto diferente; e
 - Interoperabilidade – o esforço exigido para que os componentes de software trabalhem juntos.
- Operações de produto (características operacionais básicas):
 - Corretitude - a funcionalidade corresponde à especificação e cumpre os objetivos;
 - Confiabilidade - quanto que se pode esperar que um programa execute a função pretendida com a precisão exigida;
 - Eficiência - quantidade de recursos de computação e de código exigida para que um programa execute sua função;
 - Integridade - proteção contra acesso não autorizado.
 - Usabilidade - facilidade de uso (o esforço para aprender, operar, preparar a entrada e interpretar a saída de um programa).

Assim, estabeleceu-se um modelo de qualidade de forma hierárquica, com onze fatores de qualidade. Os fatores descrevem a visão externa do software, a partir da visão do usuário. Para cada um dos onze fatores de qualidade identificados, foram definidos um ou mais critérios de qualidade (um modo de medição), totalizando 23 critérios, listados a seguir (MCCALL; RICHARDS, 1977; GUERRA; COLOMBO, 2009):

- Auditabilidade – refere-se ao grau de facilidade de verificação da conformidade aos padrões;
- Acurácia – refere-se ao grau de precisão dos dados;
- Padrões de comunicação – refere-se ao grau em que os padrões e protocolos são utilizados;
- Integridade – refere-se ao grau em que os atributos do software fornecem a plena implementação das funções necessárias;
- Concisão – refere-se ao grau de compactação dos programas, calculado em linhas de código por função;

- Consistência – refere-se ao grau em que são utilizadas técnicas de projeto e documentação durante o ciclo de vida do produto de software;
- Padrões de dados – refere-se ao grau em que os padrões de estruturas e tipos de dados são utilizados;
- Tolerância a erros – refere-se ao grau em que o sistema consegue ser resistente aos erros que ocorrem;
- Eficiência de execução – refere-se ao grau de desempenho do sistema;
- Expansibilidade – refere-se ao grau em que é possível estender o projeto;
- Generalidade – refere-se ao grau em que os componentes de um programa podem ser aplicados em outro programa ou sistema;
- Independência de hardware – refere-se ao grau em que o software não depende do hardware;
- Instrumentação – refere-se ao grau em que o programa controla sua própria operação e identificação de erros;
- Modularidade – refere-se ao grau em que os componentes de um programa estão independentes;
- Operabilidade – refere-se ao grau de facilidade em operar um programa;
- Segurança – refere-se ao grau em que os mecanismos de controle e proteção dos programas e dados estão disponíveis;
- Autodocumentação – refere-se ao grau em que o código fonte do sistema encontra-se documentado;
- Simplicidade – refere-se ao grau de facilidade para entender o programa;
- Independência do software básico – refere-se ao grau em que o programa é independente de linguagem, sistema operacional e ambiente;
- Rastreabilidade – refere-se ao grau em que é possível rastrear o projeto durante seu ciclo de vida;
- Treinamento – refere-se ao grau em que o software consegue auxiliar na capacitação de novos usuários;
- Eficiência de armazenamento – refere-se ao grau em que o armazenamento é realizado com eficácia;
- Controle de acesso – refere-se ao grau em que os mecanismos de segurança são adequados e funcionam.

Dessa forma, uma avaliação global da qualidade de um determinado produto de software pode ser realizada, por meio da avaliação de cada critério definido acima (MCCALL; RICHARDS, 1977; GUERRA; COLOMBO, 2009).

No entanto, esses fatores e critérios de qualidade estão relacionados diretamente à qualidade técnica do software em geral e não são suficientes para avaliação de qualidade de SWBES que precisa, também, considerar os fatores de qualidade das áreas da Web Semântica e educação.

Já Boehm et al. (1978) estabeleceram um modelo hierárquico de características de qualidade de software, com um conjunto de atributos e métricas (medidas), separados em três usos primários (ou requisitos básicos de software):

- Utilidade – forma que o software pode ser utilizado (isto é, a facilidade de uso, confiabilidade e eficiência);
- Manutenibilidade – facilidade de identificar e realizar as modificações no software;
- Portabilidade – a facilidade de mudança e adaptação do software em vários ambientes.

A partir desses usos, foram apresentados sete fatores de qualidade associados (BOEHM et al., 1978):

- Portabilidade – grau em que o software irá funcionar sob diferentes configurações de computador;
- Confiabilidade – grau em que o software funciona da forma esperada;
- Eficiência – grau em que o software otimiza a utilização dos recursos do sistema;
- Usabilidade – grau de facilidade de uso do software;
- Testabilidade – grau de facilidade com que o sistema é validado, ou seja, cumpre seus requisitos;
- Compreensibilidade – grau de facilidade de compreensão do software quanto ao propósito e estrutura; e
- Flexibilidade – grau de facilidade de adaptação e mudança do software quando necessário.

O principal objetivo da avaliação da qualidade de software é oferecer resultados

quantitativos e confiáveis aos interessados, além de garantir a satisfação dos usuários (KUMAR; WELKE, 1992). As etapas que podem ser definidas para o processo de avaliação da qualidade de software são (BOEGH et al., 1993; DROMÉY, 1996; MIYOSHI; AZUMA, 1993):

1. Definir os requisitos de qualidade;
2. Selecionar as métricas e definir os níveis de graduação;
3. Medir e realizar a graduação; e
4. Estimar valores

Assim, a partir da definição dos requisitos, devem-se escolher métricas apropriadas e definir modelos que possam avaliar essas métricas (MAININI; BILLOT, 1990).

Esses modelos também não possuem critérios nem métricas relacionadas à Web Semântica e educação, mas consideram somente a avaliação do software em geral.

Alguns modelos para avaliação de qualidade de software como os de Rocha (1983) e o Paradigma GQM (BASILI et al., 1996), têm servido de base para diversos outros modelos de avaliação de produto de software (BELCHIOR, 1997).

O Modelo de Rocha e Campos (1993) apresenta a seguinte definição de conceitos: i) Objetivos da qualidade; ii) Fatores de qualidade; iii) Critérios; iv) Processos de avaliação; v) Medidas; e vi) Medidas agregadas. Esse Modelo e seu processo de avaliação foi utilizado, por exemplo, em outros domínios de aplicação tais como: software científico (COMERLATO, 1994), software educacional (CAMPOS, 1994), entre outros.

Já o Modelo GQM (*Goal/Question/Metric*) é composto por uma estrutura utilizada para desenvolver um programa de métricas: definição, planejamento, construção, análise e feedback. Foi criado com o objetivo de atender diferentes áreas de estudo, mais especificamente às relacionadas às questões de melhoramento, e consiste em três etapas: i) Gerar um conjunto de alvos; ii) Derivar um conjunto de questões; e iii) Desenvolver um conjunto de métricas (BASILI et al., 1994; BASILI; ROMBACH, 1987).

Um exemplo atual da utilização desse Modelo pode ser observado em (BANDEIRA, 2015), numa Metodologia para a Avaliação de Ontologias.

No entanto, mesmo quando é possível reutilizar modelos já definidos para

avaliação de qualidade de software, é preciso customizar e ajustar de acordo com o domínio e a aplicação e as diversas visões de qualidade de cada avaliador e interessado na avaliação.

A abordagem criada nesta tese foi desenvolvida com base nesses dois modelos (Rocha; Campos, 1993; Basili et al., 1994), estabelecendo-se fatores, subfatores, critérios de qualidade (questões para avaliação) de acordo com a lógica dos referidos autores. Entretanto, os fatores de qualidade foram instanciados de acordo com as características próprias das áreas envolvidas num SWBES, a saber, Web Semântica, informática e educação.

Há, também, as normas internacionais para avaliação de qualidade de software, tais como a ISO/IEC 14598, definida em 1998 e trata do processo de avaliação de produtos de software (BARRETO, 2006), apresentadas na Figura 12.

As etapas são descritas, conforme (ROCHA et al., 2001):

1. **Visão Geral** (ISO/IEC 14598-1) – mostra a estrutura geral de funcionamento da série de normas para avaliação da qualidade dos produtos de software, define os termos técnicos, os conceitos e o funcionamento do processo de avaliação;
2. **Planejamento e Gestão** (ISO/IEC 14598-2) – mostra os requisitos, as recomendações e as orientações para oferecer suporte ao processo de avaliação dos produtos de software;

Figura 12. Etapas Norma ISO/IEC 14598-1

Fonte: Adaptado de ISO/IEC (1998).

3. **Processo para Desenvolvedores** (ISO/IEC 14598-3) – deve ser utilizado durante o ciclo de vida do software, e visa selecionar e registra indicadores que podem ser medidos e avaliados para prever a qualidade do produto final que será desenvolvido;
4. **Processo para Adquirentes** (ISO/IEC 14598-4) – define um processo sistematizado de avaliação de produtos de software do tipo pacote, produtos de software sob encomenda etc., com objetivo de comparar as opções do mercado;
5. **Processo para Avaliadores** (ISO/IEC 14598-5) – provê as orientações para colocar em prática a avaliação de produto de software, e define as atividades necessárias para analisar os requisitos da avaliação para que seja possível realizar a especificação, projeto e avaliação de qualquer tipo de produto de software;
6. **Documentação de Módulos de Avaliação** (ISO/IEC 14598-6) – estabelece a estrutura e o conteúdo da documentação que deve ser utilizada para descrever os módulos de avaliação, e esclarece a forma de desenvolvimento e validação dos módulos de avaliação. A utilização dos módulos de avaliação produzidos e validados de acordo com a norma devem assegurar que as avaliações de produtos de software possam ser: repetíveis, reproduzíveis e imparciais.

No entanto, apesar da norma ISO/IEC 14598 estabelecer uma estratégia para avaliação de produtos de software, ela precisa ser usada em conjunto com a norma ISO/IEC 9126. Para essa última, o conjunto de parâmetros propostos foi traduzido em seis atributos de qualidade, que podem ser verificados na Figura 13 (BARRETO, 2006; BOTELLA et al., 2004; KOSCIANSKI et al., 1999; PRESSMAN, 2011; BRASIL, 2013).

Figura 13. Fatores de qualidade ISO/IEC 9126

Funcionalidade	<ul style="list-style-type: none"> • grau em que o software satisfaz as necessidades declaradas, de acordo com os atributos: adequabilidade, precisão, interoperabilidade, atendibilidade e segurança
Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • prazo em que o software está disponível para uso, de acordo com os atributos: maturidade, tolerância a falha e recuperabilidade
Usabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • grau de facilidade de uso do software, de acordo com os atributos: inteligibilidade, facilidade de aprendizado e operabilidade
Eficiência	<ul style="list-style-type: none"> • grau em que o software utiliza recursos do sistema de forma otimizada, de acordo com os atributos: comportamento em relação ao tempo e em relação aos recursos
Manutenibilidade	<ul style="list-style-type: none"> • facilidade com a qual os reparos no software podem ser realizados, conforme os atributos: analisabilidade, mutabilidade, estabilidade e testabilidade
Portabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • facilidade para transpor o software em diversos ambientes, de acordo com os atributos: adaptabilidade, instabilidade, conformidade e permutabilidade

Fonte: Adaptado de Pressman (2011).

Com base na definição dessas normas e nas dificuldades e complexidade em usá-las para avaliar a qualidade de um produto de software, especialistas se empenharam na criação da norma ISO/IEC 25000 SQuaRE, que é composta pelas seguintes divisões: Gestão da Qualidade (ISO/IEC 2500n), Modelo de Qualidade (ISO/IEC 2501n), Medição da Qualidade (ISO/IEC 2502n), Requisitos de Qualidade (ISO/IEC 2503n) e Avaliação da Qualidade (ISO/IEC 2504n). A Figura 14 apresenta a estrutura geral da norma.

Figura 14. Organização da série SQuaRE (ISO/IEC 25000)

ISO/IEC 2503n Requisitos de Qualidade	ISO/IEC 2501n Modelo de Qualidade	ISO/IEC 2504n Avaliação da Qualidade
	ISO/IEC 2500n Gestão da Qualidade	
	ISO/IEC 2502n Medição da Qualidade	

Fonte: Adaptado de (GUERRA; COLOMBO (2009).

Cada divisão proposta possui subdivisões:

- SQuaRE ISO/IEC 2500n – oferece diretrizes gerais sobre o uso da série SQuaRE, a partir da visão geral do seu conteúdo: i) ISO/IEC 25000: modelos de referência, definições, relacionamento entre todos os documentos da série; e ii) ISO/IEC 25001: orientações sobre planejamento e gestão para especificação de requisitos e avaliação do produto;
- SQuaRE ISO/IEC 2501n – oferece diretrizes sobre o Modelo de Qualidade, que inclui características para qualidade interna e externa de software, qualidade em uso (SQuaRE ISO/IEC 25010) e modelo de qualidade dos dados (SQuaRE ISO/IEC 25012);
- SQuaRE ISO/IEC 2502n – oferece um modelo de referência para medição da qualidade do produto de software (SQuaRE ISO/IEC 25020), além de definições analíticas para medidas da qualidade de software e orientações práticas para aplicação (SQuaRE ISO/IEC 25021). A estrutura que contém elementos de medidas de qualidade, medição de qualidade interna (SQuaRE ISO/IEC 25022), medição de qualidade externa de software (SQuaRE ISO/IEC 25023) e medição de qualidade em uso de software (SQuaRE ISO/IEC 25024);
- SQuaRE ISO/IEC 2503n – oferece diretrizes para a especificação de requisitos de qualidade, que podem ser utilizados no processo de elicitação de requisitos para um produto que será desenvolvido, no início ou no final do ciclo de vida do produto (SQuaRE ISO/IEC 25030); e
- SQuaRE ISO/IEC 2504n – oferece requisitos, recomendações e diretrizes para o processo de avaliação de produto de software, com um guia e modelo de referência (SQuaRE ISO/IEC 25040) e módulos de avaliação (SQuaRE ISO/IEC 25041).

Além dessas divisões, existe uma extensão da série SQuaRE, de ISO/IEC 25050 até 25099 reservada para utilização em normas ou relatórios técnicos (ISO/IEC 25000, 2005).

Para o foco dessa pesquisa, será detalhada a série SQuaRE ISO/IEC 25010, com: i) Modelo de Qualidade com oito características, subdivididas em subcaracterísticas que podem ser medidas internamente ou externamente (Quadro 3); e ii) um Modelo de Qualidade do Sistema em Uso, composto de três características, subdivididas em subcaracterísticas que podem ser medidas quando um produto é

usado em um contexto realista de uso, conforme mostra o Quadro 3 (ISO/IEC 25010, 2008).

Quadro 3. Modelo de Qualidade de Produto

Características	Subcaracterísticas
Funcionalidade	Adequação, Acurácia, Conformidade
Confiabilidade	Disponibilidade, Tolerância a Falhas, Recuperabilidade, Conformidade
Eficiência	Comportamento em Relação Ao Tempo, Uso dos Recursos, Conformidade
Operabilidade	Adequação, Reconhecibilidade, Habilidade de Aprender, Facilidade de Uso, Utilidade, Atratividade, Acessibilidade Técnica, Conformidade
Segurança	Confidencialidade, Integridade, Não repúdio, Prestação de Contas, Autenticidade, Conformidade
Compatibilidade	Habilidade para substituição, Coexistência, Interoperabilidade, Conformidade
Manutenibilidade	Modularidade, Reutilização, Analisabilidade, Habilidade para Troca, Estabilidade de Modificação, Testabilidade, Conformidade
Transferabilidade	Portabilidade, Adaptabilidade, Instalabilidade, Conformidade

Fonte: Adaptado de (ISO/IEC 25010, 2008).

De acordo com o Quadro 3, foram acrescentadas duas características ao Modelo da ISO/IEC 9126, que antes contava com seis características:

- **Funcionalidade:** refere-se ao grau em que as funções do produto de software atendem às necessidades explícitas e implícitas quando usado sob condições especificadas;
- **Confiabilidade:** refere-se ao grau em que o produto de software pode manter um nível especificado de desempenho quando usado sob condições especificadas;
- **Eficiência:** refere-se ao grau em que o produto de software fornece um desempenho adequado, em relação à quantidade de recursos utilizados, nas condições estabelecidas;
- **Operabilidade:** refere-se ao grau em que o produto de software pode ser compreendido, aprendido, usado e atraente ao usuário, quando usado nas

condições especificadas;

- Segurança: refere-se ao grau de proteção dos itens do sistema contra acesso, uso, modificação, destruição ou divulgação accidental ou malicioso;
- Compatibilidade: refere-se à capacidade de dois ou mais componentes de software para trocar informações e executar suas funções necessárias ao compartilhar o mesmo hardware ou ambiente de software;
- Manutenibilidade: refere-se ao grau em que o produto de software pode ser modificado (correções, melhorias, adaptação, alteração, tanto no ambiente quanto nos requisitos e especificações funcionais); e
- Transferibilidade: refere-se ao grau em que o produto de software pode ser transferido de um ambiente para outro.

Há ainda um modelo definido para avaliar a qualidade do sistema em uso, mostrado na Figura 15 (ISO/IEC 25010, 2008).

Figura 15. Modelo de qualidade do sistema em uso

Fonte: Adaptado de (ISO/IEC 25010, 2008).

Da mesma forma que no modelo de avaliação da qualidade de produto de software, a avaliação da qualidade em uso deve considerar as características e subcaracterísticas definidas na Figura 15:

- Usabilidade: refere-se ao grau em que os usuários especificados podem atingir metas especificadas com eficácia, eficiência e satisfação no uso em um contexto especificado de uso;
- Flexibilidade: refere-se ao grau de utilização do produto em todos os contextos potenciais de utilização; e
- Segurança: refere-se aos níveis aceitáveis de risco de danos às pessoas,

aos negócios, aos dados, ao software, à propriedade ou ao ambiente nos contextos de utilização previstos.

Deve-se destacar que as características dos dois modelos apresentados acima são aplicáveis a qualquer tipo de software e fornecem terminologia consistente para avaliar a qualidade do produto de software. Dessa forma, a ISO/IEC SQuaRE 25000 auxilia desenvolvedores, adquirentes e avaliadores de produtos de software no processo de especificação e avaliação de requisitos de qualidade, por meio de um conjunto de critérios estabelecidos (ISO/IEC 25000, 2005; ISO/IEC 25010, 2008).

No entanto, apesar das estratégias, normas e padrões já estabelecidos na literatura, existem dificuldades associadas à avaliação da qualidade dos requisitos não funcionais decorrentes da necessidade de medição por usuários que possuam conhecimento e experiência nos diversos contextos do software em avaliação. Quanto aos requisitos funcionais, utilizar métricas objetivas pode garantir a qualidade desses e também contribuir para avaliar qualidade dos métodos e modelos de software (BANSIYA; DAVIS, 2002).

Apesar das métricas serem essenciais para garantir a transparência e confiabilidade aos processos de desenvolvimento de software e, conseqüentemente, um produto de software de qualidade, a definição e uso das mesmas ainda é tarefa complexa para a Engenharia de Software (ROCHA et al., 2001).

Além disso, é fundamental que se estabeleçam critérios, juntamente com a definição do processo para avaliação (de acordo com a norma ISO/IEC 25010), de forma que seja possível avaliar a qualidade desses softwares. A norma internacional (ISO/IEC 12207, 2008) e o modelo CMMI confirmam que é preciso estabelecer um conjunto de critérios em relação ao qual o produto será avaliado.

A importância da definição de critérios de avaliação se confirma a partir dos diversos trabalhos realizados e publicados com a finalidade de estabelecer critérios apropriados para avaliação de produtos de software. Um desses trabalhos, publicados por Ackerman et al. (1989), apresenta os critérios como completude, ambigüidade e consistência. Outro trabalho traz uma lista com diversos critérios utilizados para especificação de requisitos em desenvolvimento orientado a objetos, organizados em grupos de acordo com os objetivos da qualidade: usabilidade, confiabilidade conceitual e confiabilidade da representação (BEAUFOND et al., 1997).

Uma forma de facilitar o estabelecimento de critérios de avaliação é a definição

de *checklists* de avaliação por meio de questões que devem ser respondidas. Esses *checklists* são, normalmente, desenvolvidos e validados a partir do *background* da equipe com a ajuda de especialistas do domínio em questão (KAN, 2003).

3.2 Modelos para avaliação de qualidade de WES

Os computadores estão sendo usados em uma variedade cada vez maior de áreas de aplicação, e seu funcionamento correto é, muitas vezes, crítico para o sucesso do negócio e / ou para a segurança humana. Portanto, desenvolver ou selecionar produtos de software de alta qualidade é de primordial importância (ISO/IEC 25010, 2008).

A especificação abrangente e avaliação da qualidade do produto de software é um fator chave na garantia de qualidade adequada, que pode ser conseguido por meio da definição de características de qualidade apropriadas, tendo em conta a finalidade do uso do produto de software (LANZILOTTI et al., 2006).

Assim, é importante que todas as características de qualidade do produto de software relevantes para o domínio do conhecimento em questão sejam especificadas e avaliadas, por meio de medidas validadas ou padronizadas e aceitas na área (ISO/IEC 25010, 2008).

No entanto, além dos critérios técnicos (da Engenharia de Software) e os relacionados ao domínio em questão (Educação) devem ser consideradas as características da qualidade: da interação (estudante e ambiente, entre estudantes, estudante e professor/tutor), do conteúdo (deve ser confiável e atualizado), do *feedback*, da colaboração, entre outros (KELLY, 2008; HOSIE; SCHIBECI, 2005; WANG et al., 2010; VARGAS-VERA; LYTRAS, 2008).

Campos e Campos (2001) corroboram e afirmam que as diferentes concepções a respeito de como acontece o processo de ensino e aprendizagem, a partir das teorias existentes, causam impacto no desenvolvimento e aplicação de softwares educacionais. Por conta disso, se recomenda que a avaliação de um WES seja iniciada a partir da identificação do ambiente educacional ou, no mínimo, de um ambiente educacional específico para seu uso.

Nesse sentido, as características mínimas que devem ser consideradas quando se avalia um WES são (CAMPOS; CAMPOS, 2001):

- **Pedagógicas** - conjunto de propriedades que mostram a importância e a

viabilidade de uso do software em situações educacionais. Contempla as subcaracterísticas:

- Ambiente educacional: o software deve possibilitar que o ambiente educacional e o modelo de aprendizagem contemplados por ele sejam identificados;
- Relação com o programa curricular: o software deve ser adequado e pertinente a um determinado contexto educacional ou disciplina específica;
- Aspectos didáticos: o software deve contribuir para que o objetivo educacional seja atingido (portanto, ser fácil de usar, ser amigável, motivar e respeitar as características individuais dos usuários/aprendizes). Ainda, atributos como clareza e correção dos conteúdos, recursos motivacionais, carga informacional e tratamento de erros devem ser contemplados;
- **Facilidade de uso** - conjunto de propriedades que demonstram a facilidade de uso do software, com as subcaracterísticas:
 - Facilidade de aprendizado: avalia a facilidade com que os usuários aprendem a utilizar o software;
 - Facilidade de memorização: avalia a facilidade com que os usuários memorizam informações importantes; e
 - Robustez: avalia a estabilidade do software diante de ações não esperadas;
- **Características da interface** - conjunto de atributos necessários para facilitar a interação entre o usuário e o software. Possui as subcaracterísticas:
 - Condução: avalia os meios disponíveis orientar o usuário na interação com o computador. Inclui atributos como: presteza, localização, *feedback* imediato e legibilidade;
 - Afetividade: avalia se a interação entre o software e o aluno acontece de forma afetuosa, além dos aspectos psicológicos que o software pode desencadear no aluno;
 - Consistência: avalia a estabilidade da interface diante dos contextos;
 - Significado dos códigos e denominações: avalia se o objeto (ou informação) pedido ou apresentado está em conformidade com sua

referência;

- Gestão de erros: avalia os mecanismos disponíveis para evitar ou reduzir a ocorrência de erros, e quanto eles contribuem para a correção. Inclui atributos como proteção contra erros, qualidade das mensagens de erro e correção dos erros, e reversão fácil das ações;
- Adaptabilidade: conjunto de propriedades que demonstram a capacidade com que o software se adapta às necessidades e preferências do usuário, além do ambiente educacional escolhido. Inclui os atributos: customização (avalia a facilidade da interface ser customizada para o uso por diferentes usuários) e adequação ao ambiente (avalia a facilidade de adequação do software ao modelo e aos objetivos educacionais adotados); e
- Documentação: conjunto de propriedades que demonstram que a documentação para instalação e utilização do software deve ser completa, consistente, legível e organizada. Inclui os atributos: *help on line* (avalia o auxílio *on line*) e documentação do usuário (avalia se a documentação sobre o uso do sistema e sua instalação é de fácil compreensão).
- **Portabilidade** - conjunto de propriedades que demonstram a adequação do software aos equipamentos disponíveis para sua utilização. Inclui as subcaracterísticas:
 - Adequação tecnológica: avalia se as tecnologias de hardware e software são compatíveis com as facilidades que o mercado disponibiliza; e
 - Adequação aos recursos da escola: avalia se as tecnologias de hardware e software necessárias para a utilização do software são compatíveis com as disponíveis na escola;
- **Retorno do investimento** - conjunto de propriedades que demonstra a adequação do investimento na aquisição do software. Inclui as subcaracterísticas:
 - Preço compatível: avalia se a taxa de retorno da utilização do software é compatível com o investimento realizado; e
 - Taxa de retorno: avalia se a taxa de retorno é compatível com o investimento realizado.

Assim, Lyra et al. (2003) desenvolveram um modelo de um ambiente virtual para avaliação da qualidade de WES que visa facilitar as tarefas de busca, avaliação e seleção desses sistemas nas diversas áreas do conhecimento, consideradas complexas pelos professores, e propõem a integração dessas tarefas nesse ambiente comum. No entanto, o modelo não considera as especificidades da Web Semântica, necessárias quando se avalia um SWBES.

Gil e Menezes (2004), por outro lado, estabelecem critérios para avaliação da qualidade de WES, levando em consideração, inclusive, as fases para construção dos mesmos. Os autores consideram que o WES deve promover a atividade intelectual contínua para estimular a iniciativa e autonomia dos alunos, levando à adaptação dos conteúdos e à interdisciplinaridade.

Nesse sentido, Kelly (2008) apresenta um processo colaborativo para avaliar, guiar e selecionar novas e emergentes tecnologias educacionais e promove uma discussão sobre como um processo de avaliação desse tipo pode abranger interessados interdisciplinares. Além disso, vislumbra a aplicação dessas tecnologias em contextos reais de ensino e aprendizagem, integrando todas as disciplinas.

Seguindo outra linha, Ardito et al. (2005) propõem uma metodologia para avaliação sistemática de usabilidade de aplicações *e-learning*, chamada SUE, a partir de padrões pré-estabelecidos e definidos para essas aplicações. No mesmo contexto, Sarmento (2011) destacam a avaliação de usabilidade em ambientes virtuais de aprendizagem, como ferramenta para constante evolução e melhoria desses ambientes.

Em outro trabalho relacionado à qualidade (usabilidade) da interface, Costabile et al. (2005) apresentam um conjunto de critérios de usabilidade capturados a partir da interação dos usuários com um WES real. No entanto, os autores se limitaram à avaliação dos aspectos sintáticos do sistema, sem considerar os aspectos relativos à abordagem pedagógica (por ex. coerência e congruência do *design* ao percurso de aprendizagem do estudante) e à semântica (metadados, significado) dos OA.

Militaru et al. (2012b) apresentam outro *framework*, a partir de uma versão modificada de um *framework* SEEQUEL (*Core Quality Framework*), usado para construir a árvore de qualidade a partir de características comuns extraídas da experiência com vários sistemas WES. O ponto forte desse modelo é o suporte matemático utilizado. Mas a desvantagem é o viés causado pela imposição dos pesos

dos critérios de qualidade aos avaliadores, induzindo à omissão de alguns aspectos.

Assim, discute-se que a avaliação da qualidade de WES pode trazer benefícios referentes ao desempenho do sistema, além de impactos aos usuários. O significado de qualidade pode variar de acordo com os usuários desses sistemas (estudantes, professores, adquirentes, desenvolvedores etc.) e também de acordo com o produto a que é referenciado ou o contexto ao qual é aplicado. Assim, a avaliação de qualidade de WES deve considerar os diferentes atributos de qualidade de cada tipo de usuário, meio e ambiente relacionados a ele (CAMPOS, 1994; ROQUE; CAMPOS, 2011).

Nesse sentido, além do cuidado com a avaliação do software (interface e sua usabilidade, código, diagramas, documentação) é importante avaliar a qualidade dos OA e respectivos repositórios de OA (MADHURA, 2012).

A avaliação da qualidade de OA é uma preocupação relativamente nova, devido ao rápido crescimento da quantidade de OA e respectivos repositórios que facilitam a busca e recuperação deles. Além disso, a diversidade de autores e *design* envolvidos, a capacitação ou não de professores/instrutores contribuem para o interesse sobre a melhor forma de avaliar esses recursos (HAUGHEY; MUIRHEAD, 2005).

As várias abordagens para avaliar a qualidade de OA têm como objetivo reduzir os custos globais de desenvolvimento e obter OA melhores (WILEY, 2003). O objetivo do OA é aumentar a eficácia da aprendizagem, pois permite que o conteúdo esteja disponível e reduz o custo e o esforço para sua recuperação e compartilhamento (HAUGHEY; MUIRHEAD, 2005).

Assim, Leacock e Nesbit (2007) apresentam um *framework* para avaliar a qualidade de OAs, denominado Instrumento de Análise de OA (LORI - *Learning Object Review Instrument*). O objetivo principal do LORI é equilibrar a validade da avaliação com a eficiência do processo de avaliação e permite que os usuários de OA façam a classificação e comentários dentre nove dimensões de qualidade: qualidade de conteúdo, alinhamento das metas de aprendizagem, *feedback* e adaptação, motivação, *design* de apresentação, usabilidade da interação, acessibilidade, reutilização e conformidade com padrões.

Já a abordagem discutida por Sanz-Rodriguez et al. (2011) foca na seleção de materiais educativos reutilizáveis a partir de repositórios na Web, com o desenvolvimento de um indicador da capacidade de reutilização dos OAs. Eles propõem a realização em três etapas: i) com base em estudos anteriores nesta área,

determinam os aspectos que influenciam a capacidade de reutilização; ii) depois definem um conjunto de métricas que medem os aspectos usando metadados; e iii) em seguida propõem diferentes métodos de agregação, a fim de obterem um único valor resultante e avaliarem a eficiência do modelo por meio da análise de um conjunto significativo de OA obtidos a partir dos repositórios Elera e Merlot¹². Os resultados obtidos pelos autores sugerem que o indicador proposto pode fornecer informações úteis ao procurar por OA em repositórios. Essa medida de reutilização poderia constituir um indicador de qualidade que permitiria organizar os resultados da pesquisa em ordem de prioridade de reutilização.

Outro trabalho, de Nanduri et al. (2012), propôs um *framework* para avaliação de qualidade dos OA com base na satisfação do usuário e avaliação programática de acordo com as normas vigentes e melhores práticas relacionadas aos parâmetros de qualidade para WES.

Kay e Knaack (2008) propuseram o modelo LOEM (*Learning Object Evaluation Metric*), a partir de múltiplos componentes para avaliar OAs. A métrica foi desenvolvida a partir de uma lista detalhada de critérios obtidos por meio de uma revisão abrangente da literatura. Uma amostra de 1113 alunos do ensino médio, 33 professores e 44 OA foram utilizados para testar o modelo. A análise dos principais componentes revelou quatro elementos: interatividade, *design*, engajamento e usabilidade. A correlação entre a percepção de cada usuário da amostra foi realizada e permitiu concluir que o LOEM é uma abordagem confiável, válida e eficaz para avaliar a eficácia dos OA nos WES.

No entanto, os modelos estudados apresentam limitações, como, por exemplo: LORI (LEACOCK; NESBIT, 2007) não examina as diferentes fases do ciclo de vida do OA; apesar do modelo de Sanz-Rodriguez et al. (2011) considerar a reusabilidade dos conteúdos de aprendizagem, esse e os demais modelos analisados não apresentam critérios suficientes para avaliar a interoperabilidade e reusabilidade dos OA; faltam critérios para avaliação dos metadados utilizados nos OA; os modelos de Kay e Knaack (2008) e Nanduri et al. (2012) avaliam os OA somente sob a perspectiva de interação e usabilidade.

A principal limitação é que, mesmo quando os critérios de avaliação são identificados e adequados, estão espalhados em modelos distintos, dificultando

¹² eLera (www.elera.net) e Merlot (www.merlot.org) – repositórios de objetos de aprendizagem.

avaliar com eficácia os OA.

Portanto, é necessário um modelo que considere, num mesmo conjunto de critérios, a acuracidade, granularidade, disponibilidade, rastreabilidade, qualidade e estrutura dos metadados, além da aderência aos padrões de metadados e OA.

3.3 Modelos de avaliação de tecnologias da Web Semântica

O trabalho de Garcia-Castro et al. (2010) apresenta e discute o desenvolvimento da plataforma SEALS, uma infraestrutura de referência utilizada para a avaliação de tecnologias semânticas. Descreve as diferentes entidades gerenciadas pela plataforma e, também, o modelo (baseado em ontologia), definido para representá-las. Além disso, o autor apresenta uma visão geral da arquitetura da plataforma, e os diferentes desafios enfrentados durante seu desenvolvimento. A plataforma SEALS serve de base para a criação de outros modelos.

Nesse sentido, Radulovic et al. (2015) apresentam um modelo SemQuaRE para avaliar a qualidade de tecnologias da WS, a partir do modelo de qualidade SQuaRE. O modelo foi desenvolvido a partir dos resultados de avaliação fornecidos pelo projeto SEALS (www.seals-project.eu) e descreve um conjunto de características e subcaracterísticas de qualidade para seis tipos diferentes de tecnologias semânticas:

No entanto, o objetivo do modelo SemQuaRE é avaliar um conjunto limitado de tecnologias da WS avaliadas no projeto SEALS. As ferramentas de anotação de ontologia foram incluídas no modelo durante o processo de avaliação. Para cada uma destas subcaracterísticas foi especificado um conjunto de medidas de qualidade (RADULOVIC et al., 2015).

Dentre as tecnologias da WS, as ontologias desempenham um papel fundamental na WS. Elas capturam a essência do conhecimento da área envolvida e fornecem os conceitos e as relações entre eles. O papel das ontologias é fornecer a semântica formal aos termos, de modo que possam ser compreendidos e utilizados por agentes computacionais (BERNERS-LEE et al., 2001; BITTENCOURT et al., 2008; ISOTANI, 2009).

Assim, por serem artefatos da engenharia, as ontologias precisam ser avaliadas como tal. O papel central que representam na WS faz da avaliação da ontologia uma tarefa importante e valiosa: erros e omissões em ontologias podem

levar a aplicações que não realizam todo o potencial de compartilhamento, interoperabilidade e reuso característicos da WS. As boas ontologias possibilitam tudo isso entre os diversos domínios do conhecimento.

Dessa forma, o trabalho de Duque-Ramos et al. (2013) desenvolveu o *framework* de avaliação de qualidade de ontologias (OQuaRE) baseado na norma ISO/IEC SQuaRE de avaliação de qualidade do produto de software.

O objetivo principal do OQuaRE é fornecer uma estrutura objetiva e padronizada para a avaliação da qualidade da ontologia, que possa ser aplicada em um número de situações de forma similar, de modo que as forças e fraquezas das ontologias possam ser identificadas. OQuaRE reutiliza e adapta as seguintes características SQuaRE para avaliar ontologias: confiabilidade, operacionalidade, manutenção, compatibilidade, transferabilidade e adequação funcional (DUQUE-RAMOS et al., 2013).

A maioria das subcaracterísticas de qualidade sugeridas por SQuaRE também foram adaptadas para ontologias em OQuaRE. Porém, os autores não consideram as características estruturais das ontologias, como os casos de uso, alinhamento com outras ontologias etc.

Em outra abordagem, Obrst et al. (2007) discute os diferentes aspectos da avaliação de ontologias, com base em critérios (por ex. complexidade, granularidade, casos de uso, consistência etc.), perguntas filosóficas, seguidas da validação / verificação deles.

Porém, o autor não apresenta a sequência de avaliação, ou seja, o modo como as perguntas e critérios devem ser utilizados.

A abordagem de Bandeira (2015) utiliza três etapas para avaliar ontologias, i) verificação do tipo da ontologia – avaliador deve verificar qual o tipo da ontologia a ser avaliada (tarefa, domínio, aplicação); ii) verificação das questões – o avaliador deve verificar especificamente a qualidade da ontologia (atribuir notas para cada item avaliado); e iii) verificação da qualidade da ontologia – o avaliador deve sumarizar a avaliação, a partir das notas que foram atribuídas.

No entanto, por se tratar de um método completo para avaliar ontologias, a quantidade de questões pode tornar seu uso cansativo para sistemas que contam com mais de uma ontologia.

Por fim, Romano (2012) apresenta um instrumento de avaliação de ontologias para ser usado por engenheiros de ontologias/conhecimento, a partir dos diversos

atributos envolvidos no desenvolvimento, uso e reúso de uma ontologia. O autor fez uma vasta revisão da literatura e reuniu esses atributos no instrumento que conta com três conjuntos de critérios divididos em 31 subcritérios. Pode ser exaustivo utilizar o instrumento se o sistema contar com várias ontologias.

A avaliação das ontologias representa um passo importante na avaliação da qualidade de um sistema SWBES. Por isso, os trabalhos dos autores citados foram estudados e utilizados na elaboração da abordagem desta tese, a partir dos critérios e processos por eles pesquisados.

3.4 Quadro comparativo

Nessa Seção serão sumarizadas as lacunas identificadas nos trabalhos estudados, referentes aos fatores de qualidade propostos na abordagem que não estão contemplados nos modelos disponíveis na literatura de forma consolidada.

Os artefatos estão representados por letras para permitir melhor visualização da presença deles no modelo em questão: S – software, I – interface, A – Objeto de aprendizagem, O – ontologia. Por exemplo, para o fator interoperabilidade, quando for assinalada a letra “S”, significa que o modelo considera a interoperabilidade de software. Assim, observa-se que o modelo de Boehm (1978) considera os fatores de qualidade adaptabilidade, interoperabilidade, reusabilidade e usabilidade apenas para o artefato software (S). Já Kelly (2008) contempla os fatores adaptabilidade e usabilidade dos OA e interface.

No Quadro 4 é possível verificar os fatores de qualidade presentes nos modelos discutidos nesse Capítulo, de acordo com o artefato considerado por esses modelos.

Quadro 4. Sumarização dos fatores identificados nos trabalhos relacionados

Modelos	Fatores				
	Adaptabilidade	Interoperabilidade	Personalização	Reusabilidade	Usabilidade
Boehm (1978)	S	S		S	S
McCall e Richards (1977)		S		S	S
SQuaRE (2005)	S	S		S	S
Campos e Campos (2001)	S, I				S, I
Lyra et al. (2003)				A, S	S, I
Gil e Menezes (2004)				A	A
Kelly (2008)	A, I				A, I
Ardito et al. (2005)	A, I		A, I	A, I	I
Costabile et al. (2005)	I		A		I
Militaru et al. (2012b)	A		I, A	A	A
Leacock e Nesbit (2007)	A	A		A	A
Sanz-Rodriguez et al. (2011)	A				A
Nanduri et al. (2012)	A		A		A
Kay e Knaack (2008)	A		A		A
Radulovic et al. (2015)	O	O		O	O
Duque-Ramos et al. (2013)	O	O		O	O
Obrst et al. (2007)	O	O		O	O
Bandeira (2015)	O	O		O	O
Romano (2012)	O	O		O	O

Conforme o Quadro 4, alguns modelos utilizam fatores e critérios de qualidade relacionados à determinados artefatos, tais como interface, OA, software, ontologias, mas não se identificou um modelo consolidado para avaliação da qualidade de um SWBES, de acordo com suas características e funcionalidades esperadas/desejadas. Tais fatores de qualidade estão espalhados nesses respectivos modelos, o que torna a avaliação de um SWBES por meio deles complexo, pois envolve utilizar diversos instrumentos, cada qual com suas especificidades.

Esse processo, além de consumir muito tempo, exige que os avaliadores possuam conhecimento sobre cada modelo a ser utilizado em conjunto, e pode inviabilizar a avaliação.

Assim, no Capítulo 4 será realizada a descrição da abordagem desenvolvida nesta tese, com os fatores de qualidade estabelecidos, com base nas funcionalidades desejadas para um SWBES de boa qualidade.

4 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM DESENVOLVIDA

Os SWBES são plataformas educacionais Web desenvolvidas com o intuito de resolver diversos problemas enfrentados pelos alunos e demais usuários (professores, autores de conteúdo etc.), como dificuldades relacionadas à busca, compartilhamento e reutilização de recursos educacionais. Esses sistemas têm sido usados com frequência como motores de busca para plataformas MOOC e ITS (KONSTANTINOS et al., 2010; CAPUANO et al., 2009; ISOTANI et al., 2013; BITTENCOURT et al., 2008).

Assim, é necessário garantir a qualidade dos SWBES para possibilitar melhores experiências de ensino e aprendizagem. No entanto, a avaliação da qualidade dos SWBES é uma tarefa complexa, uma vez que requer um amplo conhecimento sobre as tecnologias da Web Semântica, Sistemas Educacionais Web e Engenharia de Software.

Nesse sentido, após uma exaustiva busca na literatura (revisão *ad hoc* e mapeamento sistemático) por abordagens que pudessem avaliar a qualidade dos SWBES, foi constatada a ausência de soluções específicas e focadas para esse fim. Portanto, a abordagem desenvolvida nesta tese tem o objetivo de facilitar a avaliação da qualidade dos referidos sistemas.

Esse Capítulo está estruturado da seguinte forma: a Seção 4.1 apresenta o processo de identificação dos fatores e critérios de qualidade, os artefatos e os avaliadores estabelecidos; na Seção 4.2 é realizada a descrição geral dos fatores e critérios, artefatos e avaliadores; na Seção 4.3 esses fatores e subfatores são instanciados para cada artefato, com a descrição e detalhamento de cada critério; e a Seção 4.4 apresenta o modelo conceitual da abordagem desenvolvida, que compreende o processo de avaliação da qualidade dos SWBES.

4.1 Estabelecimento dos fatores e critérios de qualidade

O processo de identificação dos fatores e critérios de qualidade da abordagem desenvolvida envolveu estudo e análise dos trabalhos recuperados na literatura para avaliação de qualidade de sistemas educacionais Web, de objetos de aprendizagem e de tecnologias da Web Semântica, de acordo com a etapa 1 do método de pesquisa,

reproduzida na Figura 16.

Figura 16. Etapa 1 do desenvolvimento da abordagem

Fonte: Autora (2017).

Para isso, as contribuições dos artigos recuperados no mapeamento sistemático (Apêndice A) e na revisão *ad hoc* da literatura foram analisadas, compiladas e, em seguida, foi realizada a seleção dos fatores e critérios de qualidade necessários para avaliar sistemas educacionais Web, de acordo com Varlamis e Apostolakis (2010). Os autores classificam os fatores de qualidade em quatro grupos: técnicos, organizacionais, pedagógicos e sociais. A Figura 17 permite visualizar esses grupos.

Figura 17. Grupos dos fatores de qualidade

Fonte: Autora (2014).

O Quadro completo com os fatores identificados pode ser observado no Apêndice C. Alguns desses fatores estão presentes em vários estudos do MS, tais como: correção, integridade, flexibilidade, reutilização (reúso), interoperabilidade, usabilidade, personalização do ambiente educacional, adaptabilidade, interação

(aluno e ambiente, aluno e aluno, aluno e professor etc.), conteúdo atualizado, qualidade técnica e estética, entre outros (DENIZ; MARZO, 2008; KELLY, 2008; HOSIE; SCHIBECI, 2005; WANG et al., 2010; VARGAS-VERA; LYTRAS, 2008).

Os fatores de qualidade **técnicos** estão relacionados com a infraestrutura e funcionalidades que viabilizam o aprendizado por meio de softwares educacionais web. Neste contexto, 34% (27 estudos primários) investigaram aspectos técnicos no contexto de avaliação de WES. Dentre eles, podem-se destacar a reusabilidade de objetos de aprendizagem como um dos importantes critérios para avaliação de qualidade, pois aumenta a vida útil do material didático criado e a sua posterior utilização em diferentes situações e contextos (SANZ-RODRIGUEZ et al., 2011).

Um outro aspecto importante citado por diversos autores é a flexibilidade e adaptabilidade do software para atender tanto um grupo diversificado de usuários quanto para lidar com diferentes tipos de materiais didáticos e metodologias de ensino-aprendizagem sem perder a consistência da interface de interação entre o usuário e o software (CELIK, 2012; KURILOVAS; DAGIENĖ, 2009; LANZILOTTI et al., 2006). Outros critérios como segurança, privacidade e velocidade também são aspectos técnicos importantes identificados pela comunidade (SILIUS et al., 2011; WANG et al., 2012).

Os **fatores de qualidade organizacionais** fazem referência à eficiência e custo para gerenciar os diversos elementos que envolvem o meio educacional como os atores (alunos, professores, gestores, pais etc.), tecnologias (computadores, *tablets*, softwares etc.), processos e ambientes. Um WES pode auxiliar a gerenciar o meio educacional ou ser apenas mais elemento que precisa ser adequadamente encaixado.

No MS realizado, 15% dos artigos (12 estudos primários) investigaram a avaliação de WES sob a perspectiva organizacional. Por exemplo, o trabalho de Militaru et al. (2012a) apresenta um *framework*, a partir de uma versão modificada do *framework* SEEQUEL (*Core Quality Framework*), usado para construir a árvore de qualidade a partir de características comuns extraídas da experiência com vários ambientes de *e-learning*. Dentre eles, estão aspectos organizacionais relacionados com os recursos humanos e as qualidades técnicas necessárias para gerenciar as atividades de ensino.

Os **fatores de qualidade pedagógicos** levam em consideração a qualidade do processo de aprendizagem e está fortemente relacionado com a obtenção dos

objetivos de ensino e aprendizagem desejados pela tripla aluno-professor-instituição. Dentre os artigos analisados, 37% (29 estudos primários) indicaram, utilizaram ou propuseram aspectos pedagógicos para avaliar a qualidade de um software educacional Web.

Por exemplo, os trabalhos de Spyropoulou e Ntourou (2013) e Squires e Preece (1999) discutem a necessidade de avaliação dos WES sob o ponto de vista teórico-didático (Behaviorismo, Construtivismo, Cognitivismo etc.) que rege os processos utilizados para ensinar ou auxiliar o aluno a construir o seu próprio conhecimento, a partir dos objetivos e projetos de aprendizagem definidos.

O trabalho de Ardito et al. (2005), apesar de propor avaliação da usabilidade de WES, indicam a importância de entender mais detalhadamente sobre como as questões pedagógicas poderiam ser avaliadas, em colaboração com especialistas em ciência da educação e especialistas do domínio de aprendizagem, com o objetivo de identificar diretrizes e critérios para a avaliação da eficácia didática. Os autores indicam pontos importantes na avaliação pedagógica, tais como: i) análise das necessidades de aprendizagem; ii) definição de objetivos de aprendizagem; iii) organização de conteúdo didático; iv) seleção adequada das metodologias de ensino; e v) avaliação de aprendizagem.

Da mesma forma, Silius et al. (2011), apontam a necessidade de avaliar aspectos pedagógicos no contexto educacional, identificando a forma como acontece o processo de ensino e aprendizagem, interações entre os estudantes etc.

Um outro exemplo é a abordagem proposta por Yueshun (2009) que contribui para melhorar o processo de aprendizagem por meio de avaliações periódicas que identificam os problemas e deficiências dos alunos e fornecem *feedback* para melhorar a próxima etapa de suas atividades de aprendizagem.

Os **fatores de qualidade sociais** avaliam o potencial que o software oferece para que os seus usuários possam interagir entre si, avaliar a comunidade e seus membros, ser acessível para pessoas com necessidades especiais, viabilizar a criação de comunidades de prática, além de auxiliar na criação e condução de atividades de aprendizagem colaborativa. Atualmente, a qualidade do software está intrinsicamente relacionada funcionalidades de colaboração e comunicação devido as necessidades dos usuários em trabalhar de maneira integrada dentro do ambiente.

Dentre os trabalhos analisados, 11% (9 estudos primários) apresentaram alguns critérios de avaliação de qualidade abordados aspectos sociais. Um dos

aspectos que teve grande destaque entre os estudos analisados foi o de acessibilidade. Segundo, Martin et al. (2007) e Nanduri et al. (2012) frequentemente os alunos com alguma necessidade especial encontram mais dificuldade de interação no ambiente virtual do que no presencial. Isso ocorre, pois, a interação no ambiente virtual está baseada em diversas mídias e meios de comunicação, e poucas são aquelas adaptadas para lidar com usuários com alguma necessidade especial.

Entretanto, não foi possível identificar nenhum trabalho que trate da avaliação de qualidade de SWBES, o que confirma a importância e originalidade da abordagem desenvolvida nesta tese, de modo que se possa preencher a lacuna por uma abordagem capaz de avaliar a qualidade desses sistemas. Radulovic et al. (2015) corroboram quando afirmam que não foi possível comparar o modelo de qualidade SemQuaRE, desenvolvido por eles, com outros modelos, pois esse é o único modelo disponível (até o momento) para avaliação de qualidade de tecnologias semânticas.

Assim, os fatores de qualidade classificados nos quatro grupos acima foram selecionados, com base nos padrões/normas internacionais ISO/IEC SQuaRE 25000, nos padrões definidos pelo W3C e nas características de usabilidade, no contexto das Heurísticas de Nielsen e Regras de Ouro de Shneiderman (ISO/IEC 25010, 2008; W3C, 2017; NIELSEN, 1995; SHNEIDERMAN; PLAISANT, 2004).

Em seguida, os fatores de qualidade foram sendo ajustados, decompostos e utilizados na descrição de subfatores para compor a abordagem desenvolvida. O que norteou o processo de ajuste e seleção dos fatores de qualidade identificados na literatura foram os problemas encontrados nos WES atuais.

Koper (2004) discute que o compartilhamento e reusabilidade de um curso (ou de parte dele), mais especificamente dos OAs, são os maiores objetivos dos WES, pois tornam o desenvolvimento do curso mais eficiente. No entanto, se os OA não estiverem representados semanticamente, a busca, integração e compartilhamento serão difíceis e, para os WES que recebem OA de outros sistemas, a interpretação e estruturação desses OA se tornam ainda mais complexas. Do mesmo modo, os usuários também encontram dificuldades em executar buscas mais eficientes e eficazes por projetos de aprendizagem, cursos e OA, o que compromete a reusabilidade desses recursos.

Aroyo e Dicheva (2004) corroboram que os WES precisam permitir a interoperabilidade, a colaboração e a troca dos conteúdos, a reusabilidade de recursos e funcionalidades, para que possam oferecer suporte a um conjunto mais

rico de funções educacionais e aumentar sua eficácia. Para viabilizar a interoperabilidade, é necessário investir em conceituação semântica e ontologias, sintaxe comum para comunicação padronizada e integração dos conteúdos educacionais baseada em serviços de larga escala, uso e provisão de funcionalidades.

Observa-se que os WES atuais são carentes de funcionalidades que possibilitem a busca eficiente e o reúso de materiais de aprendizagem (diferentes *backgrounds* e níveis de conhecimento entre os autores), a interoperabilidade entre sistemas, a melhoria da interação e colaboração entre os estudantes, entre esses e o sistema, entre os estudantes e professores/autores etc. (HUAMANI et al., 2015; PANDIT, 2010; COSTA, 2014; STOJANOVIC et al., 2001).

Bittencourt e Costa (2011, p. 86) apontam que é necessária a criação de WES: “i) extensíveis, ii) que garantam o acesso participativo e universal do cidadão, iii) que considerem características de cada cidadão, tornando o sistema adaptável aos mesmos, iv) que permitam a integração de ferramentas de comunicação e v) interoperabilidade entre os ambientes educacionais”

Esta visão é confirmada pelos “pilares” da WS: i) a capacidade de armazenamento e recuperação eficaz da informação; ii) a capacidade de os agentes não-humanos autônomos aumentarem a aprendizagem, recuperação da informação e poder de processamento dos seres humanos; e iii) a capacidade da Internet para apoiar, ampliar e expandir a capacidade de comunicação dos seres humanos em vários formatos, nos limites do tempo e espaço (ANDERSON; WHITELOCK, 2004).

Para Tiropanis et al. (2009) a WS promove a interoperabilidade entre aplicações semânticas e, além disso, o desenvolvimento e a disponibilidade de ferramentas para a construção de ontologias colaborativas e mapeamento eficiente de dados vinculados a essas ontologias são decisivos para a criação de tecnologias e serviços semânticos pedagogicamente avançados.

Assim, a WS pode contribuir para: i) a montagem do conteúdo de cursos sob demanda, a partir dos OA existentes; ii) melhorar a aprendizagem e o compartilhamento de conhecimento em ambientes educacionais web; e iii) o fornecimento de *feedback* altamente informativo para professores, tutores etc. (JOVANOVIC et al., 2009).

Devedzic (2016) corrobora e indica que o foco atual de interesse dos pesquisadores que trabalham com Web Semântica / “*Big data*” / “*Linked data*” em

educação é: interoperabilidade, reusabilidade e integração de recursos de aprendizagem, personalização da aprendizagem, entre outros.

Nesse contexto, a partir das dificuldades e problemas identificados nos WES e que a WS contribui para resolver, por meio dos SWBES, estabeleceu-se os fatores de qualidade para compor a abordagem desenvolvida. Tais fatores de qualidade permitirão verificar se os SWBES são extensíveis, consideram características de cada cidadão, tornando o sistema personalizado aos mesmos, possibilitam a integração de ferramentas de comunicação e interoperabilidade entre os ambientes educacionais, a colaboração e a troca dos conteúdos, e a reusabilidade de recursos e funcionalidades (ARROYO; DICHEVA, 2004; BITTERN COURT; COSTA, 2011). A Figura 18 apresenta os fatores de qualidade e seus subfatores.

Figura 18. Visão geral dos fatores e subfatores

Fonte: Autora (2017).

Desse modo, a partir das funcionalidades esperadas para os SWBES e discutidas acima, os fatores de qualidade estabelecidos para a abordagem desenvolvida nessa tese são: adaptabilidade, interoperabilidade, personalização, reusabilidade. Além desse, o fator usabilidade foi considerado na abordagem por ser um fator relevante em qualquer software, mas principalmente nos SWBES, por se tratar de sistema educacional, no qual a usabilidade pode interferir, inclusive, no processo de ensino e aprendizagem.

Em seguida, são apresentadas as descrições detalhadas dos fatores e subfatores de qualidade estabelecidos na abordagem desenvolvida, assim como a definição dos artefatos que devem ser avaliados e os avaliadores responsáveis pela avaliação, de acordo com o papel que representam no SWBES.

4.2 Descrição dos fatores, artefatos e avaliadores

Após o estabelecimento dos fatores de qualidade, na etapa 2 do desenvolvimento da abordagem esses fatores são descritos e detalhados em subfatores de qualidade. Em seguida, os artefatos e avaliadores são definidos, de acordo com a Figura 19.

Figura 19. Etapa 2 do desenvolvimento da abordagem

Fonte: Autora (2017).

4.2.1 Fatores e subfatores de qualidade

O fator de qualidade adaptabilidade está relacionado à capacidade do sistema (ou seus artefatos, por exemplo, ontologia, interface) se adaptar às mudanças no ambiente, contexto, domínio, curso, ou a dispositivos, navegadores, sistemas operacionais diferentes, por meio das informações armazenadas/trocadas e a da ação

de agentes inteligentes (Figura 20).

Figura 20. Exemplo do fator adaptabilidade

Fonte: Autora (2017).

Tais agentes recuperam informação a partir da solicitação do usuário, considerando os dados armazenados (metadados nas ontologias e repositórios) relacionados ao seu perfil, interação com o sistema, dispositivo (sistema operacional, navegador Web) do qual ele está realizando acesso, e possibilitam que o sistema seja utilizado por qualquer usuário de acordo com sua necessidade, de modo transparente (ou seja, sem que o usuário perceba), conforme se pode observar na Figura 20.

O fator de qualidade adaptabilidade foi decomposto nos subfatores extensibilidade, flexibilidade e portabilidade para tornar sua descrição e avaliação mais simples e fácil de compreender pelos potenciais interessados na avaliação do SWBES (Quadro 5).

Quadro 5. Fator adaptabilidade

<p>Refere-se ao grau de facilidade com que o artefato pode ser adaptado para possíveis mudanças inesperadas na especificação ou requisitos do sistema, e à capacidade de ampliar as funcionalidades do artefato sem muito esforço. Relaciona-se, também, ao conjunto de mecanismos e conceitos que possibilitam estender o artefato mais facilmente (outros dispositivos, sistemas, navegadores, linguagens, cursos, disciplinas, situações pedagógicas etc.), e ao grau de facilidade de manutenção do artefato. O fator se refere, ainda, ao grau em que novos dados e informações adicionadas ao artefato não perturbam ou prejudicam os dados e informações já existentes; ao grau de escalabilidade do artefato</p>		
Extensibilidade	<p>Refere-se: à capacidade de ampliar as funcionalidades do artefato sem muito esforço; ao conjunto de mecanismos e conceitos que possibilitam estender o artefato mais facilmente (outros dispositivos, sistemas, navegadores, linguagens, cursos, disciplinas, situações pedagógicas etc.); ao grau em que artefato facilita a extensão, integração e adaptação dos seus conceitos</p>	<p>(DUQUE-RAMOS et al., 2013; ENSAN; DU, 2013; GHAYATHRI; PRIYA, 2013; GRUBER, 1995; HLOMANI; STACEY, 2014; KURILOVAS; DAGIENÉ, 2009; PRESSMAN, 2011; RILEY, 2017; VRANDECIC, 2009)</p>
Flexibilidade	<p>Refere-se ao grau de facilidade com que o artefato pode ser adaptado para possíveis mudanças inesperadas na especificação e requisitos; o grau de facilidade de manutenção do artefato; ao grau em que novos dados e informações adicionadas ao artefato não perturbam ou prejudicam os dados e informações já existentes</p>	<p>(CARUSI; MONT'ALVÃO, 2010; FLEISCHMANN, 2012; QUEIROZ, 2015; REZENDE, 2013; REZENDE; CAMPOS, 2014; WOLL, 2011; MENDES et al., 2004; ZIMMERMANN et al., 2007)</p>
Portabilidade	<p>Refere-se ao grau de facilidade com que o artefato pode ser adaptado para uso em outros dispositivos, sistemas, navegadores, linguagens, cursos, disciplinas, situações pedagógicas etc</p>	<p>(CARUSI; MONT'ALVÃO, 2010; FLEISCHMANN, 2012; GHAYATHRI; PRIYA, 2013; QUEIROZ, 2015; REZENDE, 2013; REZENDE et al., 2014; WOLL, 2011)</p>

Outro fator de qualidade, interoperabilidade, estabelecido na abordagem desenvolvida, diz respeito à comunicação entre os SWBES, ou seja, dois ou mais SWBES se comunicam entre si por meio das ontologias, acessam diferentes conjuntos de dados e metadados para retornar/compor uma informação desejada/solicitada pelos usuários ou por outros sistemas. Para que a interoperabilidade seja possível, o uso de padrões é fundamental, de modo que a informação possa ser acessada, recuperada e (re) usada pelos diferentes SWBES.

A

Figura 21 mostra um exemplo de como a interoperabilidade entre o SWBES_1 e SWBES_2 acontece, a partir da solicitação e um ou mais usuários.

Figura 21. Exemplo do fator Interoperabilidade

Fonte: Autora (2017).

O Quadro 6 apresenta detalhadamente o fator interoperabilidade, assim como os subfatores que dele fazem parte, além das referências que fundamentaram a descrição deles.

Quadro 6. Fator interoperabilidade

<p>Está relacionado à habilidade de dois ou mais sistemas (computadores, meios de comunicação, redes, ontologias, software e outros componentes de tecnologia da informação) de interagir e de intercambiar dados de acordo com um método definido, de forma a obter os resultados esperados; refere-se, também, ao grau em que o artefato está definido para facilitar a interação entre os sistemas educacionais ou entre cursos/disciplinas, por meio dos conceitos e relações estabelecidos, e para garantir a comunicação entre sistemas; tem relação com a agregação e uso de metadados para “carregar” informação e conhecimento junto aos dados e com a capacidade de oferecer serviços que promovam interação e integração entre sistemas ou parte dos sistemas em nível técnico, de conteúdo ou organizacional; trata da capacidade do sistema utilizar os mesmos formatos para armazenar e recuperar informação e prover o mesmo serviço em diferentes plataformas e sistemas, assim, como da capacidade de compartilhamento de informação por meio de algumas ferramentas, tais como linguagem de marcação adequada, uso de metadados e arquiteturas de metadados.</p>		
Adequação aos padrões	Refere-se ao grau em que o artefato foi desenvolvido de acordo com padrões internacionais estabelecidos tais como os da área da educação, IEEE-LOM, UK-LOM, IMS, IEEE-LTSC, Dublin Core, MARC etc.	(DEVEDZIC, 2004; DUQUE-RAMOS et al., 2013; JOVANOVIĆ et al., 2007; SOSNOVSKY; DICHEVA, 2010; DICHEVA; AROYO, 2004; VRANDECIC, 2009)
Disponibilidade	Refere-se: ao percentual de tempo em que o artefato se encontra disponível, se há restrições para acesso; ao custo ou licença para usar o artefato (se tiver algum custo e for alto, por licença ou não, inviabiliza seu acesso e uso); à necessidade de registro à comunidade ou acordo que inviabiliza seu acesso e uso; aos processos de controle para acessar o artefato, à propriedade intelectual etc. para gerenciar a fusão, a reutilização, a integração e /ou a tradução multilíngue	(FERREIRA E NAVES, 2011; BONILLA-MORALES et al., 2012; RADENKOVIC et al., 2009; PRESSMAN, 2011; SOMMERVILLE, 2011; BORDIGNON et al., 2009; DUQUE-RAMOS et al., 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007; ROMANO, 2012; BITTENCOURT, 2009)
Qualidade metadados	Refere-se: às definições, história e qualquer documentação do mapeamento disponível para o artefato, restrições /ou conceitos que são definitivos e aqueles que são específicos de um domínio; à qualidade das informações adicionadas ao artefato; os metadados devem conter informações relativas à proveniência do artefato, seu propósito e sua relação com as demais artefatos que fazem parte do sistema e demais recursos semânticos; ao tempo e esforço despendidos com o preenchimento de metadados - quanto menor, melhor	(RILEY, 2017; ROHRER et al., 2010; KURILOVAS e SERIKOVIENE, 2010; WOLL, 2011; KURILOVAS, 2009; KURILOVAS E DANGIENE, 2009; SANZ-RODRIGUEZ et al., 2010; HAASE, 2005; BRAGA, 2015; RIOS et al., 2009; ROMO et al., 2013)

O fator de qualidade personalização foi estabelecido na abordagem desenvolvida com a finalidade de verificar se o SWBES está adequado e pode responder às diferentes necessidades e solicitações do usuário, de diferentes formas. Isso significa que cada usuário terá sua própria visão e experiência do sistema, ou seja, o sistema oferece respostas e permite que o usuário as obtenha de acordo com seu perfil de acesso e interação, nível de dificuldade ou facilidade na resolução de problemas etc.

Na

Figura 22 se pode ter uma visão do fator personalização, no qual o sistema responde com o melhor conteúdo para uma requisição do usuário. Isso é possível por meio do perfil do usuário que deve, de alguma forma, estar armazenado em um modelo/ontologia do usuário, ou pela ação do agente inteligente, que tem acesso aos dados usuário.

Figura 22. Exemplo do fator personalização

Fonte: Autora (2017).

O fator personalização está descrito no Quadro 7, com os subfatores relativos a ele e as referências utilizadas.

Quadro 7. Fator personalização

<p>Refere-se: ao grau em que o artefato está adaptado às necessidades do usuário (linguagem, design etc.); ao grau em que cada usuário tem sua própria visão do sistema educacional por meio do artefato apresentado a ele; à facilidade da realização de busca e recuperação de dados do contexto relacionado ao artefato, a partir dos repositórios; à facilidade de anotação do conteúdo do artefato, ou seja, anotação semântica dos conceitos usados e gerados durante o processo de aprendizagem (não somente das lições, mas das mensagens trocadas entre os estudantes durante as interações em fóruns, chats etc.); à geração de feedback a partir dos dados de contexto do conteúdo de aprendizagem anotado; à facilidade de recuperação do feedback, isto é, recuperar o feedback gerado anteriormente e armazenado em repositórios próprios, a partir de uma requisição realizada pelo usuário por um feedback específico</p>		
Anotação semântica	Refere-se ao grau de detalhamento das informações referentes ao artefato (definição da ontologia do perfil do usuário)	(ROMO et al., 2013; FONTES, 2011; O'HARA e HALL, 2009)
Colaboração	Refere-se: à facilidade com que o artefato promove a colaboração entre os usuários do sistema (entre estudantes, entre esses e professores/tutores), ou seja, se facilita trabalho em grupo, compartilhamento das atividades etc., por meio dos conceitos e relacionamentos estabelecidos e definidos;	(TEIXEIRA, 2013; WOLL, 2011; BRAGA, 2015; FERREIRA E NAVES, 2011; BONILLA-MORALES et al., 2012; RADENKOVIC et al., 2009; PRESSMAN, 2011; SOMMERVILLE, 2011; BORDIGNON et al., 2009);
Feedback	Refere-se à capacidade (eficiência e rapidez) com que o sistema oferece feedback aos estudantes, professores, tutores etc.; o feedback garante a qualidade na compreensão da correção das respostas do estudante; o sistema deve manter um registro das respostas ou estilo de aprendizagem do estudante, de forma a adaptar as futuras apresentações do conteúdo.	(JOVANOVIC et al., 2006; 2008; LEACOCK e NESBIT, 2007; MORAL e CERNEA, 2005; MADHURA, 2012; ELLER, 2008)
Interação/Comunicação	Refere-se: ao grau em que o artefato consegue apoiar a interação e comunicação (quantidade e variedade de ferramentas disponíveis, como fóruns, wikis, chats, envio de tarefas, envio de mensagens etc.) entre estudantes e seus pares (estudante-estudante, estudante-professor, estudante-tutor virtual, estudante-sistema, professor-sistema, professor-tutor virtual, professor-professor, autor-autor, tutor virtual-sistema etc.).	(TEIXEIRA, 2013; WOLL, 2011; BRAGA, 2015; FERREIRA E NAVES, 2011; BONILLA-MORALES et al., 2012; RADENKOVIC et al., 2009; PRESSMAN, 2011; SOMMERVILLE, 2011; BORDIGNON et al., 2009);

Quanto ao fator de qualidade reusabilidade, também definido para compor a abordagem desenvolvida, deve ser verificado no SWBES por meio das ontologias que estão relacionadas aos dados e informações presentes na Web, de forma que pedaços de informação podem ser reutilizados de acordo com a necessidade e requisição dos usuários ou, de maneira automatizada, pelos agentes inteligentes. Conforme a Figura 23, o usuário solicita uma informação, o agente inteligente busca no sistema (por exemplo, por meio de ontologias, nos repositórios), recupera e a disponibiliza para que seja (re) usada em outros sistemas e contextos diferentes.

Figura 23. Exemplo do fator Reusabilidade

Fonte: Autora (2017).

O Quadro 8 apresenta a descrição do fator reusabilidade, seus subfatores e as referências usadas.

Quadro 8. Fator reusabilidade

Refere-se: ao grau de reutilização do artefato em diversos sistemas e contextos diferentes; à potencialidade de um artefato ser usado em diferentes domínios e para diferentes propósitos na aprendizagem, não exclusivamente para o qual foi concebido; ao grau em que o artefato ou parte dele pode ser compreendido e compartilhado para ser reutilizado em outros contextos; ao uso de qualquer artefato, já produzido, na construção de outro sistema (OA, ontologias, código fonte, requisitos, diagramas UML, testes, manual etc.).		
Acuracidade	refere-se: ao grau em que os dados e informações no artefato estão definidas de acordo com o conhecimento dos interessados sobre o domínio (definições e descrições corretas de classes, propriedades e conceitos), de forma clara, corretas, isentas de erros, e completas; ao grau em que o artefato está organizado, estruturado, com definição e significados claros (sem ambiguidade, inconsistências, e contradições), o uso de linguagens, símbolos e unidades apropriadas (simples, fáceis de compreender) e suas definições estão claras; ao grau em que o artefato está completo, ou seja, não faltam elementos ou conceitos e estes estão descritos de forma profunda e ampla (os conceitos devem possuir descrição detalhada para que possam ser compreendidos e permitam o relacionamento entre cada conceito e possam permitir facilidade ao usuário no acesso a eles); refere-se ao grau em que o título ou nome do artefato é coerente com o uso para o qual foi projetado;	(DUQUE-RAMOS et al., 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007; HLOMANI; STACEY, 2014)
Adequação aos padrões	Refere-se ao grau em que o artefato foi desenvolvido de acordo com padrões estabelecidos internacionalmente (área da educação, IEEE-LOM, UK-LOM, IMS, IEEE-LTSC, Dublin Core, MARC, ODP etc.)	(DUQUE-RAMOS et al, 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007);

Consistência	Refere-se ao grau de coerência entre o artefato e o domínio (disciplina, curso, contexto etc.) a que está relacionado; grau de adequação do artefato às necessidades do usuário; ao grau de padronização do artefato para sistemas, na terminologia do sistema, para que os usuários não precisem se questionar quanto a diferentes palavras, situações ou ações, quando significam a mesma coisa; à lógica das ações devem ser mantidas quando as situações são similares, assim como a terminologia, menus, cores, layouts; ao grau de contradições permitido pelo artefato (quanto menor, melhor)	(DUQUE-RAMOS et al, 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007; HLOMANI; STACEY, 2014; ENSAN; DU, 2013)
Disponibilidade	Refere-se: ao percentual de tempo em que o artefato se encontra disponível, se há restrições para acesso; ao custo ou licença para usar o artefato (se tiver algum custo e for alto, por licença ou não, inviabiliza seu acesso e uso); à necessidade de registro à comunidade ou acordo que inviabiliza seu acesso e uso; aos processos de controle para acessar o artefato, à propriedade intelectual etc. para gerenciar a fusão, a reutilização, a integração e /ou a tradução multilíngue.	(DUQUE-RAMOS et al, 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007; ROMANO, 2012; BITTENCOURT, 2009)
Documentação	Refere-se às informações disponíveis sobre o artefato (tipos, classes, conceitos, relacionamento, propriedades, modelos, restrições, diagramas etc.)	(DUQUE-RAMOS et al, 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007)
Eficiência	Refere-se à eficiência computacional, ou seja, a execução dos raciocinadores é rápida e bem-sucedida	(DUQUE-RAMOS et al, 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007; RADULOVIC et al., 2015; ENSAN; DU, 2013; HLOMANI; STACEY, 2014)

Estrutura de metadados	Refere-se ao grau de formatação dos metadados (devem conter informações relativas à proveniência da ontologia, seu propósito e sua relação com as demais ontologias que fazem parte da rede e demais recursos semânticos) - i) simples: são formatos de metadados com dados não-estruturados, cuja recuperação é feita de modo automático, gerados por robôs, apresenta na maioria das vezes uma semântica reduzida; ii) estruturados: ou ricos	(ROHRER et al., 2010); SOLODOVNIK, 2010; RILEY, 2017)
Flexibilidade	Refere-se à potencialidade de um artefato ser usado em diferentes domínios e para diferentes propósitos na aprendizagem, não exclusivamente para o qual foi concebido.	(SILVA e SANTACHÈ, 2008); KURILOVAS (2009); KURILOVAS E DANGIENE (2009)
Granularidade	Refere-se: ao grau em que o artefato faz sentido por si só, não depende de outros artefatos para ser compreendido (referências a outros artefatos pode impedir reusabilidade); refere-se ao tamanho do artefato (quanto menor, mais fácil de ser reutilizado sem modificação, quanto maior menos provavelmente ele poderá preencher todas as necessidades no novo contexto para o qual será transferido e mais provavelmente irá precisar de adaptação); ao tamanho, à decomponibilidade e ao grau em que um artefato é planejado para ser usado como parte de um recurso maior	(ASSIS E ABAR, 2006); KURILOVAS (2009); KURILOVAS E DANGIENE (2009); RIOS et al. (2009); ROMO et al. (2013);
Modularidade	Refere-se ao grau em que um artefato é composto por componentes distintos, de tal forma que uma mudança para um componente tem um impacto mínimo sobre outros componentes; ao grau em que a ontologia foi desenvolvida de acordo com uma metodologia (pois a metodologia contribui para a modularização da ontologia)	(DUQUE-RAMOS et al, 2014) (GRUBER, 1995); (VRANDECIC, 2009); (GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007); GANGEMI (2006)

Qualidade metadados	Refere-se: às definições, história e qualquer documentação do mapeamento disponível para o artefato, restrições ou conceitos que são definitivos e aqueles que são específicos de um domínio; à qualidade das informações adicionadas ao artefato; os metadados devem conter informações relativas à proveniência do artefato, seu propósito e sua relação com as demais artefatos que fazem parte do sistema e demais recursos semânticos (ROHRER; MOTZ; DIAZ, 2010); refere-se ao tempo e esforço despendidos com o preenchimento de metadados - quanto menor, melhor.	(RILEY, 2017; ROHRER et al., 2010); KURILOVAS; SERIKOVIENE, 2010; WOLL, 2011; KURILOVAS, 2009; KURILOVAS; DANGIENE, 2009; SANZ-RODRIGUEZ et al., 2010; HAASE, 2005; BRAGA, 2015; RIOS et al., 2009; ROMO et al., 2013)
Rastreabilidade	Refere-se: à facilidade com que o artefato é identificado e rastreado por meio dos metadados e URI corretos; ao grau em que o artefato está disponível ou fácil e rapidamente recuperável, à percentagem de tempo em que artefato está “no ar”, se não há restrição para acessar o artefato ou parte dele; ao cuidado com o “nome” atribuído ao artefato (não pode ser um nome estranho ao domínio, área).	(DUQUE-RAMOS et al., 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007);

Por fim, o fator de qualidade usabilidade se refere ao modo como o sistema responde às diferenças individuais de cada usuário. As formas de realização de uma tarefa devem ser tão variadas quanto às diferentes hipóteses que o usuário pode escolher e dominar uma delas no processo de aprendizagem. Deste modo, o sistema deve fornecer mecanismos e funcionalidades diferentes, entre os quais os diferentes usuários podem escolher para alcançar seus objetivos. É como se os usuários estivessem acessando sistemas diferentes, por meio de interfaces distintas, uma vez que o sistema considera as características individuais dos usuários para atender à solicitação deles. A Figura 24 mostra o fator de modo simplificado, ou seja, cada usuário tem sua visão do sistema, a partir da solicitação realizada, pois os agentes inteligentes consideram os perfis dos usuários e suas necessidades individuais.

Figura 24. Fator usabilidade

Fonte: Autora (2017).

Desse modo, a usabilidade se refere à facilidade de acesso ao SWBES, de modo que o processo de ensino e aprendizagem, objetivo principal desses sistemas, não seja comprometido por conta da dificuldade em aprender usar o referido sistema. O Quadro 8 apresenta o fator e seus subfatores.

Quadro 9. Fator usabilidade

<p>Refere-se: à facilidade que os usuários têm em aprender a utilizar o artefato para alcançar seus objetivos e o quão satisfeitos ficam com o processo. A avaliação dos critérios pode ser subjetiva, envolvendo, muitas vezes, diferentes aspectos e teorias; à facilidade de aprender usar o sistema, à eficiência no uso (maior produtividade), à facilidade de memorização, à robustez (baixa taxa de erros e boa recuperação), ao grau em que usuário se sente confortável no sistema; ao grau de facilidade de uso do de cada artefato no sistema; ao grau de padronização do sistema, para que facilite seu uso por qualquer usuário; grau de facilidade de navegação, previsibilidade da interface do artefato, e qualidade dos recursos de ajuda da interface do artefato.</p>		
Facilidade na aprendizagem	Refere-se ao grau em que o artefato facilita o processo de aprendizagem (relação entre tempo necessário para que o usuário aprenda a utilizar o sistema para que possa aprender, ou seja, se o artefato contribui ou não para que esse tempo seja mínimo e o tempo seja utilizado apenas para aprendizagem do conteúdo e não do uso do sistema em si)	(REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010; KURILOVAS et al., 2009; CYBIS et al., 2007; MEDEIROS; SCHIMIGUEL, 2012; LEACOCK; NESBIT, 2007)

Eficácia para aprendizagem	Refere-se ao grau de facilidade de uso do artefato, ao esforço cognitivo dispendido para aprender a usar o artefato	(REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010)
Eficiência	Refere-se ao grau em que o artefato permite que o usuário realize as atividades necessárias de forma rápida e precisa; ao grau de anotação e metadados do artefato; ao grau em que o artefato está documentado; ao grau de detalhes e cuidado com o design do artefato.	(REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010; MURDOCK et al., 2013)
Experiência do usuário	Refere-se ao grau em que o artefato leva em consideração a experiência ou não do usuário no sistema, fornecendo atalhos aos mais experientes e ajuda aos menos experientes, por exemplo.	(CYBIS et al., 2007; REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010)
Gestão de erros e segurança	Refere-se ao grau em que o artefato contribui para que o usuário não cometa erros na interação e, se o fizer, que consiga recuperar de forma simples, com avisos e rotas de fuga	(CYBIS et al., 2007; REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010)
Memorização	Refere-se ao grau em que o artefato possibilita a interação do usuário, a navegação pelo sistema de forma organizada e numa sequência lógica que facilite a interação e aprendizagem; ao grau em que o artefato não deve obrigar ao usuário a depender de tarefas anteriores para tarefas seguintes. As instruções do artefato – e sua instintividade – devem estar presentes, ou de fácil acesso.	(REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010; SAKAKIBARA, 2014)
Adequação aos padrões	Refere-se ao grau em que o artefato foi desenvolvido de acordo com padrões estabelecidos internacionalmente (área da educação, IEEE-LOM, UK-LOM, IMS, IEEE-LTSC, Dublin Core, MARC, ODP etc.)	(DUQUE-RAMOS et al, 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007);
Satisfação do usuário	Refere-se ao grau em que o artefato simplifica a interação do usuário, minimiza o esforço cognitivo, facilita e agiliza a aprendizagem	(REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010)

Após a definição geral dos fatores e subfatores de qualidade, as Seções seguintes irão descrever os artefatos e avaliadores estabelecidos para a abordagem.

4.2.2 Artefatos

Na arquitetura de um SWBES, conforme definição na Seção 2.3, os usuários realizam uma solicitação ao sistema, por meio da interface, e os agentes inteligentes buscam a informação (conteúdos educacionais/objetos de aprendizagem) armazenada em repositórios ou representada em ontologias, em cooperação com outros agentes. Portanto, avaliar a qualidade desses sistemas não é simples.

No entanto pode-se avaliar os artefatos do sistema que, de acordo com Silva (2010, p. 37) “artefatos são inerentes à execução de alguma atividade, para a qual pode ser tanto uma entrada, para que a atividade possa ser executada, como uma saída ou resultado de uma execução que poderá ser utilizado em outras atividades”.

Sendo assim, decidiu-se desmembrar o SWBES em artefatos, de modo que fique mais simples avaliá-lo. Para isso, buscou-se estabelecer quais artefatos seriam mais relevantes num SWBES que foram definidos de acordo com Pressman (2011), Silva (2010) e Duarte e Falbo (2000):

- **Ontologias:** definem um vocabulário comum para o domínio dos SWBES, composto por classes, relacionamentos, regras e instâncias, de modo que esse mesmo vocabulário possa ser reutilizado em outro sistema;
- **Objeto de Aprendizagem (OA):** são entidades digitais, no caso dos SWBES, (re) utilizadas no processo de ensino e aprendizagem. Cada OA deve possuir três componentes básicos: conteúdo, atividades de aprendizagem e elementos de contexto e, adicionalmente, deve conter metadados, os quais definem os atributos necessários para descrição completa do OA;
- **Interface (GUI):** responsável pela interação entre os usuários e o sistema. Geralmente é um ambiente gráfico (GUI - *Graphical User Interfaces*), que considera o tipo de recurso educacional quando se define a tecnologia a ser utilizada pelo sistema, e pode ser adaptada de diversas formas, de acordo com o contexto, características dos usuários, tipo de dispositivo etc. A interface oferece suporte aos papéis distintos dos usuários, ou seja, de acordo com a necessidade do sistema (ambientes de desenvolvimento, produção etc.);
- **Software:** para o contexto dessa tese, pode ser considerado como qualquer elemento do sistema, como linhas de código, diagramas UML, documentos

(p. ex., documento de requisitos), executáveis (p. ex., um protótipo executável), a própria Interface etc.

4.2.3 Avaliadores

Quanto aos avaliadores, com base nos elementos da arquitetura dos SWBES e nas competências exigidas aos usuários de um sistema educacional (BITTENCOURT, 2009; ASMAA; NAJIB, 2016), foram estabelecidos os seguintes papéis: autor, professor, tutor, estudante, gestor, engenheiro do conhecimento/ontologias e desenvolvedor, detalhados a seguir (BITTENCOURT, 2009; CAPUANO et al., 2009; AROYO; DICHEVA, 2004; RUY, 2006; KOSBA et al., 2007; SOUZA et al., 2008; BARCELLOS et al., 2013; BRAGLIA, 2014; ASMAA; NAJIB, 2016):

- **Autor:** responsável pelo desenvolvimento e estruturação do conteúdo educacional do sistema. As atividades a ele atribuídas são criar o conteúdo educacional, definir os processos instrucionais e proporcionar a adaptação e personalização do conteúdo. Além disso, é o responsável por fornecer acesso ao conteúdo pelos estudantes e deve proteger o conteúdo contra o uso não autorizado, além de prover a modificação e reutilização do conteúdo em diferentes contextos;
- **Professor:** seu papel é acompanhar as interações dos estudantes (resolução de problemas, avaliação etc) e configurar as estratégias de aprendizagem. Pode determinar os tipos de recursos educacionais (OA) que serão utilizados, entre outras atribuições;
- **Tutor** (ou mediador): deve monitorar e ajudar os estudantes a desenvolverem suas atividades no sistema. Sua atuação é fundamental no sistema, pois deve acompanhar os estudantes, mediar discussões e a realização das atividades solicitadas, além de motivar para que não abandonem o curso ou disciplinas. Pode também ser responsável pela correção das atividades no WES, e estimular a geração de conhecimento colaborativo;
- **Estudante:** é um dos principais usuários e deve interagir com o sistema com base em conteúdo educacional personalizado, com a finalidade de adquirir ou melhorar seu conhecimento e cumprir os objetivos de

aprendizagem propostos. O estudante deve zelar pelas informações acessadas por meio do sistema, por meio do sigilo de seu *login* e senha;

- **Gestor:** responsável pelo sistema na instituição, sua aquisição, atualização, segurança e uso adequado do mesmo pelos professores, estudantes, tutores e autores;
- **Desenvolvedor:** responsável pelo desenvolvimento do sistema, assim como pela adição de novas funcionalidades ou atualização necessárias. Em alguns casos, é o profissional que colabora para a construção de ontologias, por meio de ferramentas e auxílio dos engenheiros do conhecimento;
- **Engenheiro do Conhecimento** (ou de Ontologias): responsável pela estrutura e construção das ontologias, assim como pode ser responsável por modelar o conhecimento, auxiliado ou não pelo autor/especialista de domínio. É o profissional que possibilita que o conhecimento gerado no sistema seja compartilhado, reutilizado proporcionando armazenamento, recuperação e acesso às informações nos repositórios. Esse profissional toma decisões com base nas propriedades estruturais de uma determinada classe, e é responsável por formalizar e explicitar os conceitos dela.

Em seguida, após a definição artefatos e avaliadores, os fatores e subfatores foram subdivididos em questões, denominados critérios, que irão facilitar o processo de avaliação por parte dos avaliadores (em cada papel definido).

A próxima Seção apresenta os fatores, subfatores e critérios de qualidade, devidamente detalhados de acordo com o artefato e avaliador.

4.3 Instanciação dos fatores de qualidade

Nessa Seção, os fatores, subfatores e critérios de qualidade são instanciados para cada artefato e relacionados ao avaliador responsável, de acordo com a etapa 3 do desenvolvimento da abordagem (Figura 25). A segunda atividade dessa etapa 3 (Abordagem – modelo conceitual) é apresentada na Seção 4.3 e a terceira (validação da abordagem) é apresentada no Capítulo 6.

Figura 25. Etapa 3 do desenvolvimento da abordagem

Fonte: Autora (2017).

Para cada artefato, os fatores e subfatores de qualidade são instanciados em critérios de qualidade (questões), de modo que cada avaliador possa avaliar os artefatos definidos, de acordo com o papel que representa no SWBES.

4.3.1 Ontologia

Os fatores que serão avaliados para a ontologia são adaptabilidade, interoperabilidade, reusabilidade e usabilidade. O fator personalização não será avaliado, já que a ontologia é responsável por permitir a personalização dos recursos do sistema, mas não cabe avaliar a personalização da ontologia em si, mas sim como ela contribui para personalização dos demais artefatos.

Os avaliadores responsáveis pela avaliação do artefato ontologia serão, em conjunto, o **Engenheiro de Conhecimento/Ontologias e o Autor**. Ambos devem avaliar todos os fatores com relação a esse artefato, pois as competências de cada avaliador se complementam.

4.3.1.1 Adaptabilidade

O fator Adaptabilidade, para o artefato Ontologia, refere-se ao grau em que a ontologia pode ser adaptada para diferentes ambientes especificados (linguagens, níveis de expressão) sem a necessidade de aplicar ações ou significados além daqueles previstos para a ontologia em questão (DUQUE-RAMOS et al, 2014; GRUBER, 1995). Refere-se também ao grau em que a ontologia pode ser estendida e especializada, facilita a integração e adaptação de seus conceitos, sem a

necessidade de remover ou acrescentar axiomas (VRANDECIC, 2009). Relaciona-se ao esforço necessário para adicionar novas definições a uma ontologia, assim como definir novos termos na ontologia, para outros usos, de forma que não exija a revisão das definições existentes (GOMEZ-PEREZ, 2001; 2007).

Como exemplo, pode-se usar uma ontologia de matemática, com conceitos sobre Geometria Analítica - distância entre dois pontos. Quanto esforço é necessário para adaptar para o estudo da reta ou circunferência?

Com o intuito de facilitar a avaliação, o fator Adaptabilidade das ontologias está subdividido nos subfatores Extensibilidade e Flexibilidade.

A importância de se avaliar a “Extensibilidade” da Ontologia está relacionada ao fato de que esse artefato deve ser projetado para antecipar o uso de um vocabulário compartilhado, oferecer uma base conceitual para uma série de tarefas previstas. A representação da Ontologia deve ser trabalhada de modo que ela possa ser ampliada e especializada sem a necessidade de acrescentar novos axiomas.

Para avaliar esse subfator, os critérios definidos foram (MIZOGUCHI, 2003; DUQUE-RAMOS et al., 2013; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001; 2007); HLOMANI; STACEY, 2014; ENSAN; DU, 2013; RILEY, 2017; ROMANO, 2012):

1. O formalismo das ontologias modulares pode ser escalável para grande conjunto de termos e instâncias, sem necessidade de inserir novas regras, axiomas?;
 - a. **Como avaliar:** verificar a linguagem de representação utilizada. RDF Schema é definido como um formalismo para a estruturação de ontologias mais simples. OWL oferece formalismos mais expressivos e incluem suporte para axiomas e outras formas de relacionamentos entre os conceitos já que são incluídas descrições de classes, propriedades e suas instâncias. Assim, atribua uma nota entre 0 e 5, de acordo com a forma de representação.
2. Novos dados e informações adicionadas à ontologia não prejudicam os regimes de dados e informações já existentes, nem as relações estabelecidas?;
 - a. **Como avaliar:** a nota deve ser maior se a ontologia estiver representada em OWL, OWL2 (4 a 5) e menor para as outras formas de representação (0 a 3).

3. O conjunto de conceitos definidos permite definições futuras de subclasses a partir deles?
 - a. **Como avaliar:** a nota deve ser maior se a ontologia estiver representada em OWL, OWL2 (4 a 5) e menor para as outras formas de representação (0 a 3).

Com relação à “Flexibilidade”, a relevância da avaliação do subfator é justificada porque, se a Ontologia é flexível, ela permite a adaptabilidade dos conceitos e definições para outros contextos e domínios. Nesse sentido, os critérios utilizados para avaliar esse subfator foram (QUEIROZ, 2015; ROMANO, 2012; RADULOVIC et al., 2015; BANDEIRA, 2015);

4. A ontologia pode ser utilizada para outros domínios sem que sejam alteradas as atuais definições e conceitos (ou poucas alterações)?
 - a. **Como avaliar:** atribuir nota de 0 a 5, de acordo com a facilidade de utilização sem necessidade de alterações ou inclusão de novos conceitos.
5. Os dados e informações da ontologia podem ser facilmente manipulados e aplicados em diferentes tarefas e domínios?
 - a. **Como avaliar:** a nota deve ser maior se a ontologia estiver representada em OWL, OWL2 (4 a 5) e menor para as outras formas de representação (0 a 3).

Para esse artefato, o subfator “Portabilidade” não será avaliado, pois as Ontologias são artefatos que dão suporte aos sistemas (independentemente da plataforma, sistema operacional, dispositivo, linguagem) e, portanto, não cabe avaliar sua portabilidade.

4.3.1.2 Interoperabilidade

O fator Interoperabilidade da Ontologia está relacionado à habilidade de duas ou mais ontologias interagirem e intercambiarem dados de acordo com um método definido, de forma que seja possível economizar tempo e recursos do sistema. Refere-se ao grau em que a ontologia está definida para facilitar a interação entre os sistemas educacionais ou entre cursos/disciplinas, por meio dos conceitos e relações nela estabelecidos, além de garantir a comunicação entre sistemas. Esse fator se refere

também à agregação e uso de metadados para “carregar” informação e conhecimento junto aos dados de modo que seja possível o compartilhamento e troca dessas informações entre as ontologias, de modo que a interoperabilidade seja possível e facilitada (MIZOGUCHI, 2003; SOLODOVNIK, 2010; DUQUE-RAMOS et al., 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; RADULOVIC et al., 2015). ENSAN; DU, 2013; HLOMANI; STACEY, 2014; ROMANO, 2012; BITTENCOURT, 2009; ROHRER et al., 2010; RILEY, 2017; BANDEIRA, 2015; DUTTA, 2015; 2016).

Para facilitar a avaliação do fator Interoperabilidade da Ontologia, definiu-se três subfatores: Adequação aos padrões, Disponibilidade e Qualidade dos metadados.

O uso de padrões é essencial para permitir que a interoperabilidade entre duas ou mais ontologias e, para verificar o subfator “Adequação aos padrões”, o critério definido foi:

6. Foram utilizados padrões no desenvolvimento da Ontologia?
 - a. **Como avaliar:** verificar se a Ontologia está desenvolvida de acordo com os padrões internacionais (W3C - OWL, RDF, RDFS, XML etc.). Se não for utilizado nenhum padrão, nota 0. Se algum padrão for identificado, atribuir nota entre 1 e 5.

Além disso, é preciso que a ontologia esteja disponível e acessível para que a interoperabilidade seja possível 24X7 (24h por dia). Assim, o critério para avaliar o subfator “Disponibilidade” é:

7. A ontologia está disponível 24X7 (tempo, custo, direitos autorais etc.)?
 - a. **Como avaliar:** verificar se i) a ontologia está disponível 24h/dia, 7 dias/semana; ii) o custo ou licença para usar a ontologia é acessível (se tiver algum custo e for alto, por licença ou não, inviabiliza seu acesso e uso); iii) não é necessário registro da comunidade para acesso à ontologia (ou se há processos de controle para acessar o código da ontologia, como direito autoral, propriedade intelectual etc.). Se a resposta para os itens i, ii, iii forem SIM, a nota deve ser 5. Se for NÃO para todos os itens, a nota deve ser 0. Senão, atribua nota entre 1 e 4.

Por fim, o subfator “Qualidade metadados” deve verificar se os metadados, cuja função é deixar claros e explícitos os conceitos e vocabulário da ontologia e, além

disso, devem ser simples, padronizados e possíveis de serem estendidos a outras ontologias e, assim, permitirem que elas interoperem e troquem informações, deve ser avaliado pelo critério:

8. Os metadados possuem um conjunto mínimo de elementos balanceados entre necessidade e suficiência? São claros (os elementos de metadados devem ser bem definidos e devem ser providas descrições claras), simples (o vocabulário deve ser fácil de usar), extensíveis e padronizados?

- a. **Como avaliar:** verificar se foram fornecidas definições, história e qualquer documentação do mapeamento disponível para a ontologia. Também é importante distinguir restrições ou conceitos que são definitivos e aqueles que são específicos de um domínio. O uso específico do domínio e detalhes de “como fazer” para uso aplicações de inferência ou análise de dados é importante. A documentação dos pressupostos, requisitos, escopo, a intenção, casos de uso, história do conceito na ontologia está disponível. Verificar se os princípios definidos para garantir a qualidade dos metadados estão satisfeitos:

- i) Brevidade: o vocabulário deve consistir de um conjunto mínimo de elementos balanceados entre necessidade e suficiência.
- ii) Clareza: os elementos de metadados devem ser bem definidos e devem ser providas descrições claras.
- iii) Simplicidade: o vocabulário deve ser fácil de usar
- iv) Autoridade: o projeto do vocabulário deve ser baseado em uma metodologia sólida no sentido de que a inclusão de termos seja justificada.
- v) Padronização: os nomes dos elementos devem ser padronizados. Para confirmar a padronização, elementos individuais devem ser mapeados com o vocabulário padrão.
- vi) Extensibilidade: o vocabulário deve ser extensível.

Assim, se nenhum desses princípios for identificado nos metadados da ontologia, nota será 0. Se todos os princípios estiverem presentes, nota 5. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

4.3.1.3 Reusabilidade

Pode-se compreender o fator Reusabilidade da Ontologia como a extensão em que a confiabilidade e a velocidade no desenvolvimento de uma ontologia e sistema poderiam ser aumentadas por meio de uma ontologia já existente, para desenvolver uma outra ontologia ou sistema de informação baseado em conhecimento. Para que o reúso seja possível é necessário compreender, inicialmente, o domínio e suas questões de competência, pois uma das causas para falha do reúso pode ser atribuída à falta de conhecimento dos requisitos e conceitos relacionados a eles, ou seja, existem ontologias que podem ser reutilizadas, mas os potenciais interessados as desconhecem ou não as reconhecem como tal (OBRST et al., 2014).

Há várias razões que podem explicar a dificuldade em reutilizar ontologias. Um exemplo é que, a reusabilidade (tanto de partes ou da ontologia inteira) pode funcionar somente quando existe alguma correspondência entre o objetivo do usuário que irá reusar a ontologia e o objetivo da própria ontologia existente (DUTTA et al., 2015).

Assim, segundo Mizoguchi (2003), se por um lado as ontologias de domínio definem um vocabulário de termos comuns para o reúso e compartilhamento das informações de um domínio específico, nas ontologias de tarefas, o compartilhamento e o reúso dos termos no vocabulário é associado à resolução de problemas, independente do domínio.

De maneira geral, as ontologias de domínio e de tarefas são desenvolvidas mediante a especialização de termos definidos nas ontologias de alto nível. As ontologias de aplicação dependem das ontologias de domínio e de tarefas, já que descrevem conceitos dependentes de um domínio e tarefas particulares associadas à resolução de um problema. Os conceitos definidos nessas ontologias correspondem a papéis desempenhados pelas entidades no domínio, enquanto uma determinada atividade é efetuada. Estas ontologias são frequentemente descritas, mediante especializações das ontologias de domínio e de tarefa (MIZOGUCHI, 2003).

Nesse contexto, os subfatores definidos para avaliar o fator Reusabilidade da Ontologia são: Acuracidade, Adequação aos padrões, Consistência, Disponibilidade, Documentação, Eficiência, Estrutura de metadados, Flexibilidade, Granularidade, Modularidade, Qualidade metadados e Rastreabilidade. Cada subfator será avaliado por meio de critérios que possibilitem simplificar o processo para o avaliador (DUQUE-RAMOS et al., 2014; GRUBER, 1995; VRANDECIC, 2009; GÓMEZ-PÉREZ, 2001;

2007); RADULOVIC et al., 2015; ENSAN; DU, 2013; HLOMANI; STACEY, 2014; ROMANO, 2012; BITTENCOURT, 2009; ROHRER et al., 2010; SOLODOVNIK, 2010; RILEY, 2017; BANDEIRA, 2015).

A “Acuracidade” é um subfator que contribui para avaliar se as definições e descrições das classes, propriedades e conceitos estão claros, corretos, isentos de erros e completos, de modo que a reusabilidade da ontologia seja possível. Para avaliar esse subfator, foram definidos os critérios:

9. A distância semântica entre conceitos irmãos é a menor possível?
 - a. **Como avaliar:** verificar se os conceitos similares são representados perto uns dos outros, enquanto os menos similares são representados separadamente, por meio da verificação da estrutura da ontologia. Se estiverem perto, nota 5. Senão, atribua nota entre 0 e 4.
10. Os dados/informações da ontologia estão corretos, isentos de erros e confiáveis?
 - a. **Como avaliar:** verifique se as classes e propriedades da ontologia estão escritas de forma entendíveis e escritas corretamente (de acordo com o português ou outro idioma utilizado). Se a ontologia estiver muito difícil de entender lendo os conceitos, a nota será automaticamente 0. Se houver alguns erros ou mistura de idiomas, dê uma nota entre 1 e 4. Se a ontologia estiver bem escrita, nota 5.
11. A ontologia está completa?
 - a. **Como avaliar:** verifique se existe algum documento que explique as competências da ontologia. Se não existir, a nota será automaticamente 0. Se existir, verifique i) se define o objetivo da ontologia (por ex: esta ontologia modela o domínio de...); ii) se define o público alvo da ontologia (por ex: esta ontologia será utilizada por...); iii) se define cenários de uso desta ontologia (ou seja, em que situações ela deve ser utilizada); e iv) se a ontologia responde o que foi definido nas competências. Se i, ii, iii e iv forem satisfeitos, a nota será 5. Senão atender a nenhuma alternativa, a nota será 1. E assim, por diante, se atender 3 alternativas, nota 4, 2 alternativas a nota será 3 e se atender somente 1 alternativa, a nota será 2

12. Os conceitos e relacionamentos das ontologias estão claros?

- a. **Como avaliar:** verifique se não há ambiguidade entre os conceitos e relacionamentos definidos na ontologia, se há duas definições distintas para o mesmo conceito representado. Se não houver nenhuma ambiguidade, a nota deve ser 5. Se houver ambiguidades, atribuir nota entre 1 e 4. Se muitas ambiguidades forem identificadas, nota 0.

13. As definições são objetivas e independentes do contexto?

- a. **Como avaliar:** verifique se os conceitos definidos são dependentes de um contexto específico. Se sim, nota 0. Se não, verifique se as definições são completas. Se estiverem completas e independentes do contexto, nota será 5. Senão, atribuir uma nota entre 1 e 4.

O uso de padrões é essencial para permitir a reusabilidade da ontologia. Assim, para avaliar o subfator “Adequação aos padrões”, o critério utilizado deve ser:

14. Foram utilizados padrões no desenvolvimento da Ontologia?

- a. **Como avaliar:** verificar se a Ontologia está desenvolvida de acordo com os padrões internacionais (W3C - OWL, RDF, RDFS, XML etc.). Se não for utilizado nenhum padrão, nota 0. Se algum padrão for identificado, atribuir nota entre 1 e 5.

Com relação ao subfator “Consistência”, que se refere à ontologia estar coerente com o domínio, sem redundâncias, com as devidas anotações para entendimento por agentes humanos e computacionais, e devidamente documentada, os critérios que devem ser considerados são:

15. A ontologia é de Domínio, Tarefa, Aplicação ou Topo (alto nível)?

- a. **Como avaliar:** com relação ao tipo da ontologia, a que possibilita maior reusabilidade é, na ordem, Ontologia de Tarefa e Ontologia de Domínio. Assim, atribua nota 5 para Ontologia de Tarefa, 4 para Ontologia de Domínio, 3 para Ontologia de Aplicação e 2 para Ontologia Topo (alto nível). Se não for possível determinar o tipo da ontologia, a nota deve ser 0 (zero).

16. As propriedades da ontologia são coerentes com o domínio?

- a. **Como avaliar:** verifique se as classes e propriedades estão de

acordo com o domínio modelado. Se a ontologia apresentar muitas incoerências (por exemplo, se uma ontologia que modela o conceito caderno descrever uma classe “roda” e uma propriedade aroDezessete (do domínio de bicicleta ou carro) não está coerente, pois esses conceitos não pertencem ao domínio caderno) a nota será automaticamente 0. Se houverem algumas incoerências, dê uma nota entre 1 e 4. Se não houver nenhuma incoerência, nota deve ser 5.

17. Existem axiomas redundantes?

- a. **Como avaliar:** verifique se existem classes e propriedades que modelam a mesma coisa num mesmo sentido (por exemplo, utilizar “tela” para artes e para computador ao mesmo tempo etc). Se a ontologia estiver repleta de redundâncias, a nota será automaticamente 0. Se houverem algumas redundâncias, dê uma nota entre 1 e 4. Se não houver nenhuma redundância, nota 5.

18. O entendimento da modelagem é fácil (documentação, escrita e anotações em expressão humana)?

- a. **Como avaliar:** verificar se existem anotações que trazem a definição dos conceitos modelados na ontologia. Pode-se utilizar uma ferramenta de modelagem de ontologias para isso (por exemplo, a “Protege”). Se não existir nenhuma anotação, a nota será automaticamente 0. Se houverem algumas anotações, dê uma nota entre 1 e 4. Se todos os conceitos possuem anotações, nota 5.

Para o subfator “Disponibilidade”, que se refere ao fato de que a Ontologia deve estar disponível 24X7 (24h por dia), o critério definido é:

19. A ontologia está disponível (tempo, custo, direitos autorais etc.)?

- a. **Como avaliar:** verificar se i) a ontologia está disponível 24h/dia, 7 dias/semana; ii) o custo ou licença para usar a ontologia é acessível (se tiver algum custo e for alto, por licença ou não, inviabiliza seu acesso e uso); iii) não é necessário registro da comunidade para acesso à ontologia (ou se há processos de controle para acessar o código da ontologia, como direito autoral, propriedade intelectual etc.). Se a resposta para os itens i, ii, iii forem SIM, a nota deve ser

5. Se for NÃO para todos os itens, a nota deve ser 0. Senão, atribua nota entre 1 e 4.

A “Documentação” da Ontologia é outro subfator importante para o fator Reusabilidade, pois descreve e informa aos usuários os detalhes necessários para que possa ser usada em outros contextos e domínios. Para avaliar a documentação, se definiu o critério:

20. A documentação da ontologia condiz com a modelagem da ontologia?

- a. **Como avaliar:** se a documentação não existir, a nota deve ser 0. Se a documentação existir, verifique i) se os termos escritos na documentação estão iguais ao da modelagem; ii) se os termos escritos na documentação justificam os detalhes da modelagem. Se os itens i e ii forem totalmente satisfeitos, atribua nota 5. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

Para avaliar o subfator “Eficiência” é necessário investigar se os mecanismos de inferência, que são responsáveis pela "inteligência" a partir dos dados da ontologia estão definidos e possuem bom desempenho. Desse modo, o critério que será usado é:

21. O desempenho dos raciocinadores é adequado, com respostas eficientes e rápidas?

- a. **Como avaliar:** verifique se o raciocinador está executando de forma rápida. Se ele chega a travar algo, a nota será automaticamente 0. Se houver uma demora, dê uma nota entre 1 e 4. Se executar de forma rápida, nota 5.

O formato e estrutura dos metadados possibilitam maior ou menor índice de reusabilidade da ontologia. Portanto, para avaliar o subfator “Estrutura de metadados” estabeleceu-se o critério:

22. Os metadados possuem formato Simples, Estruturado ou Rico? (a nota deve aumentar se forem mais próximos do Rico. Se forem simples, a nota deve ser menor)

- a. **Como avaliar:** se os metadados não possuem nenhum formato, atribua nota 0. Se os metadados possuem Formatos Simples (são

formatos de metadados com dados não-estruturados, cuja recuperação é feita de modo automático, gerados por robôs, apresenta na maioria das vezes uma semântica reduzida), atribua nota 1 a 2. Se os Formatos forem Estruturados (são formatos de metadados mais estruturados baseados em normas emergentes e que proporcionam uma descrição mais clara do recurso por proporcionar o armazenamento da informação em campos, facilitando assim a recuperação do recurso. Nessa categoria começa a ser inserido a ajuda de especialistas em informação. Como exemplo dessa categoria podemos citar o padrão Dublin Core), atribua nota 3 a 4. Se os Formatos dos metadados forem Ricos (são formatos de metadados mais complexos, com alto grau de descrição, baseados em normas especializadas e códigos específicos. Seu alto nível de especificidade possibilita a descrição ideal de recursos, sendo eles individuais ou pertencentes a coleções em um repositório, facilitando assim sua localização. Como exemplo dessa categoria podemos citar o formato MARC), atribua nota 5

Com relação ao subfator “Flexibilidade”, é necessário verificar se é possível utilizar a ontologia em contextos diferentes dos quais ela foi projetada. Assim, o critério para avaliar esse subfator foi:

23. A ontologia pode ser utilizada para outros domínios com pouco esforço, ou seja, sem que sejam alteradas as atuais definições e conceitos (ou poucas alterações)?
 - a. **Como avaliar:** a nota deve ser maior se a ontologia estiver representada em OWL, OWL2 (4 a 5) e menor para as outras formas de representação (0 a 3).

O subfator “Granularidade” está relacionado ao tamanho dos blocos e módulos da ontologia. Quanto menores, maior a chance de reuso. Então, para esse subfator, o critério será:

24. O tamanho dos módulos da ontologia contribui para que possam ser reutilizadas em domínios diferentes (menor possível)?
 - a. **Como avaliar:** verificar o tamanho dos módulos e atribuir nota entre

0 e 5, sendo que a nota deve ser zero para módulos grandes (que envolvem outros módulos menores) e 5 para as que forem representadas em módulos mínimos.

Para avaliar o subfator “Modularidade” é necessário investigar se a ontologia foi desenvolvida em módulos distintos e independentes e, para tanto, definiu-se o critério:

25. A ontologia está constituída em módulos que podem ser compreendidos por outras ontologias e outros módulos?
 - a. **Como avaliar:** verificar se há divisão da ontologia em módulos ou se está construída num único bloco e atribuir nota 0 a 5, de acordo com a modularidade observada.

Com relação ao subfator “Qualidade metadados”, é importante que os conceitos e vocabulário da Ontologia estejam claros e explícitos, sejam simples, padronizados e possíveis de serem estendidos a outros contextos e sistemas, facilitando o reuso. Da mesma forma que para o fator Interoperabilidade, o critério definido para avaliar esse subfator foi:

26. Os metadados possuem um conjunto mínimo de elementos balanceados entre necessidade e suficiência? São claros (os elementos de metadados devem ser bem definidos e devem ser providas descrições claras), simples (o vocabulário deve ser fácil de usar), extensíveis e padronizados?
 - a. **Como avaliar:** verificar se foram fornecidas definições, história e qualquer documentação do mapeamento disponível para a ontologia. Também é importante distinguir restrições ou conceitos que são definitivos e aqueles que são específicos de um domínio. O uso específico do domínio e detalhes de “como fazer” para uso aplicações de inferência ou análise de dados é importante. A documentação dos pressupostos, requisitos, escopo, a intenção, casos de uso, história do conceito na ontologia está disponível. Verificar se os princípios definidos para garantir a qualidade dos metadados estão satisfeitos:
 - i) Brevidade: o vocabulário deve consistir de um conjunto mínimo de elementos balanceados entre necessidade e suficiência.

- ii) Clareza: os elementos de metadados devem ser bem definidos e devem ser providas descrições claras.
 - iii) Simplicidade: o vocabulário deve ser fácil de usar
 - iv) Autoridade: o projeto do vocabulário deve ser baseado em uma metodologia sólida no sentido de que a inclusão de termos seja justificada.
 - v) Padronização: os nomes dos elementos devem ser padronizados. Para confirmar a padronização, elementos individuais devem ser mapeados com o vocabulário padrão.
 - vi) Extensibilidade: o vocabulário deve ser extensível.
- Assim, se nenhum desses princípios for identificado nos metadados da ontologia, nota será 0. Se todos os princípios estiverem presentes, nota 5. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

Por fim, o subfator “Rastreabilidade” é relevante para tornar explícito o endereço (URI) da Ontologia, e possibilite seu reuso. Assim, definiu-se o critério:

27. A URI está explícita e é válida? O nome é coerente com o conteúdo da ontologia?
- a. **Como avaliar:** verificar se i) o URI da ontologia está explícito; ii) o URI para a ontologia é válido; iii) o “nome” atribuído à ontologia tem relação com o domínio a que se refere (não pode ser um nome estranho ao domínio, área). Se a resposta para os itens i, ii, iii forem SIM, a nota deve ser 5. Se for NÃO para todos os itens, a nota deve ser 0. Senão, atribua nota entre 1 e 4.

4.3.1.4 Usabilidade

O fator Usabilidade da Ontologia tem o intuito de examinar a lógica, construção, consideração prática a respeito dos metadados e anotações da ontologia, com foco no reconhecimento, eficiência (computacional e / ou econômica) e a interface. O nível de reconhecimento se baseia na documentação completa e dos regimes de acesso. A eficiência é medida a partir da divisão adequada dos recursos ontológicos e anotação adequada para cada um deles. Com relação à interface, deve-se verificar as anotações em termos de *design*, mas, principalmente, a conformidade com

padrões como o OWL e o RDFa (MURDOCK et al., 2013; MIZOGUCHI, 2003; GANGEMI et al., 2006; ENSAN; DU, 2013; ROMANO, 2012; VRANDECIC, 2009).

Os subfatores definidos foram a Eficiência e Adequação aos padrões. Desse modo, para avaliar o subfator “Eficiência” definiu-se o critério:

28. A arquitetura organizacional, o (complexo) *middleware* de aplicação, as propriedades comerciais, o custo, a acessibilidade, o esforço de desenvolvimento da ontologia contribui com a eficiência do sistema?

- a. **Como avaliar:** atribua nota 5 se todos os itens solicitados forem atendidos, ou seja, arquitetura, middleware, custo, acessibilidade, esforço, propriedades adequadas. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

29. A ontologia inclui anotações e metadados?

- a. **Como avaliar:** atribua nota 5 se incluir anotações e metadados completos. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

Com relação ao subfator “Adequação aos padrões”, deve-se verificar o nível de detalhamento, integridade, confiança nos conceitos da ontologia, por meio do critério:

30. Foram utilizados padrões no desenvolvimento da ontologia?

- a. **Como avaliar:** verificar se a Ontologia está desenvolvida de acordo com os padrões internacionais (W3C - OWL, RDF, RDFS, XML etc.). Se não for utilizado nenhum padrão, nota 0. Se algum padrão for identificado, atribuir nota entre 1 e 5.

31. A ontologia contém informações sobre propriedades estruturais, funcionais ou orientadas para o usuário do sistema?

- a. **Como avaliar:** verificar se a Ontologia contém propriedades estruturais, funcionais ou orientadas ao usuário. Se não for identificada nenhuma propriedade, nota 0. Se alguma propriedade for identificada, atribuir nota entre 1 e 5.

32. As propriedades estão orientadas para o ciclo de vida, tais como a autoria, preço, versão, implantação organizacional, interface?

- a. **Como avaliar:** verificar se as propriedades estão orientadas ao ciclo de vida. Se não se identificar propriedade, nota 0. Se alguma propriedade for identificada e estiver relacionada ao ciclo de vida de alguma forma, atribuir nota entre 1 e 5.

4.3.2 Objeto de Aprendizagem (OA)

Os fatores que serão avaliados para o OA são Adaptabilidade, Interoperabilidade, Reusabilidade, Personalização e Usabilidade. Os avaliadores responsáveis pela avaliação do artefato OA serão, em conjunto, o **Engenheiro de Conhecimento/Ontologias E o Autor** para os fatores Adaptabilidade, Interoperabilidade, Reusabilidade, além dos subfatores “Anotação semântica”, “Colaboração” e “Feedback”, do fator Personalização. Para avaliar o subfator “Interação/Comunicação” do fator Personalização, assim como do fator Usabilidade, os avaliadores que serão considerados são o **Professor, Tutor, Estudante ou Gestor**.

4.3.2.1 Adaptabilidade

Esse fator representa a potencialidade de um OA ser ajustado e utilizado por qualquer sistema educacional e não somente aquele para o qual foi desenvolvido. Refere-se ao grau de configuração do OA, ou seja, quando o OA possui parâmetros de configuração, sua adaptabilidade é maior (por exemplo: um polígono onde os lados e os ângulos podem ser configuráveis de acordo com a necessidade do sistema, em triângulo, hexágono, pentágono). Está relacionado à flexibilidade do OA em termos de conteúdo, da situação pedagógica, ou seja, um mesmo OA pode atender a uma variedade de situações pedagógicas, desde que seja desenvolvido de modo que possa ser configurado (ZIMMERMANN et al. 2007; MENDES et al., 2004; WOLL, 2011; REZENDE et al., 2014; FLEISCHMANN, 2012; EHLERS; PAWLOWSKI, 2006; CAMPOS, 2001; QUEIROZ, 2015; REZENDE, 2013; LEACOCK; NESBIT, 2007; SANTACHE et al., 2007; BRUNSTREIN, 2007; KURILOVAS; DANGIENE, 2009; PRESSMAN, 2011; SOMMERVILLE, 2011).

Para que seja possível avaliar o fator Adaptabilidade do OA, foram estabelecidos os subfatores Extensibilidade, Flexibilidade e Portabilidade.

O subfator “Extensibilidade” está relacionado à ampliação do uso do OA por qualquer sistema educacional e não somente aquele para o qual foi desenvolvido, mediante mínimas alterações e ajustes. Assim, o critério para avaliar foi definido como:

1. É possível utilizar o OA em outra disciplina, curso ou sistema educacional, com poucas ou nenhuma alteração (ampliar seu uso)?

- a. **Como avaliar:** verificar se o OA pode ser utilizado em outro sistema sem nenhum ajuste ou alteração. Se não for possível, nota zero. Se for, de acordo com o grau de facilidade, atribua nota entre 1 e 5.

Outro subfator, a “Flexibilidade” se refere ao uso do OA em outros sistemas, contextos, disciplinas, cursos, situações pedagógicas, mediante a configuração do OA. O critério definido é:

2. O OA pode ser usado em outros sistemas, cursos, disciplinas, situações pedagógicas por meio de sua configuração?
 - a. **Como avaliar:** verificar se é possível utilizar o OA mediante configuração simples. Se não for, nota zero. Se for possível, de acordo com a facilidade para isso, atribua nota entre 1 e 5.

Quanto ao subfator “Portabilidade”, refere-se à possibilidade de se utilizar o mesmo OA nos mais diversos dispositivos, sistemas e navegadores Web. Assim, o critério usado para avaliar é:

3. O OA pode ser utilizado em outros dispositivos, sistemas operacionais e navegadores sem necessitar alterações ou ajustes?
 - a. **Como avaliar:** verificar o grau em que o OA pode ser utilizado em outros dispositivos, navegadores. Se funcionar somente naquele para o qual foi desenvolvido, nota zero. Senão, atribua nota entre 1 e 5.

4.3.2.2 Interoperabilidade

O fator Interoperabilidade do OA se refere à possibilidade de sua utilização, independentemente das plataformas envolvidas, ou repositório, sistema operacional e navegador Web. Também está relacionado ao grau de conformidade do OA com os padrões de acessibilidade do W3C e ao grau em que os metadados são corretos, claros, não ambíguos na definição do OA, de forma que possa ser armazenado em repositórios, encontrado e recuperado por outros sistemas do mesmo domínio ou domínio diferentes. Assim, a capacidade de utilização de uma linguagem, padrão ou protocolo comum no desenvolvimento do OA, independente do dispositivo, possibilita que um mesmo conteúdo (OA) possa ser utilizado em diferentes ambientes e sistemas

(BORDIGNON et al., 2009; KURILOVAS; SERIKOVIENE, 2010; WOLL, 2011; KURILOVAS, 2009; KURILOVAS; DANGIENE, 2009; SANZ-RODRIGUEZ et al., 2010; HAASE, 2005; BRAGA, 2015; RIOS et al., 2009; ROMO et al., 2013).

Foram definidos os subfatores “Adequação aos padrões” e “Qualidade de metadados” para facilitar a avaliação do fator Interoperabilidade para o OA.

O subfator “Adequação aos padrões” é importante pois o uso de padrões é essencial para garantir a interoperabilidade entre os OAs. Desse modo, o critério definido foi:

4. Foram utilizados padrões no desenvolvimento do OA (IEEE-LOM, UK-LOM, IMS, IEEE-LTSC, SCORM)?
 - a. **Como avaliar:** verificar se o OA foi construído de acordo com os padrões Web, Engenharia de Software, Web Semântica e Educação (W3C, IEEE LOM, IEEE LTSC, ISO/IEC JTCl, IMS QTI and CP, WCAG etc.). Se não for utilizado nenhum padrão, nota 0. Se algum padrão for identificado, atribuir nota entre 1 e 5.

De modo complementar, a “Qualidade metadados” também deve ser verificada pois os metadados tem a função de deixar claros e explícitos os OAs, devem ser simples, padronizados e possíveis de serem estendidos a outros contextos e sistemas para que possam interoperarem entre si. Assim, o critério definido para avaliar esse subfator foi:

5. Foram utilizados padrões nos metadados que descrevem os OAs?
 - a. **Como avaliar:** verificar se o metadado segue um dos padrões definidos (p. ex. LOM, IMS, IEEE/LTSC etc.). Se não, nota 0. Se sim, verificar se as regras do padrão utilizado para descrever o metadado foram todas respeitadas. Se sim, nota 5. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.
6. Os metadados estão claros, consistentes, completos, coerentes com o conteúdo dos OAs?
 - a. **Como avaliar:** verificar se o metadado está completo, ou seja, o metadado indica seu uso para o padrão especificado e todos os campos obrigatórios definidos pelo padrão utilizado estão preenchidos; se o metadado é facilmente compreendido, se o título e descrição estão coerentes com conteúdo e atribuir nota entre 0 e 5.

4.3.2.3 Personalização

O fator Personalização está relacionado ao grau em que OA está adaptado às necessidades da instituição ou alunos e professores (linguagem, *design* etc.) e também ao grau em que cada usuário tem sua própria visão do sistema educacional por meio do OA apresentado a ele. Esse fator se refere à facilidade da realização de busca e recuperação de dados do contexto do OA a partir dos repositórios, assim como à facilidade de anotação do conteúdo do OA, ou seja, a anotação semântica por meio de ontologias, de todos os conteúdos usados e gerados durante o processo de aprendizagem (não somente das lições, mas das mensagens trocadas entre os estudantes durante as interações em fóruns, chats etc.). O fator se refere à geração de *feedback* a partir dos dados de contexto do OA e do conteúdo de aprendizagem anotado, além da facilidade de recuperação do *feedback*, ou seja, recuperar o *feedback* gerado anteriormente e armazenado em repositórios próprios, a partir de uma requisição realizada pelo usuário por um *feedback* específico (JOVANOVIC et al., 2006; 2008; LEACOCK; NESBIT, 2007; MORAL; CERNEA, 2005; MADHURA, 2012; ELLER, 2008; ROMO et al., 2013; FONTES, 2011; O'HARA; HALL, 2009; TEIXEIRA, 2013; WOLL, 2011; BRAGA, 2015).

De modo que se possa avaliar o fator Personalização do OA, os subfatores Anotação semântica, Colaboração, Feedback e Interação/Comunicação foram estabelecidos. Assim, tem-se que a “Anotação semântica” do OA, por meio da ontologia do usuário definida, possibilita personalização e pode ser avaliada pelo critério:

7. A ontologia do usuário está definida, acessível, as interações entre usuários estão sendo armazenadas na ontologia?
 - a. **Como avaliar:** verificar se os dados anotados e armazenados no OA permitem que cada usuário tenha sua visão do sistema educacional. Para isso, verificar se existe ontologia do usuário. Se sim, verificar se ela permite armazenar e recuperar informações dos OA para cada usuário e aí a nota será 5. Senão, nota 0. Se permitir armazenar, mas não recuperar ou vice-versa, ou ainda, as anotações não estiverem claras ou completas, atribuir nota entre 1 e 4.

O subfator “Colaboração” permite que diversos usuários compartilhem os OAs. O critério utilizado para avaliar será:

8. Há repositórios para armazenar os OA e disponibilizar para que sejam recuperados por outros sistemas e usuários?
 - a. **Como avaliar:** verificar se há repositórios de OA no sistema, se estão disponíveis e acessíveis por outros sistemas e usuários. Se sim, nota 5. Senão, nota 0. Se existirem, mas nem sempre estiverem disponíveis ou acessíveis, atribuir nota entre 1 e 4.

Para avaliar o subfator “*Feedback*”, por meio do qual o processo de ensino e aprendizagem pode ser personalizado de acordo com a necessidade de cada usuário, foi definido o critério:

9. O sistema permite gerar, armazenar, recuperar *feedback* para o OA em questão (ou seja, os repositórios são adequados e preparados para armazenar os *feedbacks*?)
 - a. **Como avaliar:** verificar se o sistema permite gerar, armazenar, recuperar *feedback* (por meio de repositórios ou ontologias) ao estudante durante sua interação com o AO. Se não permitir, nota zero. Se permitir, atribuir nota entre 1 e 5, de acordo com o tipo de repositório ou ontologias disponíveis.
10. O OA provê uma explicação consistente do porquê a resposta é incorreta ou demonstra de forma construtiva o porquê da resposta?
 - a. **Como avaliar:** se o OA oferece explicação consistente ao usuário de acordo com seu nível de acerto e perfil, atribuir nota 5. Senão, atribua nota entre 0 e 4.
11. O OA provê cada *feedback* positivo e reforça a confiança do estudante na realização de suas atividades no sistema?
 - a. **Como avaliar:** se o OA oferece resposta às atividades do estudante, e ainda, respostas que construtivas, atribuir nota 5. Senão, atribua nota entre 0 e 4.

Por fim, o subfator “Interação/Comunicação” é importante para a personalização pois determina o modo como acontece a comunicação e interação do

usuário com o OA. O critério para avaliá-lo foi definido como:

12. O sistema permite controle pelo usuário, ou seja, ele pode cancelar, avançar, voltar de acordo com sua segurança em relação ao OA em questão?
 - a. **Como avaliar:** verificar i) se o sistema permite que o usuário interrompa, cancele, suspenda, avance, continue, retroceda ou pause uma atividade possibilitando que o usuário avance somente se sentir-se seguro; ii) verificar se o sistema obedece às solicitações do usuário, ou seja, realiza somente o que for solicitado pelo usuário. Se i e ii forem verdade, nota 5. Se nem i nem ii forem verdade, nota 0. Senão, atribua nota entre 1 e 4.
13. O OA permite autonomia do estudante?
 - a. **Como avaliar:** verificar i) se o OA permite guiar o estudante para que possa aprender de forma menos rígida; ii) se o sistema de ajuda do OA estimula o estudante, dando sentido ao processo de aprendizagem; iii) se o OA possui opções de aprendizagem para estimular a estudante busca de novos conhecimentos, como tutoriais ou simulações; iv) se o OA possui um conjunto de estratégias pedagógicas que incentivam o estudante na construção do conhecimento. Se todas forem Sim, nota 5. Se nenhuma for Sim, nota 0. Senão, atribua nota entre 1 e 4.
14. O OA permite boa cognição e percepção do objetivo de aprendizagem pelo estudante?
 - a. **Como avaliar:** verificar i) se a filosofia pedagógica (instrutivista/ construtivista) do OA é percebida pelo estudante; ii) se o OA possui estratégias e procedimentos pedagógicos que facilitam a aprendizagem do estudante; iii) se o OA possui um sistema de ajuda ou uma tutoria em que o esforço cognitivo é adequado à compreensão do estudante e considera as diferenças cognitivas dele; iv) se o OA permite a construção do conhecimento em pares ou em grupos. Se todos forem sim, nota 5. Se nenhum for Sim, nota 0. Senão, atribua nota entre 1 e 4.

4.3.2.4 Reusabilidade

Outro fator importante para avaliar a qualidade do OA é Reusabilidade, que se refere ao grau de reutilização de OA em diversos sistemas e contextos diferentes. Representa a potencialidade de um OA ser usado em diferentes domínios e para diferentes propósitos na aprendizagem, não exclusivamente para o qual foi concebido. Quando o OA faz sentido por si só, sua reutilização é facilitada. Referências a outros OA podem impedir ou dificultar o reuso (quanto mais pré-requisitos são necessários, mais difícil será o reuso do OA em outro contexto). Esse fator está relacionado também ao grau de autonomia, granularidade, rastreabilidade, manutenibilidade e padronização do OA (KURILOVAS, 2009; KURILOVAS; DANGIENE, 2009; WOLL, 2011; PRATES; BARBOSA, 2003; QUEIROZ, 2015; BELCHIOR, 1997; SILVA; SANTACHÈ, 2008; ASSIS; ABAR, 2006; TAROUÇO, 2007; GLUZ; XAVIER, 2011; SANZ-RODRIGUEZ et al., 2010; HAASE, 2005; BRAGA, 2015).

Como forma de facilitar a avaliação do fator Reusabilidade, foram definidos 10 subfatores, a saber: Acuracidade, Adequação aos padrões, Consistência, Disponibilidade, Documentação, Estrutura de metadados, Flexibilidade, Granularidade, Qualidade metadados e Rastreabilidade.

O subfator “Acuracidade” está relacionado com o fato do OA estar completo, organizado logicamente, com informações detalhadas, descrições claras, referências, com sumário de suas atividades. Nesse sentido, para que possa ser avaliado, os critérios definidos foram:

15. As definições do OA estão completas, claras, sem erros e organizadas?

- a. **Como avaliar:** verificar i) se a definição do OA está completa e detalhada; ii) se o OA está logicamente organizado; iii) se não há erros de gramática ou grafia no AO; iv) se o OA possui título claro (que remeta ao objetivo e conteúdo dele). Se todos os itens forem satisfeitos, nota 5. Se o OA não atender nenhum item, nota 0. Senão, atribua uma nota de 1 a 4.

16. As referências e fontes foram citadas?

- a. **Como avaliar:** verificar se as fontes/referências são citadas e existem na seção de referências. Se não existirem, nota 0. Se existirem e estiverem completas, nota 5. Se existirem e estiverem incompletas, nota entre 1 e 4.

17. Há sumário das atividades do OA?

- a. **Como avaliar:** se o OA contém um sumário de todas as atividades de seu conteúdo, nota 5. Se não contém sumário, nota 0. Se contém, mas incompleto, nota entre 1 e 4.

O uso de padrões é essencial para permitir a reusabilidade da OA. Assim, o subfator “Adequação aos padrões”, será avaliado pelo critério:

18. Foram utilizados padrões no desenvolvimento do OA (IEEE-LOM, UK-LOM, IMS, IEEE-LTSC, SCORM)?

- a. **Como avaliar:** verificar se o OA foi construído de acordo com os padrões Web, Engenharia de Software, Web Semântica e Educação (W3C, IEEE LOM, IEEE LTSC, ISO/IEC JTCl, IMS QTI and CP, WCAG etc.). Se não for utilizado nenhum padrão, nota 0. Se algum padrão for identificado, atribuir nota entre 1 e 5.

Os critérios definidos para avaliar o subfator “Consistência” (responsável por garantir que o OA seja coerente com o domínio, sem redundâncias, com as devidas anotações para entendimento por agentes humanos e computacionais, e devidamente documentado), foram:

19. Há redundâncias ou ambiguidades na definição do OA?

- a. **Como avaliar:** verificar a consistência pedagógica do OA, se o conteúdo é coerente com o domínio de aplicação, se não há informação em duplicidade no OA. Se as condições forem satisfeitas, nota 5. Senão, nota entre 0 e 4.

20. O OA está devida e formalmente descrito para seu entendimento por agentes humanos e computacionais?

- a. **Como avaliar:** verificar se o conteúdo do OA está disponível em ontologias de modo formal, para que possa ser compreendido por agentes computacionais, além dos agentes humanos. Se não existir ontologia para representar o OA, nota 0. Senão, nota entre 1 e 5.

Outro subfator, Disponibilidade, importante para garantir a Reusabilidade do OA que precisa estar disponível 24X7 (24h por dia), deve ser avaliado pelos critérios:

21. Há restrições para acesso? Há custo ou licença para usar o OA (se tiver

algum custo e for alto, por licença ou não, inviabiliza seu acesso e uso)? É necessário algum registro ou acordo para acesso ou uso do OA?

- a. **Como avaliar:** verificar se não há nenhuma restrição para acesso ao OA, nota 5. Se há custo, valor de licença ou necessidade de registro para uso, atribua nota entre 1 e 4.

22. A URI do OA está explícita, válida e disponível?

- a. **Como avaliar:** verificar i) o URI do OA está explícito; ii) se o URI para o OA é válido; iii) qual o percentual de tempo que o OA está disponível para uso (entre 0 e 100%). Se i, ii, iii forem SIM, e percentual de tempo for entre 80 e 100%, nota 5. Se i, ii, iii forem NÃO, e percentual de tempo menor que 50%, nota 0. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

O subfator “Documentação” é importante porque fornece detalhes sobre como o OA foi desenvolvido, disponibilizado, armazenado para que seja utilizado em outros contextos e domínios. Para isso, o critério avaliado foi definido como:

23. A documentação do OA condiz com a modelagem?

- a. **Como avaliar:** se a documentação não existir, a nota deve ser 0. Se a documentação existir, verifique i) se os termos escritos na documentação estão iguais ao da modelagem; ii) se os termos escritos na documentação justificam os detalhes da modelagem. Se os itens i e ii forem totalmente satisfeitos, atribua nota 5. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

Para o subfator “Estrutura de metadados”, é importante verificar o formato e estrutura dos metadados, pois isso influencia num índice maior ou menor de reusabilidade do OA. A estrutura pode possuir 3 formatos: i) Formato Simples – é formato de metadados com dados não-estruturados, cuja recuperação é feita de modo automático, gerados por robôs, apresenta na maioria das vezes uma semântica reduzida; Formato Estruturado - é formato de metadados mais estruturado baseado em normas emergentes e que proporciona uma descrição mais clara do recurso por proporcionar o armazenamento da informação em campos, facilitando assim a recuperação do recurso. Nessa categoria começa a ser inserido a ajuda de especialistas em informação. Como exemplo dessa categoria podemos citar o padrão

Dublin Core; e Formato Rico - são formatos de metadados mais complexos, com alto grau de descrição, baseados em normas especializadas e códigos específicos. Seu alto nível de especificidade possibilita a descrição ideal de recursos, sendo eles individuais ou pertencentes a coleções em um repositório, facilitando assim sua localização. Como exemplo dessa categoria podemos citar o formato MARC. Assim, para avaliar esse subfator, o critério definido foi:

24. Os metadados possuem formato Simples, Estruturado ou Rico (quanto mais próxima a estrutura estiver do formato Rico, maior a possibilidade de reuso)?

- a. **Como avaliar:** se os metadados não possuem nenhum formato, atribua nota 0. Se os metadados possuem formatos simples, atribua nota 1 a 2; se os formatos forem estruturados, atribua nota 3 a 4; se os formatos dos metadados forem ricos, atribua nota 5.

O subfator “Flexibilidade” está relacionado ao uso do OA em outros sistemas, contextos, disciplinas, cursos, situações pedagógicas, mediante a configuração do OA. Assim, os critérios definidos foram:

25. OA contempla linguagem customizada ou currículos internacionais (OA atende currículos de diversos países, ou seja, se existe a tradução do OA para diversas línguas?)

- a. **Como avaliar:** verificar se o OA atende currículos de diversos países, ou seja, se existe a tradução do OA para diversas línguas. Se existir somente uma versão, em uma língua, nota 0. Se existir em outras línguas, atribua nota entre 1 e 5.

26. OA é independente do contexto?

- a. **Como avaliar:** verificar se o OA é independente do contexto para o qual foi desenvolvido, de forma que possa ser utilizado em outra disciplina, curso, instituição. Se sim, atribua nota 5. Se alguma dependência for identificada, atribua nota entre 1 e 4. Se o OA for específico para um contexto ou domínio, nota 0.

27. OA está representado numa ontologia?

- a. **Como avaliar:** verifique se o OA pode ser representado numa ontologia. Se sim e estiver representado numa ontologia, nota 5. Se não puder ser representado numa ontologia, ou seja, não há

elementos que descrevam, detalhem, expliquem o OA, nota 0. Se há alguma descrição, mas não está completa, nota entre 1 e 4.

Outro subfator, denominado “Granularidade” ou nível de autonomia do OA é fundamental para permitir seu reuso, pois quanto maior o tamanho e complexidade do OA, menor é a possibilidade de reuso em outros contextos e situações. Os critérios que devem ser avaliados para esse subfator são:

28. O tamanho do OA é o menor possível e sua complexidade é baixa?

- a. **Como avaliar:** verificar i) o tamanho do OA (número de bytes de um OA), quanto menor, mais fácil de ser reutilizado sem modificação (quanto maior o OA se torna, menos provavelmente ele poderá preencher todas as necessidades no novo contexto para o qual será transferido e mais provavelmente irá precisar de adaptação) – o tamanho depende ainda do formato do AO, uma vez que pode ser interpretado de forma diferente dependendo do tipo de conteúdo (p. ex. enquanto 2MB de texto simples seria considerado enorme, o mesmo tamanho em um vídeo seria considerado pequeno. Além disso, num vídeo, deve-se considerar também a resolução); ii) a complexidade do OA – quanto maior a complexidade, menor a chance de reuso e vice-versa; iii) tempo estimado para executar o OA deve ser o menor possível; iv) tempo para realizar o objetivo do OA deve ser o menor possível. Se i, ii, iii e iv forem verdade, nota 5. Se nenhum item for verdade, nota 0. Caso contrário, atribua uma nota entre 1 e 4.

29. O elemento visual do OA é "forte", ou seja, é possível compreender os objetivos de aprendizagem a partir do rótulo, ícone ou animação do OA?

- a. **Como avaliar:** verificar se o OA apresenta forte elemento visual que permite que os usuários compreendam o objetivo de aprendizagem dele (por ex.: OA deve ter pouco ou nenhum texto e incluir animações e simulações que são auto exploratórias ou ter apenas alguns rótulos de texto ou ícones e botões para iniciar ou parar). Se não existir elemento visual, nota 0. Se existir e for suficiente para cumprir o que os usuários precisam, nota 5. Senão, atribua nota entre 1 e 4.

Com relação ao subfator “Qualidade metadados”, é preciso considerar que os metadados tem a função de deixar claros e explícitos os conceitos do OA e devem ser

simples, padronizados e possíveis de serem estendidos a outros contextos e sistemas. Desse modo, o critério definido foi:

30. Foram utilizados padrões nos metadados que descrevem os OAs?

- a. **Como avaliar:** verificar se o metadado segue um dos padrões definidos (p. ex. LOM, IMS, IEEE/LTSC etc.). Se não, nota 0. Se sim, verificar se as regras do padrão utilizado para descrever o metadado foram todas respeitadas. Se sim, nota 5. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

31. Os metadados estão claros, consistentes, completos, coerentes com o conteúdo dos OAs?

- a. **Como avaliar:** verificar se o metadado está completo, ou seja, o metadado indica seu uso para o padrão especificado e todos os campos obrigatórios definidos pelo padrão utilizado estão preenchidos; se o metadado é facilmente compreendido, se o título e descrição estão coerentes com conteúdo e atribuir nota entre 0 e 5.

O subfator “Rastreabilidade” indica que o OA precisa possuir um endereço conhecido (URI) para que possa ser reusável. Para avaliar o subfator, definiu-se o critério:

32. O URI está explícito e é válido? O nome do OA é coerente com o conteúdo do OA?

- a. **Como avaliar:** verificar i) o URI do OA está explícito; ii) se o URI para o OA é válido; iii) se o “nome” atribuído ao OA tem relação com o domínio a que se refere (não pode ser um nome estranho ao domínio, área). Se i, ii, iii forem SIM, nota 5. Se i, ii, iii forem NÃO, nota 0. Senão, atribua uma nota entre 1 e 4.

4.3.2.5 Usabilidade

O fator Usabilidade do OA se refere ao grau de facilidade com que os usuários aprendem a utilizá-lo para alcançar seus objetivos e o quão satisfeitos ficam. A avaliação dos critérios pode ser subjetiva, envolvendo, muitas vezes, diferentes aspectos e teorias. Refere-se à aprendabilidade (facilidade de aprender), eficiência (eficiência no uso, maior produtividade), memorabilidade (facilidade de memorizar), robustez (baixa taxa de erros e permitir recuperação), agradabilidade (usuário gostar

e se identificar com o OA). O fator está relacionado também ao cenário que envolve o usuário, à interface do OA, à tarefa e o ambiente, e deve incluir todos os processos de desenvolvimento e execução do OA (REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010; MURDOCK et al., 2013; KURILOVAS et al., 2009; CYBIS et al., 2007; LEACOK; NESBIT, 2007).

Para facilitar a avaliação do fator Usabilidade foram estabelecidos subfatores e critérios relativos a cada subfator, descritos a seguir. O subfator “Facilidade na aprendizagem” com o critério:

33. O OA facilita o processo de aprendizagem, deixa claro os objetivos da atividade, e do conteúdo?

Para avaliar o subfator “Eficácia para aprendizagem”, foi definido o critério:

34. O esforço do estudante para uso do OA é baixo? A taxa de erros no uso do OA é pequena?

Com relação ao subfator “Eficiência”, o critério definido foi:

35. O OA permite que o estudante realize a atividade de aprendizagem de forma rápida, segura, com sucesso?

Para avaliar o subfator “Experiência do usuário”, definiu-se o critério:

36. O OA oferece aos usuários condições para que realize a atividade de acordo com seu nível de experiência no assunto do OA?

O subfator “Gestão de erros e segurança” será avaliado com o critério:

37. O OA contribui para que o estudante realize a atividade sem erros, com segurança, e possa recuperar-se se o erro acontecer?

Para o subfator “Memorização”, definiu-se o critério:

38. O conteúdo do OA está organizado em ordem lógica que facilite sua memorização e aprendizagem?

O subfator “Adequação aos padrões” será avaliado com o critério:

39. Os OA foram desenvolvidos de acordo com padrões internacionais que contribuem para que sejam utilizados e colaborem com o processo de

aprendizagem do estudante?

Por fim, para o subfator “Satisfação do usuário”, se definiu o critério:

40. O OA possui elementos que motivem o usuário a realizar as atividades, aprender, em pouco tempo e bons resultados?

4.3.3 Interface

Para avaliar o artefato Interface, serão utilizados os fatores Adaptabilidade, Personalização e Usabilidade. Os fatores Interoperabilidade e Reusabilidade serão avaliados no artefato Software. O avaliador responsável pela avaliação do fator Adaptabilidade da Interface será o **Desenvolvedor**. Para os demais fatores, os avaliadores serão o **Desenvolvedor, Professor, Tutor, Estudante ou Gestor**.

4.3.3.1 Adaptabilidade

O fator Adaptabilidade da Interface se refere ao grau de facilidade com que a Interface pode ser adaptada para uso em diferentes sistemas, cursos, disciplinas. Refere-se também à facilidade de manutenção da Interface, de ampliar suas funcionalidades com poucos ajustes, à capacidade de utilização de uma linguagem, padrão ou protocolo comum, independente do dispositivo, para o desenvolvimento da interface, de modo que possa ser utilizada em diferentes ambientes. Deve-se observar os padrões estabelecidos pelo W3C, 3GPP para cor da fonte, cor do fundo, estilo da fonte, tamanho da fonte, imagens, vídeos, áudios (CAMPOS, 2001; WOLL, 2011; QUEIROZ, 2015; NERIS; BARANAUSKAS, 2007; PEREIRA et al., 2007; CARUSI, 2010; REZENDE, 2013; LEACOCK; NESBIT, 2007; SANTACHE et al., 2007; BRUNSTREIN, 2007; KURILOVAS; DANGIENE, 2009; EHLERS; PAWLOWSKI, 2006; GHAYATHRI; PRIYA, 2013; SAKAKIBARA, 2014).

Os subfatores que devem ser avaliados para verificar a qualidade da Interface são Flexibilidade e Portabilidade.

O subfator “Flexibilidade”, relacionado ao uso da Interface em outros sistemas, contextos, disciplinas, cursos, situações pedagógicas, mediante à configuração de seus elementos, deve ser avaliado pelo critério:

1. A interface pode ser usada em outros sistemas, cursos, disciplinas,

situações pedagógicas por meio de sua configuração?

Para o subfator “Portabilidade”, que se refere à possibilidade de utilizar a mesma interface nos mais diversos dispositivos, sistemas, navegadores, foi definido o critério:

2. A interface pode ser utilizada em outros dispositivos, sistemas e navegadores sem necessitar alterações?

4.3.3.2 Personalização

O fator Personalização da Interface diz respeito aos meios colocados à disposição do usuário para que possam utilizar a Interface de acordo com as exigências da tarefa, de suas estratégias e seus hábitos de trabalho. Refere-se à capacidade e facilidade de cada usuário individual customizar sua própria visão do sistema por meio da configuração da interface. O fator está relacionado, também, ao grau de flexibilidade da Interface para que seus usuários a configurem para suas necessidades, à qualidade do *feedback* oferecido à cada ação do usuário, e à forma como são oferecidas e registradas as respostas do sistema às ações do usuário por meio da Interface. Para facilitar a avaliação desse fator, os subfatores Colaboração, Feedback e Interação/Comunicação foram definidos, com seus critérios (FERREIRA; NAVES, 2011; BONILLA-MORALES et al., 2012; RADENKOVIC et al., 2009; ISO/IEC 25000, 2005; PRESSMAN, 2011; SOMMERVILLE, 2011; BORDIGNON et al., 2009).

Para avaliar o fator Personalização da interface, é necessário verificar se ela permite colaboração entre os usuários, entre eles e o sistema. Assim o subfator Colaboração será avaliado pelo critério:

3. A interface facilita a colaboração entre os pares (estudante-professor, estudante-sistema, professor-sistema, autor-sistema etc.) por meio de menus e gráficos simples?

Do mesmo modo, o subfator “*Feedback*” deve ser verificado, pois se a Interface permite armazenar e recuperar o *feedback* gerado no sistema, de acordo com cada usuário, a Personalização estará garantida. Para avaliar esse subfator, foi definido o critério:

4. A interface facilita o fornecimento de *feedback* ao usuário, de acordo com

seu perfil de uso do sistema? Há ontologia de perfil do usuário definida?

O subfator “Interação/Comunicação” se relaciona à interação e comunicação entre usuários e entre eles e o sistema, provendo boa comunicação. O critério definido para avaliar esse subfator foi:

5. A interface permite controle pelo usuário, ou seja, ele pode cancelar, avançar, voltar de acordo com sua segurança, na atividade em questão?
6. A interface facilita a busca dos conteúdos e troca de informações entre usuários e entre eles e o sistema?

4.3.3.3 Usabilidade

O fator Usabilidade se refere à facilidade que os usuários têm em aprender a utilizar a Interface para alcançar seus objetivos e o quão satisfeitos ficam com o processo. A avaliação dos critérios pode ser subjetiva, envolvendo, muitas vezes, diferentes aspectos e teorias. Algumas características relacionadas ao fator Usabilidade para a Interface são a aprendabilidade (fácil de aprender), eficiência (eficiência no uso, maior produtividade), memorabilidade (fácil de memorizar), robustez (baixa taxa de erros e permitir recuperação), agradabilidade (usuário gostar do sistema). O usuário representa uma das grandes dificuldades no desenvolvimento de Interfaces, uma vez que são agentes ativos e de comportamentos imprevisíveis. Os usuários são, portanto, os responsáveis pela constante evolução dos sistemas de computador (REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES; BARBOSA, 2003; ABREU, 2010; KURILOVAS et al., 2009; CYBIS et al., 2007; SAKAKIBARA, 2014).

Para avaliar o fator Usabilidade, foram definidos os subfatores “Facilidade na aprendizagem”, “Eficácia para aprendizagem”, “Eficiência”, “Experiência do usuário”, “Gestão de erros e segurança”, “Memorização”, “Adequação aos padrões” e “Satisfação do usuário”.

O subfator “Facilidade na aprendizagem” deve ser avaliado pelo critério:

7. A interface facilita o processo de aprendizagem, deixa claros os objetivos da atividade e do conteúdo?

Com relação ao subfator “Eficácia para aprendizagem”, foi definido o critério:

8. O esforço do estudante para uso da Interface é baixo? A taxa de erros no

uso da Interface é pequena?

Para avaliar o subfator “Eficiência”, definiu-se o critério:

9. A interface permite que o estudante realize a atividade de aprendizagem de forma rápida, segura, com sucesso?

O subfator “Experiência do usuário” foi avaliado por meio do critério:

10. A Interface oferece aos usuários condições para que realize a atividade de acordo com seu nível de experiência em seu uso?

Para o subfator “Gestão de erros e segurança”, definiu-se o critério:

11. A interface contribui para que o estudante realize a atividade sem erros, com segurança, e possibilita que consiga se recuperar, se o erro acontecer?

O subfator “Memorização” será avaliado pelo critério:

12. O conteúdo da Interface está organizado em ordem lógica que facilite memorização e aprendizagem?

Para avaliar o subfator “Adequação aos padrões”, o critério utilizado foi:

13. A Interface foi desenvolvida com base em padrões internacionais e estabelecidos pelo W3C?

Por fim, o subfator “Satisfação do usuário”, deve ser avaliado pelo critério:

14. A Interface possui elementos que motivem o usuário a realizar as atividades, aprender, em pouco tempo e bons resultados?

4.3.4 Software

O artefato Software, já descrito como qualquer elemento que compõe um SWBES (tais como requisitos, documentos, diagramas, modelos, código fonte etc.) será avaliado por meio dos fatores Adaptabilidade, Interoperabilidade, Reusabilidade e Usabilidade. O fator Personalização foi atribuído para avaliar a Interface e aqui não será avaliado novamente. Esse artefato será avaliado, em todos os fatores, exclusivamente pelo **Desenvolvedor**.

4.3.4.1 Adaptabilidade

O fator Adaptabilidade do artefato Software se refere à capacidade do sistema funcionar em outros sistemas operacionais, navegadores, dispositivos sem necessidade de grandes ajustes. Está relacionado à facilidade de ampliar o sistema a outros domínios e contextos com poucas alterações (CAMPOS; CAMPOS, 2001; WOLL, 2011; QUEIROZ, 2015; NERIS; BARANAUSKAS, 2007; PEREIRA et al., 2007; CARUSI, 2010; REZENDE, 2013; LEACOCK; NESBIT, 2007; SANTACHE et al., 2007; BRUNSTREIN, 2007; EHLERS; PAWLOWSKI, 2006; GHAYATHRI; PRIYA, 2013; SAKAKIBARA, 2014; ZENGER, 2004; PRESSMAN, 2011; SOMMERVILLE, 2011; KURILOVAS; DANGIENE, 2009).

Os subfatores utilizados para avaliar o fator Adaptabilidade do artefato Software foram a Extensibilidade, Flexibilidade e Portabilidade.

O subfator “Extensibilidade” é importante pois a Adaptabilidade do Software depende de quão extensível é o código fonte do sistema, quão simples é ampliar o sistema para outros domínios e contextos. Para avaliar esse subfator, foi definido o critério:

1. O Código, parte do código, diagramas, componentes são extensíveis a outros softwares em outros domínios e contextos?

Para o subfator “Flexibilidade”, relacionado ao uso do Software em outros contextos, disciplinas, cursos, situações pedagógicas, mediante configuração ou pequenos ajustes em seus módulos, foi definido o critério:

2. O software pode ser usado em outros sistemas, cursos, disciplinas, situações pedagógicas por meio de pequenos ajustes no código fonte e módulos do sistema?

O subfator “Portabilidade” diz respeito à possibilidade de utilizar o Software nos mais diversos dispositivos, sistemas, navegadores e, para avaliar o referido subfator, foi definido o critério:

3. O Software pode ser utilizado em outros dispositivos, sistemas e navegadores sem necessitar alterações? Foi utilizada linguagem, padrão ou protocolo comum, independente do dispositivo, para o desenvolvimento do software de modo que possa ser utilizado em diferentes ambientes? Foram

utilizados os padrões estabelecidos pelo W3C, ISO-IEC, IEEE, e demais padrões da Engenharia de Software?

4.3.4.2 Interoperabilidade

O fator Interoperabilidade do Software se refere ao grau em que dois ou mais produtos de softwares podem trocar informações e utilizá-las, ou seja, mede a interação entre os produtos de softwares. Refere-se também ao grau em que o sistema pode operar cooperativamente com mais um ou vários outros sistemas, assim como tem relação com a garantia de comunicação entre sistemas. Esse fator está relacionado à capacidade de oferecer serviços que promovam interação e integração entre sistemas ou parte dos sistemas em nível técnico, de conteúdo ou organizacional, além da capacidade do sistema utilizar os mesmos formatos para armazenar e recuperar informação e prover o mesmo serviço em diferentes plataformas e sistemas (Ferreira e Naves, 2011; Bonilla-Morales et al., 2012; Radenkovic et al., 2009; ISO 25000; Pressman, 2011; Sommerville, 2011; Bordignon et al., 2009; Kurilovas e Serikoviene, 2010; ISO/IEC 25000, 2005).

Para avaliar o fator Interoperabilidade do Software, foram definidos os subfatores “Adequação aos padrões” e “Qualidade metadados”.

O subfator “Adequação aos padrões” se justifica pelo fato de que os padrões são essenciais para que os softwares interoperem entre si. Assim, foi definido o critério:

4. Foram utilizados padrões internacionais (Engenharia de Software, W3C etc.) no desenvolvimento do software (requisitos, diagramas, componentes etc.)?

Com relação ao subfator “Qualidade metadados”, a importância está relacionada à interoperabilidade entre os sistemas, pois se os metadados estiverem bem detalhados (em ontologias ou repositórios e bibliotecas) e seguindo padrões, os módulos ou sistemas serão encontrados mais facilmente e poderão interoperar entre si. Portanto, foi definido o critério:

5. Os metadados estão claros, simples, padronizados, são extensíveis, completos e breves?

4.3.4.3 Reusabilidade

O fator Reusabilidade de Software se refere ao grau em que o código fonte dos programas ou parte do código dos programas pode ser reutilizado por outros sistemas. Está relacionado ao uso de software existente, ou do conhecimento de software, para a construção de um novo software. Refere-se, também, ao uso de módulos de um sistema ou de qualquer outro artefato do sistema que possa ser utilizado na construção de outro sistema, tais como requisitos, diagramas UML, testes, manual etc. (Bonilla-Morales et al., 2012; ISO/IEC 25000, 2005; Pressman, 2011; Sommerville, 2011; Kurilovas e Serikoviene, 2010; Ferreira e Naves, 2011; Radenkovic et al., 2009; Bordignon et al., 2009; Bittencourt e Costa, 2009).

Para avaliar o fator Reusabilidade do Software, os subfatores definidos foram Acuracidade, Adequação aos padrões, Consistência, Disponibilidade, Documentação, Estrutura de metadados, Flexibilidade, Modularidade, Qualidade metadados e Rastreabilidade.

O subfator “Acuracidade”, está relacionado ao grau em que o código fonte está correto, completo e disponível. O critério definido para avaliar foi:

6. O código fonte (diagramas UML, documento de requisitos etc.) estão completos, isentos de erro e disponíveis?

Com relação ao subfator “Adequação aos padrões”, que se refere à conformidade do código e documentos do sistema com os padrões internacionais, definiu-se o critério de avaliação:

7. O software está desenvolvido de acordo com os padrões universais W3C, ISO-IEC, IEEE ou demais padrões da Engenharia de Software?

O subfator “Consistência” está relacionado à clareza e não ambiguidade do código fonte e, para avaliar, o critério definido foi:

8. O código fonte está claro, sem ambiguidades?

Para o subfator “Disponibilidade”, o critério foi definido como:

9. O código fonte está disponível 24X7, sem custo, sem necessidade de registro para o acesso?
10. Há ontologia no sistema, com informações sobre código, requisitos, acesso ao código (software)?

O subfator “Documentação” é importante para tornar a reusabilidade do software possível e deve ser avaliado pelo critério:

11. A documentação existe e está disponível (diagramas UML, casos de uso, requisitos, código fonte etc.)?

Com relação ao subfator “Estrutura de metadados”, referente ao formato dos metadados e às ontologias/biblioteca de componentes reusáveis, o critério definido foi:

12. Os metadados possuem formato Simples, Estruturado ou Rico?

Para o subfator “Flexibilidade”, definiu-se o critério:

13. O software é flexível, pode ser utilizado em outros contextos com poucos ajustes?

O subfator “Modularidade” está relacionado à facilidade de utilização de parte do código seja reutilizado e não necessariamente o software inteiro e, para isso, foi definido o critério:

14. O software é modularizado, ou seja, o código fonte está dividido em partes pequenas o suficiente para entendimento da rotina/módulo?

O subfator “Qualidade metadados” se refere às características dos metadados que possibilitam o reúso dos componentes de software. O critério definido para avaliar o subfator foi:

15. Os metadados estão claros, consistentes, completos, coerentes com o software para que possa ser reutilizável (código, diagrama, requisitos etc.)?

Com relação ao subfator “Rastreabilidade”, referente ao endereço do software, que deve ser conhecido, definiu-se o critério:

16. O software e componentes de software possuem endereço conhecido nas bibliotecas e ontologias (URI), de forma que possam ser encontrados e recuperados?

4.3.4.4 Usabilidade

O fator Usabilidade se refere à facilidade que os usuários têm em aprender a utilizar o artefato Software para alcançar seus objetivos e o quão satisfeitos ficam com o processo. A avaliação dos critérios pode ser subjetiva, envolvendo, muitas vezes, diferentes aspectos e teorias. Está relacionado à facilidade de aprender, eficiência no uso, maior produtividade, facilidade de memorização, baixa taxa de erros e possibilidade de recuperação quando os erros acontecem (REATEGUI; BOFF, 2007; PRATES E BARBOSA (2003); ABREU (2010); KURILOVAS et al. (2009); CYBIS et al., 2007; SAKAKIBARA (2014).

Os subfatores do fator Usabilidade são “Facilidade na aprendizagem”, “Eficácia para aprendizagem”, “Eficiência”, “Experiência do usuário”, “Gestão de erros e segurança”, “Memorização”, “Adequação aos padrões” e “Satisfação do usuário”.

Para avaliar o subfator “Facilidade na aprendizagem”, foi definido o critério:

17. O software facilita o processo de aprendizagem, deixa claro os objetivos da atividade?

O subfator “Eficácia para aprendizagem” se refere ao grau em que o software contribui para boa aprendizagem. Para avaliar o subfator, definiu-se o critério:

18. O esforço do estudante para uso do software é baixo? A taxa de erros no uso da interface é pequena?

Quanto ao subfator “Eficiência”, refere-se ao grau em que o software permite que os objetivos de aprendizagem sejam atingidos. O critério definido para avaliar o subfator foi:

19. O software permite que o estudante realize a atividade de aprendizagem de forma rápida, segura, com sucesso?

O subfator “Experiência do usuário” está relacionado ao grau em que o software leva em consideração a experiência do usuário (muita ou pouca experiência). Para avaliar o subfator definiu-se o critério:

20. O software oferece aos usuários condições para que realize a atividade de acordo com seu nível de experiência no uso da interface?

Para avaliar o subfator “Gestão de erros e segurança”, relacionado ao grau em

que o software permite que o usuário realize suas atividades com segurança, protegendo-o de erros e permitindo que se recupere deles, caso aconteça. Assim, definiu-se o critério:

21. O software contribui para que o estudante realize as atividades sem erros, com segurança, e possa recuperar-se se o erro acontecer?

O subfator “Memorização” está relacionado ao grau de organização dos conceitos no software de modo que facilite a aprendizagem. Para avaliar esse subfator, foi definido o critério:

22. O conteúdo do software está organizado em ordem lógica que facilite memorização e aprendizagem?

Para avaliar o subfator “Adequação aos Padrões”, que se refere ao uso de padrões internacionais para o desenvolvimento do software, definiu-se o critério:

23. O software foi desenvolvido com base nos padrões internacionais estabelecidos?

O subfator “Satisfação do usuário” está relacionado ao grau de satisfação do usuário com o uso do software. Para avaliar esse fator, foi definido o critério:

24. O software possui elementos que motivem o usuário a realizar as atividades, aprender, em pouco tempo e bons resultados?

4.4 Abordagem desenvolvida – modelo conceitual

A abordagem desenvolvida tem o objetivo de avaliar os principais artefatos de um SWBES por meio de fatores, subfatores e critérios de qualidade definidos, a partir da competência de cada avaliador designado para a avaliação. Os fatores de qualidade estão relacionados às funcionalidades esperadas para os SWBES, tais como adaptabilidade (aos diversos dispositivos, sistemas operacionais, navegadores Web etc.), interoperabilidade com outros sistemas, reusabilidade de recursos (código fonte, modelagem, conteúdo educacional/objetos de aprendizagem etc.), personalização e usabilidade, conforme apresentado nas Seções anteriores.

A partir de um repositório de SWBES, os diversos profissionais e usuários (desenvolvedores, autores, professores, tutores, gestores de instituições de ensino,

estudantes etc.) que precisam adquirir ou eleger um SWBES para uso, poderão realizar a escolha com base no resultado da avaliação da qualidade de cada sistema, fornecida pela abordagem desenvolvida.

Para possibilitar e viabilizar a avaliação da qualidade, o SWBES deve ser desmembrado nos artefatos (pré-definidos) ontologias, objetos de aprendizagem, interface e software (código fonte, modelos, documentação etc.).

Os avaliadores, de acordo com a sua competência no sistema, são estabelecidos como engenheiro do conhecimento/ontologias, autor, professor, tutor, estudante, gestor e desenvolvedor. O fluxo de avaliação da abordagem pode ser observado na Figura 26.

Figura 26. Modelo conceitual da abordagem desenvolvida

Fonte: Autora (2017).

De acordo com a abordagem desenvolvida, um mesmo artefato poderá ser avaliado por um ou mais avaliadores.

Os avaliadores devem atribuir notas aos critérios de acordo com sua percepção com relação ao SWBES em avaliação. Os Quadros com todos os fatores de qualidade, subfatores e critérios (questões) que compõem a abordagem criada pode ser visualizado no Apêndice D.

Para facilitar o processo de avaliação pela abordagem desenvolvida, foi implementada uma ferramenta Web, denominada QualiSWBES, que será

apresentada no Capítulo 5.

O processo de avaliação do SWBES por meio da ferramenta QualiSWBES se inicia a partir do cadastro de um gerente de avaliação. Esse gerente irá selecionar o sistema que será avaliado, os artefatos que julgar relevantes além dos básicos já considerados pela abordagem (ou seja, outras ontologias e objetos de aprendizagem que julgar necessários e relevantes para a avaliação) e, por fim, os usuários avaliadores nos papéis que representam no sistema em questão.

Assim, os avaliadores deverão atribuir uma “nota” a cada critério que varia entre zero e cinco (0 e 5). Desse modo, se o artefato avaliado não atende ao critério, a nota deve ser 0 (zero) e, se atende totalmente ao critério, a nota deve ser 5 (cinco). Se o artefato atender parcialmente ao critério, o avaliador deverá atribuir uma nota entre 1 (um) e 4 (quatro). E, se porventura o avaliador não estiver apto a avaliar o critério, deve responder “não se aplica” e a nota não será computada.

Depois de concluída a avaliação por cada avaliador designado, a nota do subfator será calculada com base na média das notas atribuídas aos critérios do subfator em questão. Da mesma forma, a nota de cada fator de qualidade será calculada com base na média de seus subfatores. Para as notas finais de cada artefato, será calculada a média das notas dos fatores de qualidade.

Deve-se destacar que o mesmo subfator (e critério) poderá ser utilizado para avaliar mais que um fator como, por exemplo, o subfator “adequação aos padrões” do OA, que está definido para avaliar o fator “reusabilidade” e o fator “interoperabilidade”, pois a qualidade dos dois fatores depende da “adequação aos padrões do OA”.

É importante considerar que as notas serão atribuídas pelos avaliadores em seus diversos papéis e que a nota final deve considerar a avaliação de cada avaliador para cada artefato. Em alguns casos como, por exemplo, da avaliação da ontologia e de alguns fatores que avaliam objetos de aprendizagem, será necessária a avaliação em conjunto do engenheiro de conhecimento/ontologias E do autor.

Por fim, será calculada a nota final do SWBES, que deve ser a média das notas atribuídas pelos avaliadores aos artefatos. Desse modo, o resultado final da avaliação por meio da abordagem desenvolvida será determinado de acordo com a Figura 27.

Figura 27. Resultado final da avaliação

Fonte: Autora (2017).

Deve-se deixar claro que, a avaliação do SWBES será mais eficaz quanto maior for o domínio do avaliador sobre os artefatos do sistema e seu conhecimento na área de SWBES.

Outro ponto que pode contribuir para maior ou menor eficácia da ferramenta é a quantidade de artefatos avaliados, assim como quais são os avaliadores responsáveis pela avaliação do mesmo sistema. Isso se deve ao fato de que o resultado final é calculado a partir da média das notas atribuídas a cada critério, para cada fator de qualidade, de cada artefato, pelo avaliador.

Assim, para que o SWBES avaliado seja considerado “adequado”, de acordo com a abordagem desenvolvida, o valor da média das notas atribuídas pelos avaliadores aos fatores de qualidade adaptabilidade, interoperabilidade, reusabilidade, personalização e usabilidade deve estar entre 80% e 100% da nota máxima. Isso significa dizer que, na média, os fatores de qualidade foram atendidos em 80% a 100% para o SWBES avaliado.

Da mesma forma, o SWBES avaliado como “adequado com restrições” mostra que o valor da média das notas atribuídas pelos avaliadores aos fatores de qualidade adaptabilidade, interoperabilidade, reusabilidade, personalização e usabilidade está

entre 50 a 80% da nota possível, ou seja, precisa de ajustes e melhorias para ser considerado adequado.

Por fim, para o SWBES avaliado como “inadequado”, o valor da média das notas atribuídas pelos avaliadores aos fatores de qualidade adaptabilidade, interoperabilidade, reusabilidade, personalização e usabilidade está abaixo de 50%, ou seja, é insatisfatório.

O Capítulo 5 apresenta a ferramenta Web QualiSWBES, desenvolvida para automatizar a abordagem desenvolvida, e suas principais funcionalidades.

5 QualiSWBES - FERRAMENTA WEB DE APOIO À ABORDAGEM DESENVOLVIDA

Este Capítulo explora o processo de desenvolvimento de uma ferramenta computacional como um serviço Web, com o objetivo de automatizar a abordagem desenvolvida nesta tese.

5.1 Desenvolvimento da ferramenta

O desenvolvimento da ferramenta seguiu os requisitos funcionais do modelo conceitual apresentado na Seção 4.4, ilustrada na Figura 26.

Durante o desenvolvimento da aplicação, percebeu-se a necessidade de se criarem novos atores para o uso do sistema de avaliação que são descritos no diagrama de caso de uso, o qual também inclui as principais funcionalidades fornecidas pelo sistema de avaliação (Figura 28).

Figura 28. Diagrama de casos de uso da ferramenta

Fonte: Autora (2017).

A disposição inicial previa que os avaliadores fossem livres para cadastrar novas aplicações e avaliá-las, o que serviu como teste das funcionalidades do

sistema. No entanto, essa “facilidade” dificultava o agrupamento dos diferentes avaliadores (estudantes, engenheiros de conhecimento, desenvolvedores etc.) e a obtenção de uma visão geral do SWBES avaliado.

De acordo com os casos de uso, todos os usuários podem se cadastrar ou cadastrar usuários em “Cadastrar usuário” enquanto que somente o usuário “Administrador do Sistema” tem permissão para “Gerenciar usuários” podendo alterar as informações ou níveis de outros usuários.

O usuário “Gerente” pode cadastrar novos sistemas a serem avaliados em “Cadastrar sistemas” e também pode configurar os sistemas a serem avaliados, visualizar os relatórios e convidar ou cadastrar novos usuários avaliadores. O sistema é aberto para a inscrição de usuários avaliadores, os quais podem solicitar a função de gerente. Essa função deve ser liberada pelo administrador.

O caso de uso apresentado é expandido aqui em um diagrama de fluxo de dados, mostrado na Figura 29, na qual se observa os três tipos de usuários do sistema separados em interfaces distintas.

Figura 29. Diagrama de fluxo de dados da ferramenta de avaliação

Fonte: Autora (2017).

Neste diagrama é possível identificar as interações dos processos com os fluxos de informação e os dados armazenados, com destaque para os quatro contêineres de informação principais: o cadastro de usuários, o cadastro de sistemas, o banco de questões, e o banco de respostas dos formulários de avaliação (respondidos pelos usuários).

O processo de avaliação e o processo de visualização de relatórios são os principais processos relacionados à abordagem desenvolvida para avaliação de SWBES. Após as questões serem cadastradas no banco de questões, elas são relacionadas ao tipo de avaliador, respeitando-se quais fatores, subfatores e critérios de qualidade estão definidos para cada avaliador, conforme disposto no Capítulo 4.

Cada avaliador, em seu papel, somente responderá aos critérios destinados a ele, de acordo com a sua competência. Este processo é exemplificado no diagrama de atividades apresentado na Figura 30.

Figura 30. Diagrama de atividades do usuário avaliador

Fonte: Autora (2017).

Este diagrama exemplifica o funcionamento do formulário de avaliação a ser acessado pelo usuário avaliador e demonstrado na Seção 5.2. Caso haja questionários de avaliação disponíveis para o avaliador, o formulário de avaliação realiza iterações para os artefatos, e lista os critérios pertinentes a cada avaliador.

Ao prosseguir no formulário, as respostas respondidas são salvas e, em seguida, se verifica a existência de mais artefatos a serem avaliados.

Se o avaliador terminou de avaliar todos os artefatos cadastrados, esse processo termina.

Outra funcionalidade presente na ferramenta Web é a visualização dos relatórios de avaliação, que indicam se um sistema é ou não adequado, de acordo com as respostas dos avaliadores aos critérios de qualidade.

Essa visualização está disponível apenas ao usuário “gerente de avaliações”. Outras atividades são atribuídas a esse usuário e estão definidas no diagrama de atividades na Figura 31.

Figura 31. Diagrama de atividades do usuário gerente

Fonte: Autora (2017).

A interação deste usuário “gerente” se inicia com a listagem de sistemas cadastrados, e lhe oferece a possibilidade de inserir um novo sistema ou gerenciar um sistema já cadastrado anteriormente.

Ao abrir a aba referente ao gerenciamento de avaliações, uma listagem com os avaliadores cadastrados no sistema a ser avaliado é exibida, e o usuário “gerente” pode cadastrar, excluir ou notificar (enviar *e-mail*) os avaliadores que ainda não

concluíram sua avaliação.

Ainda é possível adicionar outros artefatos (ontologias e objetos de aprendizagem), de acordo com a necessidade e visão do “gerente”.

Se os artefatos “ontologia (s)” e “objetos de aprendizagem” não forem inseridos manualmente na ferramenta, somente os artefatos “interface” e “software” são apresentados para avaliação, o que leva ao Engenheiro do Conhecimento ficar sem critérios a serem avaliados.

Ao final da avaliação, o usuário “gerente” pode abrir o relatório com os resultados das avaliações realizadas. Este relatório agrupa as respostas por critério, subfator e fator de qualidade, em cada artefato, dando uma média geral entre os fatores de qualidade, conforme detalhado na Seção 4.4.

Para o desenvolvimento do sistema foram utilizados recursos *open source*, tais como a ferramenta de design Astah Community, o editor PHP Bluefish, e o modelador de banco de dados MySQL Workbench, além disso as tecnologias utilizadas incluem:

- Bootstrap: Framework com recursos javascript e css para design responsivo para vários tamanhos de tela e focado em mobile;
- ChartJS: Framework em javascript para criação de gráficos sobre canvas do HTML5;
- SweetAlert: Framework animado em javascript para exibição de avisos aos usuários;
- PHP5/7: Linguagem de script para desenvolvimento web do lado do servidor com paradigmas estruturados e de orientação à objetos, não tipada e com recursos de acesso à banco de dados;
- MariaDB/MySQL: Ramificação opensource do MySQL para gerenciamento de bancos de dados, mantida pela comunidade; e
- HTML5: Versão atual da linguagem de marcação de texto para a web com suporte a multimídia e gráficos vetoriais nativamente.

A ferramenta em questão foi hospedada nos servidores do laboratório do CAEd, que possui arquitetura Linux x64 com Apache versão 2.2.31, PHP versão 5.2.17, e MySql versão 5.5.51-38.2

5.2 Uso da ferramenta

Nessa Seção são detalhados e descritos os passos que devem ser seguidos para uso do sistema criado.

5.2.1 Avaliador (Usuário Comum)

Ao entrar no *link* da ferramenta, o usuário visualiza a página de inicial, (Figura 32) que traz uma introdução e apresenta os conceitos e aspectos pertinentes à abordagem desenvolvida.

Figura 32. Página inicial da ferramenta

QualiSWBES

Abordagem para avaliação da qualidade de Sistemas Educacionais baseados em Web Semântica (SWBES)

Introdução

[Login](#)
[Cadastre-se](#)

Introdução

A ferramenta QualiSWBES tem por objetivo automatizar a avaliação da qualidade de Sistemas Educacionais baseados em Web Semântica (SWBES, do inglês Semantic Web based Educational Systems) de modo que os profissionais (desenvolvedores, autores, professores, tutores, gestores de instituições de ensino, estudantes etc.) que precisam adquirir/eleger um SWBES para uso, possam avaliar os mesmos de forma mais rápida, eficiente e eficaz.

A Abordagem que originou a ferramenta QuaSWBES foi desenvolvida com base em pesquisas realizadas nos Modelos de Avaliação de Qualidade existentes na literatura, tanto os que avaliam Software, Software Educacional, Interface, quanto os que avaliam Objetos de Aprendizagem e Tecnologias da Web Semântica (principalmente Ontologias).

Além disso, foram considerados os padrões/normas internacionais ISO/IEC SQuaRE 25000 e os adotados pelo W3C que contribuíram para estabelecer e definir os fatores e critérios que compuseram a Abordagem.

Por fim, por se tratar de Abordagem que avalia SWBES, as Heurísticas de Nielsen e Regras de Ouro de Shneiderman também foram analisadas, pois usabilidade é uma característica da qualidade do sistema que contribui para facilitar seu uso pelos usuários, principalmente estudantes, e permite que eles possam se concentrar em aprender os conteúdos e não gastar tempo e esforço para aprender a usar a ferramenta.

Dessa forma, os fatores e critérios foram ajustados e se definiu os Artefatos e Avaliadores responsáveis pelo processo de avaliação.

Os **Fatores** que serão avaliados são Adaptabilidade, Interoperabilidade, Personalização, Reusabilidade E Usabilidade.

Os **Artefatos** são: Ontologias, Objetos de Aprendizagem, Interface e Software.

Os **Avaliadores** são: Engenheiro de Conhecimento (ou Ontologias), Desenvolvedores, Autores, Professores, Tutores (ou mediadores), Estudantes e Gestores.

Desenvolvimento: Aparecida Maria Zem Lopes / Ademir Marques Junior

Fonte: Autora (2017).

Em seguida, no menu superior (lado direito), é possível realizar ou o cadastro (se for o primeiro acesso do usuário) ou *login* (para usuários já cadastrados) para uso

da ferramenta.

A tela de login pode ser observada na Figura 33.

Figura 33. Tela de login da ferramenta

Uma vez realizado o login (com usuário e senha válidos) no sistema, o usuário terá acesso à página com o menu principal da ferramenta, mostrada na Figura 34, comum a todos os usuários para que possam realizar a avaliação dos sistemas previamente cadastrados. Os *links* e opções estão disponíveis de acordo com o nível de permissão do usuário.

Figura 34. Página inicial com instruções para avaliador

Fonte: Autora (2017).

Em seguida, o usuário poderá escolher entre as avaliações que estão disponíveis para ele. Assim, o formulário correspondente à avaliação em questão será apresentado, conforme a Figura 35.

Figura 35. Formulário de avaliação

Fonte: Autora (2017).

Depois, quando terminar a avaliação em curso, o usuário avaliador receberá a mensagem apresentada na Figura 36, que indica o fim do processo de avaliação.

Figura 36. Conclusão da avaliação

Fonte: Autora (2017).

5.2.2 Usuário Gerente de avaliações

O usuário definido como “gerente de avaliações” poderá, a partir da página mostrada na Figura 37, cadastrar novos sistemas para avaliação ou configurar os existentes, de acordo com o fluxo de trabalho apresentado no diagrama de atividades.

Figura 37. Cadastro de sistema

The screenshot shows the QualiSWBES web application interface. At the top, there is a header with the QualiSWBES logo on the left and the text "Abordagem para avaliação da qualidade de Sistemas Educacionais baseados em Web Semântica (SWBES)" on the right. Below the header is a navigation bar with links: "Introdução", "Avaliar", "Gerenciar avaliações", "Administrador", and "Cida teste". The main content area is titled "Gerente de avaliações" and contains a section "Cadastre um novo sistema a ser avaliado" with a text input field for "Nome do Sistema" and an "Inserir" button. Below this is a section "Gerencie avaliações:" with the instruction "Insira ou exclua: Avaliadores, objetos de aprendizagem, ontologias e avaliações." and two links: "MeuTutor" and "Sistema Teste". Further down is a section "Sistemas gerenciados por outros usuários:" with several links: "Aplicação teste por Admin", "MeuTutor por Admin", "programa por Ademir Marques Junior", "EAD por Admin", "Meu por Alan Silva", and "MeuTutor por Alan Silva". At the bottom of the page, there is a footer with logos for CAED, ICMC USP, and Fatec Jahu, and the text "Desenvolvimento: Aparecida Maria Zem Lopes / Ademir Marques Junior".

Fonte: Autora (2017).

Desse modo, ao clicar em um dos *links*, o usuário é redirecionado para a página apresentada na Figura 38, na qual pode adicionar avaliadores, notificar, e reiniciar a avaliação atribuída a eles, além de adicionar novos artefatos (somente ontologias e objetos de aprendizagem).

A Figura 38 ilustra os avaliadores cadastrados para avaliar o sistema educacional MeuTutor, apresentado no Capítulo 6. É possível identificar quais avaliadores já completaram a avaliação, e notificar os avaliadores que ainda não

terminaram a avaliação.

Figura 38. Acompanhamento da avaliação

QualiSWBES

Abordagem para avaliação da qualidade
de Sistemas Educacionais baseados
em Web Semântica (SWBES)

Introdução Avaliar Gerenciar avaliações Administrador Cida teste

MeuTutor

 Abrir Relatório

Avaliadores

K		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
A		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
A		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
A		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
A		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
C		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
A		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
C		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir
		Excluir	Notificar	Reiniciar	Abrir

Usuário Tipo de avaliador Adicionar

O usuário que você procura ainda não foi cadastrado? [Cadastre um novo usuário](#)

Objetos de Aprendizagem

Exercício de Química - Matéria Excluir

Insira um Objeto de Aprendizagem Adicionar

Ontologias

Modelo Dominio Excluir

Insira uma Ontologia Adicionar

 Desenvolvimento: Aparecida Maria Zem Lopes / Ademir Marques Junior

Fonte: Autora (2017).

Por fim, o “gerente de avaliações” pode visualizar o relatório das avaliações,

conforme se pode observar na Figura 39. A imagem é um recorte da página de resultado de avaliação do sistema “MeuTutor” considerando sete avaliações concluídas para esse sistema.

A tela de resultados faz uma síntese das avaliações realizadas pelos usuários identificando quanto que o sistema obteve de pontuação na média de todos os fatores de qualidade avaliados.

Figura 39. Relatório da avaliação

Fonte: Autora (2017).

A pontuação para os artefatos também é mostrada, agrupando a média de todas as respostas para cada artefato. Ainda na mesma página, cada artefato é detalhado e mostra quais fatores e subfatores foram avaliados, de acordo com a Figura 40.

Figura 40. Detalhamento de artefato na exibição do relatório com os resultados

Fonte: Autora (2017).

Outros relatórios, detalhando os resultados por artefatos, por fator e subfator de qualidade podem ser visualizados, de acordo com o avaliador e suas permissões cadastradas.

A ferramenta, além de facilitar o processo de avaliação da abordagem desenvolvida, contribui para simplificar e agilizar a avaliação da qualidade de SWBES.

6 AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM DESENVOLVIDA - ESTUDOS DE CASO

Este Capítulo apresenta os resultados da aplicação da abordagem desenvolvida, por meio da realização de estudos de caso múltiplos. A escolha de múltiplos casos se fundamentou na literatura que aponta a vantagem em comparação aos estudos de caso único, considerando os resultados de casos múltiplos mais convincentes, e a argumentação, mais robusta (HERRIOTT; FIRESTONE, 1983).

De acordo Gil (2008) o estudo de caso é uma metodologia de pesquisa que visa estudar profunda e exaustivamente um ou alguns objetos, de modo que se compreenda esses objetos detalhadamente.

Para Yin (2001) o estudo de caso deixou de ser considerado um procedimento com objetivo meramente exploratório para se tornar um método de investigação sério em diversos campos da ciência, além de ser utilizado como estratégia de pesquisa em teses, dissertações etc. Segundo o autor “os estudos de caso estão sendo cada vez mais utilizados como ferramenta de pesquisa” (YIN, 2001, p. 12).

Os estudos de caso foram planejados com base no protocolo sugerido por Yin (2005), que envolve o objetivo do estudo, procedimentos, questões do estudo e relatório do estudo de caso. O protocolo é apresentado a seguir.

6.1 Objetivo

O objetivo dos estudos de caso foi analisar a abordagem desenvolvida para avaliar se ela é adequada para orientar os profissionais interessados (por meio da descrição dos processos, dos artefatos, dos avaliadores, dos fatores e critérios de qualidade) a avaliarem, com sucesso, a qualidade de um SWBES, de acordo com os papéis que representam nesses sistemas, sob o ponto de vista dos especialistas em gestão de TIC, Web Semântica, Informática e Educação, no contexto dos SWBES.

6.2 Procedimentos

O sistema escolhido como objeto da avaliação pela abordagem desenvolvida foi o MeuTutor (<http://meututor.com.br/>), por se tratar de um SWBES em uso em diversas instituições no mercado educacional. A pesquisadora obteve permissão para utilizar os artefatos do sistema (ontologias) e, também, para acessar o sistema por

meio de contas (usuário e senha) criadas exclusivamente para os estudos de caso (uma conta para cada avaliador, para acesso ao MeuTutor, como professor e como aluno).

Os participantes (aqui chamados de avaliadores) foram escolhidos com base na experiência acadêmica e na atuação em áreas inter-relacionadas às da abordagem desenvolvida, tais como gestão de TIC, Web Semântica, Informática e Educação. Além disso, possuíam visão global das áreas envolvidas e disponibilidade para participar dos estudos de caso e entrevistas.

No total, foram conduzidos oito estudos de caso (incluindo o estudo piloto). Todos os avaliadores possuíam graduação e pós-graduação (mestrado ou doutorado) na área de Ciências da Computação e ampla experiência em Informática e Educação. Entre os eles, três eram especialistas no desenvolvimento de Ontologias e Web Semântica.

Entre os avaliadores, quatro tinham algum conhecimento a respeito do MeuTutor e quatro nunca tinham interagido com o sistema. Por isso, foi criado um roteiro com instruções de navegação no referido sistema, tanto no papel de professor quanto no de aluno, de modo que o avaliador pudesse interagir com o sistema e conhecer as funcionalidades básicas e alguns conteúdos (Apêndice E). Para os avaliadores com experiência em ontologias (quatro), o roteiro incluiu a avaliação de tais artefatos.

O roteiro continha instruções sobre o uso da ferramenta QualiSWBES (que automatizou a abordagem desenvolvida), com o intuito de prepará-los e orientá-los para a realização dos estudos de caso, apesar de contarem com a presença e supervisão da pesquisadora, pessoalmente (três estudos) ou à distância (5 estudos), por meio de videoconferência via *Skype* e gravadas por um aplicativo online.

A Figura 41 permite visualizar a parte 1 do roteiro desenvolvido e utilizado para orientar os avaliadores nos estudos de caso (o roteiro completo está no Apêndice E).

Figura 41. Parte 1 do roteiro para os estudos de caso

Fonte: Autora (2017).

Enquanto na parte 1 do roteiro o avaliador é orientado a conhecer e navegar no SWBES que será avaliado, na parte 2 (Figura 42) ele é guiado para acessar a ferramenta QualiSWBES e para realizar a avaliação do sistema de modo mais simples.

Figura 42. Parte 2 do roteiro para os estudos de caso

Fonte: Autora (2017).

Optou-se pela condução de um estudo de caso piloto com o avaliador A1 (Seção 6.3.1), com a finalidade de identificar a clareza do roteiro desenvolvido antes de submetê-lo ao uso pelos demais avaliadores (YIN, 2001). Em seguida os demais estudos de casos (Seção 6.3.2) foram planejados.

O Quadro 10 apresenta a caracterização dos avaliadores, com informação sobre a formação, área de atuação e o papel que representaram nos estudos de caso.

Quadro 10. Caracterização dos avaliadores

	Graduação/Pós-graduação	Área de atuação	Papel
A 1	Graduação (2004) e Doutorado (2011) em Ciência da Computação, Mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento (2006).	Web Semântica, Inteligência Artificial aplicada a ambientes educacionais, empreendedorismo e inovação, ambientes colaborativos, engenharia de software, mineração de dados, gamificação, gestão e governança de TI	Especialista/ Gestor
A 2	Graduação (2012) e mestrado (2015) em Ciências da Computação (CC), doutorado em andamento em CC na área de informática e educação	Jogos digitais, informática na educação, computação gráfica, gamificação e interação humano-computador	Especialista
A 3	Graduação em Ciência da Computação (2005), especialização em Sistemas de Informação (2008), Mestrado em Modelagem Computacional do Conhecimento (2017)	Gestão e desenvolvimento de sistemas, engenharia de software, gestão de projetos, Agile, qualidade de software	Especialista/ Gestor
A 4	Graduação em Ciências da Computação (2001), sócio fundador, proprietário, pesquisador e desenvolvedor sênior desde 1999	Desenvolvimento Web, Engenharia de Software, Agile, UX, sistemas educacionais, Web Semântica, publicações digitais	Especialista
A 5	Graduação em Sistemas de Informação (2007), mestrado em Ciências da Computação (2012), doutorado em andamento em CC na área de informática e educação	Unidades de aprendizagem, aprendizagem colaborativa, planejamento automatizado, planejamento hierárquico da rede de tarefas e design instrucional, Web Semântica, Engenharia de Ontologias	Especialista
A 6	Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (2013), mestrado em Ciências da Computação (2017) e doutorado em andamento em CC na área de informática e educação	Infográficos no ensino, visualização de informação, Engenharia de Software e Computação Afetiva	Professor
A 7	Graduação em Ciências da Computação (2005), mestrado em Modelagem Computacional (2009)	Governança de TI, gestão de TI, gestão de projetos, análise e desenvolvimento de software, administração de dados, docência e empreendedorismo	Gestor
A 8	Graduação em Ciência da Computação (2012), mestrado em Informática (2015)	Engenharia de Software, Web Semântica, Inteligência Artificial aplicada a ambientes educacionais, ambientes colaborativos e robótica introdutória	Especialista

Fonte: Autora (2017).

Para os estudos de caso múltiplos, foram agendadas as datas e horários para cada avaliador, de acordo com a disponibilidade deles. A pesquisadora acompanhou pessoal ou virtualmente todos os estudos, observando e tomando notas relacionadas ao desempenho, dificuldades e problemas enfrentados pelos avaliadores durante o uso da abordagem desenvolvida.

De acordo com o objetivo dos estudos de caso, os avaliadores foram convidados a utilizar a abordagem desenvolvida para avaliar a qualidade do MeuTutor. Desse modo, tiveram que acompanhar o processo de avaliação da qualidade e os fatores de qualidade compreendidos na abordagem desenvolvida e avaliá-la quanto à facilidade de compreensão pelos interessados, simplicidade e eficácia. Os fatores de qualidade também foram avaliados quanto à coerência e adequação à avaliação da qualidade de SWBES.

Os avaliadores que desempenharam o papel de especialista nos estudos de caso foram os que possuíam experiência em desenvolvimento de sistemas, em educação e Web Semântica, ou seja, com conhecimento para avaliar todos os artefatos do sistema (e todos os critérios de qualidade). Já os avaliadores no papel de gestor e professor, avaliaram os critérios de qualidade referentes à interface e objetos de aprendizagem (conforme Apêndice D).

Após a conclusão das atividades do roteiro, foi realizada uma entrevista com cada avaliador, com o intuito de coletar a impressão e experiência deles nos estudos de caso realizados e, assim, consolidar a avaliação da abordagem desenvolvida. A avaliação levou em consideração, também, as anotações da pesquisadora durante a observação dos estudos.

As entrevistas foram conduzidas pela pesquisadora por meio de um roteiro previamente elaborado (Apêndice F) e gravadas para posterior transcrição, análise e consolidação das respostas.

As perguntas do roteiro de entrevista foram classificadas como perguntas avaliativas, pois estabeleceram juízos de valor (TRIVIÑOS, 1987) e tiveram o objetivo de coletar a opinião do avaliador sobre o processo de avaliação de qualidade definido na abordagem desenvolvida, assim como a opinião sobre a adequação dos fatores de qualidade e artefatos utilizados. Foram categorizadas em tópicos, para facilitar sua aplicação e análise das respostas (Quadro 11).

Quadro 11. Categorização das perguntas da entrevista

Tópicos	Perguntas
Experiência do avaliador	1. Você já participou de um processo de escolha de um Sistema Educacional para alguma instituição ou para si próprio? 2. Você considera importante avaliar a qualidade desses sistemas antes de comprar, eleger, escolher um deles?
Facilidade de uso da abordagem	3. Você considera a abordagem desenvolvido fácil de usar? 4. Você sentiu dificuldade em utilizar a abordagem?
Adequação da abordagem desenvolvida	5. Considera que a abordagem facilita a avaliação da qualidade? 6. Você acha que a abordagem contribui para você identificar os principais requisitos que devem ser considerados ao se escolher um SWBES? 7. Você considera a abordagem útil para tomada de decisão? 8. Com relação ao processo de avaliação da abordagem utilizada, você considera fácil de compreender? (Ou seja, o roteiro recebido, as instruções para participar da avaliação, a forma como você recebeu o roteiro (<i>e-mail</i>), o cadastro e validação na ferramenta computacional etc. estão adequados e claros?) – Comente.
Adequação dos fatores de qualidade e artefatos	9. Em sua opinião, os fatores de qualidade definidos para a abordagem são adequados para avaliar a qualidade de um SWBES? 10. Com relação aos artefatos avaliados na abordagem, você os considera adequados?
Considerações e sugestões	11. Por favor, deixe suas considerações e sugestões sobre a abordagem, que ainda não foram questionadas nessa entrevista.

Como procedimento para a análise das respostas, foi realizada a transcrição das entrevistas (com foco na fala do participante) e a análise do conteúdo, além da análise das anotações feitas durante a observação dos avaliadores nos estudos de caso. Os estudos de caso realizados e os resultados obtidos estão descritos nas próximas Seções.

6.3 Resultados

Nessa Seção são apresentados os estudos de caso piloto, os estudos de caso múltiplos e os resultados alcançados.

6.3.1 Estudo de caso piloto

O primeiro estudo de caso realizado foi denominado “piloto” porque permitiu verificar se os instrumentos criados para coleta dos dados, assim como se o roteiro que norteou o referido estudo estava adequado. Além disso, possibilitou a validação de cada critério de qualidade que compõe a ferramenta Web QualiSWBES, de forma que pudessem ser compreendidos pelos demais avaliadores.

Nesse estudo piloto, o avaliador A1 foi previamente cadastrado na ferramenta pela pesquisadora/administrador nos papéis de avaliador e gerente de avaliações, de modo que tivesse autonomia para cadastrar os avaliadores que conduziram os demais estudos de caso. Em seguida efetuou a validação do cadastro, por meio de uma senha provisória que foi alterada por ele para garantir o acesso à ferramenta.

O estudo foi conduzido presencialmente e teve duração de 2h e 30 minutos. A primeira atividade realizada, sob orientação da pesquisadora, foi o cadastro dos avaliadores (dos demais estudos de caso conduzidos) e dos artefatos do MeuTutor que seriam avaliados.

Em resumo, foram cadastrados sete avaliadores especialistas em Web Semântica, Informática, Educação e Gestão de TIC. Em seguida, o avaliador A1 foi convidado a seguir o roteiro para o estudo de caso (Apêndice E), enquanto a pesquisadora observou e anotou, tanto as considerações feitas pelo avaliador, como as dificuldades encontradas por ele durante a navegação e uso do MeuTutor e da ferramenta.

Dentre as anotações realizadas, várias foram referentes a sugestões de melhorias nos critérios de qualidade relacionados à avaliação dos artefatos, de modo que fique mais claro e explícito o que se espera que o especialista avalie. Por exemplo, alguns critérios envolviam duas ou três respostas que podiam ser contraditórias no mesmo critério, invalidando-o, sendo sugerido separá-los em critérios distintos, de modo que cada um pudesse receber uma nota.

Além disso, alguns critérios foram considerados irrelevantes pelo avaliador A1 no contexto de avaliação de SWBES e outros critérios apareciam duas vezes (em artefatos distintos). Assim, em consenso com a pesquisadora, foram excluídos da abordagem.

Por fim, foi realizada a entrevista com o avaliador A1 que contribuiu, juntamente com as anotações feitas a partir da observação durante o processo de avaliação, para

verificar a relevância da abordagem desenvolvida. A entrevista foi gravada e em seguida transcrita, de forma resumida, na próxima Seção.

6.3.1.1 Entrevista caso piloto

De acordo com os tópicos descritos no Quadro 11, as respostas consolidadas da entrevista com o avaliador A1 são apresentadas a seguir.

- **Experiência do avaliador:** O avaliador participou do processo de implantação de um sistema educacional numa instituição em que atuava como gestor de TIC, com 50 cursos e 30.000 alunos. Ele considera muito importante um método para avaliar a qualidade desses sistemas antes da escolha e implantação, pois devem estar adequados aos demais processos da instituição, permitindo sua integração.
- **Facilidade de uso da abordagem:** A abordagem foi considerada fácil de usar, principalmente por meio da ferramenta QualiSWBES, que permite que o gestor cadastre os avaliadores competentes em cada área para realizar a avaliação em conjunto.
- **Adequação da abordagem desenvolvida:** O avaliador considerou que a abordagem facilita muito o processo de avaliação do sistema. Ele acredita que a abordagem ajuda na tomada de decisão, pois orienta o gestor (muitas vezes envolvido nos processos administrativos de gestão) a analisar o que é mais relevante no sistema. Segundo ele,

“sim, com certeza, pois é difícil você reunir, em um único momento, todas as questões necessárias para se fazer a avaliação, então se você tem um método integrado, aí você vai mitigar erros, então é um método que vai mitigar erros na hora de tomar decisão”.

- **Adequação dos fatores de qualidade e artefatos:** Os fatores de qualidade foram considerados coerentes e pertinentes no contexto de SWBES, assim como os artefatos definidos para avaliação desses sistemas.
- **Considerações e sugestões:** O avaliador acredita que um fator importante, que não está explícito na abordagem desenvolvida, é o

“quanto o uso de uma abordagem como essa, que permite avaliar os sistemas educacionais antes da sua escolha e implantação, pode contribuir para reduzir o custo e tempo de trabalho no dia-a-dia das instituições, além de melhorar os aspectos de governança como um todo”.

O avaliador sugeriu que essas contribuições sejam valorizadas e explícitas no relatório de resultados da abordagem, para evidenciar sua importância.

O roteiro dos estudos de caso (Apêndice E) foi ajustado, assim como a ordem das perguntas no roteiro de entrevista (Apêndice F) e preparados para aplicação dos estudos de casos seguintes, detalhados na próxima Seção.

6.3.2 Estudos de caso múltiplos

Os estudos de caso realizados com os avaliadores cadastrados pelo avaliador A1 no estudo de caso piloto foram conduzidos de forma presencial e a distância. Em ambas as modalidades a pesquisadora pôde observar e anotar as dificuldades, dúvidas e sugestões durante o processo e, no final de cada estudo, gravar a entrevista com o avaliador em questão.

Cada estudo teve a duração de uma hora a uma hora e meia, incluindo o tempo da entrevista. Para o estudo realizado com o avaliador A5, entretanto, o tempo computado foi de três horas presencialmente e mais uma hora a distância, para a entrevista, discussão e sugestões. O especialista contribuiu no ajuste dos critérios de qualidade relacionados aos artefatos software e ontologia. Todas as entrevistas gravadas foram transcritas, analisadas e consolidadas, e são apresentadas, de acordo com os tópicos do Quadro 10, a seguir.

6.3.2.1 *Experiência do avaliador*

Com relação à experiência em avaliar qualidade de sistemas educacionais, apenas o avaliador A6 nunca havia participado, diretamente, da escolha de um sistema educacional.

Porém, todos possuíam alguma experiência na escolha e avaliação desses sistemas, ou para uso próprio, ou da instituição/empresa em que trabalhava, ou ainda para comparação e pesquisa do “estado da arte”, o que reforça a experiência dos avaliadores participantes e também a confiança na avaliação, da abordagem desenvolvida, realizada por eles.

Todos os avaliadores consideram muito importante avaliar a qualidade do sistema para minimizar o erro e risco na escolha, que podem comprometer recursos

financeiros e humanos.

6.3.2.2 *Facilidade de uso da abordagem*

O resultado indicou que a abordagem era fácil de usar, e não oferecia dificuldades aos avaliadores.

As dificuldades apontadas foram referentes à compreensão do critério de qualidade (o que está sendo questionado). Essa dificuldade foi superada pelo fato do estudo ter sido realizado por meio da ferramenta Web, que conta com opção de “ajuda” para cada critério. Mesmo assim, o avaliador A6 sugere que as questões (critérios de qualidade) sejam mais curtas, para não cansar o avaliador e evitar erros de interpretação e que, também, todas contenham mensagens de ajuda.

A ferramenta Web contribuiu para a avaliação positiva da abordagem, já que automatiza e facilita o processo de avaliação dos sistemas.

Não foi realizado nenhum ajuste relacionado às questões, por motivos de tempo. No entanto, pretende-se, numa próxima versão da ferramenta, completar a “aba” de ajuda para todas as questões, que, atualmente, está disponível para as mais complexas.

6.3.2.3 *Adequação da abordagem desenvolvida*

Os avaliadores foram unânimes em considerar que a abordagem facilita a avaliação da qualidade e contribui para identificar os principais requisitos que devem ser considerados ao se escolher um SWBES, e é muito útil para tomada de decisão.

Os avaliadores A3, A5, A7 e A8 apontaram a falta de acesso ao resultado final da avaliação realizada. Apesar de ter sido intencional, ou seja, apenas o avaliador do estudo de caso piloto teria acesso aos resultados, esse fato influenciou na avaliação da abordagem desenvolvida, uma vez que esses avaliadores alegaram que poderiam contribuir mais se pudessem ter visualizado o resultado final, ou seja, a forma como a abordagem apresenta o resultado da avaliação realizada.

Segundo o avaliador A3, a possibilidade de gerar relatórios com os resultados da avaliação é uma vantagem da abordagem. Ele contribui

“Acredito que já tenha sido proposto na abordagem um modelo computacional que receberá as respostas dadas pelo (s) avaliador

(es), computará e apresentará um relatório final com os resultados de forma clara. A chave para a abordagem é facilitar o processo de avaliação, e por isso, a apresentação de resultados claros, com relatórios e gráficos de cada fator e artefato avaliado, é fundamental para considerar que método facilita a avaliação de qualidade”.

De fato, a ferramenta QualiSWBES, criada para automatizar a abordagem desenvolvida, calcula a média das notas das avaliações, por artefato, por fator de qualidade, para todos os avaliadores cadastrados para uma avaliação, o que torna o processo da abordagem simples e prático.

O avaliador A7 também argumentou que

“seria importante que se deixe clara a análise realizada em cima dos meus dados. Média simples? Gostaria de saber, também, uma visão sobre a avaliação de terceiros e, talvez, que a ferramenta possibilitasse que os avaliadores interagissem dentro da plataforma”.

Diante das indagações, a pesquisadora explicou o motivo pelo qual o resultado não foi disponibilizado aos avaliadores nesse estudo, mas se comprometeu em enviar a todos o relatório com os resultados das avaliações num segundo momento, assim como alterar a permissão na ferramenta QualiSWBES para que os avaliadores tenham acesso, não somente ao resultado da própria avaliação, mas também às realizadas por outros, referentes ao mesmo sistema.

Desse modo, os avaliadores poderiam comparar os resultados das avaliações obtidos para o sistema, o que poderia contribuir para a tomada de decisão. Segundo o avaliador A5,

“Sim, a abordagem desenvolvida facilita muito, simplifica, é mais objetiva, as perguntas são objetivas. Se não tem a ferramenta, o avaliador fica ‘perdido’, tem que pensar para procurar o que precisa avaliar, a avaliação fica mais subjetiva, a ferramenta vai direto ao ponto do que tem que avaliar. Com certeza os requisitos são identificados na abordagem”.

6.3.2.4 Adequação dos fatores de qualidade e artefatos

Com relação ao questionamento relacionado aos fatores de qualidade e aos artefatos estabelecidos na abordagem, os avaliadores foram motivados a refletir se gostariam de sugerir outros fatores de qualidade ou artefatos além dos considerados, assim como se os que já estão definidos são pertinentes.

Todos os avaliadores foram unânimes em responder que os artefatos são adequados e suficientes para avaliação de SWBES, mas fizeram sugestões

relacionadas aos fatores de qualidade.

O avaliador A4 considera os fatores e critérios de qualidade adequados para uma Web aberta (disponibilidade de recursos, links públicos etc.) e a maioria dos sistemas educacionais são fechados, exigem acesso, e os objetos não são públicos.

Os avaliadores A5 e A7 apontaram a falta de fatores de qualidade relacionados à acessibilidade.

O avaliador A3 sentiu falta de fatores de qualidade relacionados à parte financeira e valor do investimento no sistema na abordagem desenvolvida. Já o avaliador A8 considera importante avaliar a manutenibilidade do sistema.

Com relação à avaliação da adequação dos fatores de qualidade e aos fatores de qualidade sugeridos, a pesquisadora explicou que não estão presentes na abordagem desenvolvida porque estão fora do escopo definido. Apesar de concordar com relação à importância, esses fatores não foram considerados na abordagem, assim como vários outros, porque já existem instrumentos eficazes e consolidados na literatura para avaliação desses fatores, que podem ser considerados para os SWBES (por exemplo, a norma ISO/IEC SQuaRE 25000, as diretrizes de acessibilidade do W3C - <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-pt-br/>, Cusin (2010) etc.).

6.3.2.5 Considerações e sugestões

A maioria das sugestões dos avaliadores foram referentes à falta de acesso ao relatório com os resultados da avaliação, conforme já discutido nos tópicos anteriores.

A pesquisadora informou que tal relatório já existe na ferramenta QualiSWBES e que, por motivos de permissão e configuração, esse resultado não estava acessível aos avaliadores, mas somente ao gerente, que é o responsável por cadastrar o sistema a ser avaliado, os artefatos e os avaliadores competentes (Seção 5.2.2).

O avaliador A3 sugeriu a criação de uma versão da ferramenta Web para dispositivos móveis (App).

Outra sugestão relevante, dos avaliadores A4 e A5, foi utilizar o resultado da avaliação, por meio da abordagem desenvolvida, para construção de objetos de aprendizagem melhores (dentro de padrões), ou seja, usar abordagem para melhorar desenvolvimento de artefatos.

De modo geral, as sugestões mais simples como melhorias no roteiro do estudo para orientar melhor o avaliador no processo de utilização da abordagem

desenvolvida, já foram implementadas e o roteiro ajustado.

Outra sugestão atendida foi a apresentação do resultado da avaliação a todos os avaliadores e não somente ao gerente da avaliação. Além disso, é possível que um avaliador visualize a avaliação de outros avaliadores, no mesmo sistema avaliado.

As demais sugestões pontuais, como o desenvolvimento de um App, criação de novos fatores de qualidade etc., por questões de tempo e recursos, serão consideradas em trabalhos futuros.

6.3.3 Discussão dos resultados dos estudos de caso

Todos os estudos de caso realizados contaram com a participação e observação direta da pesquisadora, presencialmente ou a distância, o que contribuiu para esclarecer dúvidas pontuais durante a realização dos estudos.

As entrevistas foram importantes para avaliar a abordagem desenvolvida, pois os avaliadores foram levados a refletir se as descrições dos processos, dos artefatos, dos papéis no sistema, dos fatores e critérios de qualidade contidos na referida abordagem, contribuem para o sucesso da avaliação da qualidade dos SWBES.

Após a análise e consolidação de todas as respostas obtidas na entrevista, a pesquisadora pôde verificar os pontos positivos e negativos apontados pelos avaliadores e que serão utilizados para nortear as atualizações e futuras versões da abordagem desenvolvida.

Foi possível observar que a abordagem desenvolvida foi considerada adequada para avaliar SWBES, por integrar os principais critérios de qualidade relativos às áreas da Web Semântica, Informática e Educação num mesmo instrumento de avaliação e permitir que o processo de seleção e escolha desses sistemas seja mais eficaz.

O Quadro 12 apresenta os pontos positivos e negativos apontados pelos avaliadores na abordagem desenvolvida, a partir dos estudos de caso realizados.

Quadro 12. Pontos positivos e negativos apontados na abordagem desenvolvida

Pontos positivos	Pontos negativos
Integração das múltiplas áreas envolvidas num SWBES num mesmo instrumento de avaliação	Quantidade elevada de critérios de qualidade (questões)
Desmembramento do SWBES em artefatos, facilitando sua avaliação	
Consolidação do resultado da avaliação, a partir de um conjunto de avaliadores, de acordo com o papel que representam no sistema	Falta de um relatório com resultado da avaliação
Flexibilidade proporcionada pela ferramenta QualiSWBES, que permite inserir artefatos (ontologias e objetos de aprendizagem) e novos critérios de qualidade (questões)	Ausência de fatores de qualidade relacionados à acessibilidade do SWBES
Rapidez do processo de avaliação do SWBES	
Possibilidade de uso da abordagem desenvolvida como diretriz no desenvolvimento de artefatos de melhor qualidade	

O processo de decompor o SWBES em artefatos foi bem avaliado pelos especialistas, pois possibilita que cada avaliador realize uma parte da avaliação, de acordo com sua experiência e competência, definida por um “gerente” de avaliações que consolida o resultado (facilitado pela ferramenta QualiSWBES). Desse modo, o sistema todo é avaliado por um ou mais avaliadores que avaliam um ou mais artefatos.

Os papéis definidos para os avaliadores foram considerados adequados e suficientes, já que, conforme o modelo conceitual (Seção 4.3), são complementares no processo de avaliação da abordagem.

Por fim, alguns participantes apontaram que a abordagem tem potencial para evoluir e contribuir com o desenvolvimento de artefatos (ontologias, objetos de aprendizagem etc.) melhores, de modo que possam satisfazer as necessidades de seus usuários. Foi possível observar que, além do propósito de avaliar a abordagem, os estudos de caso permitiram identificar oportunidades, não somente de melhoria e ajustes nos fatores de qualidade estabelecidos, como também no processo de condução da avaliação.

Como resultados adicionais dos estudos de caso, foi possível observar a

facilidade proporcionada pela ferramenta QualiSWBES, que foi bem avaliada por todos, pela facilidade de uso e simplicidade com que apresenta os critérios de qualidade e coleta as notas e, também, por simplificar o cálculo da média das notas, por critério, subfator, fator de qualidade e artefatos.

Desse modo, espera-se que a abordagem desenvolvida possa contribuir para minimizar o tempo gasto pelos potenciais avaliadores ou interessados na avaliação dos SWBES, além de aumentar e garantir a eficácia da escolha realizada, por meio de uma abordagem integrada e eficiente.

Todas as considerações e contribuições foram anotadas e algumas já foram implementadas na ferramenta QualiSWBES.

No Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais do trabalho, sugestões de melhorias para a abordagem desenvolvida, as limitações e indicações de trabalhos futuros.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos diversos métodos e modelos disponíveis na literatura para avaliação de qualidade de sistemas educacionais Web (WES), identificou-se uma lacuna referente a uma abordagem capaz de avaliar a qualidade de SWBES, de acordo com suas especificidades, que envolvem as áreas da Engenharia de Software, Educação e Web Semântica (WS).

Para preencher essa lacuna, foi proposta uma abordagem de avaliação de qualidade de SWBES, com base na questão de pesquisa definida na Seção 1.2., integrando e ajustando os fatores de qualidade identificados nas três áreas mencionadas acima, de acordo com os artefatos que compõem um SWBES.

Com base nessa abordagem, foi desenvolvida uma ferramenta Web (QualiSWBES) que permite aos avaliadores realizar a avaliação de qualidade em conjunto com outros avaliadores, de acordo com o papel que representam no sistema. A ferramenta consolida os resultados parciais das avaliações e os apresenta em um relatório integrado, mas que possibilita analisar por partes cada artefato e fator de qualidade do sistema avaliado por meio de gráficos e textos explicativos.

Por estarem inseridos numa área multidisciplinar, os SWBES possuem características e funcionalidades relacionadas a cada uma dessas áreas e, portanto, a avaliação da qualidade desses sistemas precisa considerar as principais características do contexto da Web Semântica, Educação e da Engenharia de Software.

O processo de identificação e estabelecimento dos fatores de qualidade apropriados para compor a abordagem desenvolvida envolveu estudo e análise dos modelos de qualidade de tecnologias da Web Semântica, dos sistemas educacionais Web e seus recursos educacionais (objetos de aprendizagem), além das normas e padrões internacionais de qualidade para produto de software e das heurísticas de usabilidade, disponíveis na literatura.

Os fatores e critérios de qualidade utilizados nesses modelos da literatura serviram como base para definição e descrição dos fatores de qualidade da abordagem desenvolvida. A partir dos problemas identificados nos sistemas educacionais Web atuais, se definiu quais os fatores de qualidade devem ser avaliados nos SWBES, que devem ser extensíveis, possuir uma estrutura que leve

em consideração as características de cada usuário, possibilitar a interoperabilidade entre os ambientes educacionais, garantindo o reuso do conhecimento e a integração entre os diferentes usuários.

A abordagem desenvolvida foi avaliada por especialistas das áreas de Web Semântica, Informática e Educação, por meio de estudos de caso conduzidos pela pesquisadora junto a esses profissionais, utilizando ferramenta QualiSWBES para avaliar a qualidade do SWBES MeuTutor. A avaliação permitiu verificar a adequação do processo da abordagem e dos fatores de qualidade e artefatos que ela compreende. O resultado da avaliação foi positivo, a abordagem e os fatores de qualidade e artefatos foram considerados adequados por todos os avaliadores, de acordo com o objetivo proposto nos estudos de caso, e os problemas apontados foram anotados para futuros ajustes e melhorias. Algumas sugestões já foram implementadas na ferramenta, tais como a disponibilização do resultado da avaliação a todos os avaliadores e não somente ao “gerente da avaliação”.

Dessa forma, pretende-se que a abordagem desenvolvida possa contribuir com os profissionais (gestores, professores, autores de conteúdo, estudantes, desenvolvedores, engenheiros do conhecimento etc.) que precisam eleger ou adquirir um SWBES para uso, por meio da avaliação da qualidade desses sistemas, de forma simples, rápida e eficaz.

A abordagem criada preenche a lacuna identificada, integrando os conceitos relacionados às áreas envolvidas num SWBES, e pode ser ampliada e customizada na ferramenta QualiSWBES.

7.1 Contribuições do trabalho

A principal contribuição deste trabalho foi o desenvolvimento e especificação da abordagem para avaliação da qualidade de SWBES, com a integração dos conceitos relativos às áreas envolvidas nos SWBES, a saber Engenharia de Software, Educação e Web Semântica. A abordagem possibilita que os interessados (gestores de TIC, professores, autores de conteúdo, desenvolvedores de software, engenheiros do conhecimento/ontologias e até mesmo estudantes) possam avaliar a qualidade de um ou mais SWBES e escolher o mais adequado às suas necessidades, por meio de uma abordagem simples de usar.

O Quadro 13 apresenta os fatores de qualidade estabelecidos na abordagem

desenvolvida e quais artefatos estão sendo considerados por ela na avaliação de um SWBES, em comparação com os modelos existentes e identificados na literatura e apresentados na Seção 3.4 do Capítulo 3.

Quadro 13. Abordagem desenvolvida X modelos de qualidade da literatura

Modelos	Fatores				
	Adaptabilidade	Interoperabilidade	Personalização	Reusabilidade	Usabilidade
Boehm (1978)	S	S		S	S
McCall e Richards (1977)		S		S	S
SQuaRE (2005)	S	S		S	S
Campos e Campos (2001)	S, I				S, I
Lyra et al. (2003)				A, S	S, I
Gil e Menezes (2004)				A	A
Kelly (2008)	A, I				A, I
Ardito et al. (2005)	A, I		A, I	A, I	I
Costabile et al. (2005)	I		A		I
Militaru et al. (2012b)	A		I, A	A	A
Leacock e Nesbit (2007)	A	A		A	A
Sanz-Rodriguez et al. (2011)	A				A
Nanduri et al. (2012)	A		A		A
Kay e Knaack (2008)	A		A		A
Radulovic et al. (2015)	O	O		O	O
Duque-Ramos et al. (2013)	O	O		O	O
Obrst et al. (2007)	O	O		O	O
Bandeira (2015)	O	O		O	O
Romano (2012)	O	O		O	O
Zem-Lopes (2017)	O, A, I, S	O, A, S	A, I	O, A, S	O, A, I, S

Pode-se observar no Quadro 13 que os artefatos estão representados por letras para permitir melhor visualização da presença deles no modelo em questão (coluna 1 do quadro): **S – software, I – interface, A – Objeto de aprendizagem, O – ontologia.**

De acordo com a comparação e discussão realizada na Seção 3.4, para o fator interoperabilidade, por exemplo, quando for assinalada a letra “S”, significa que o modelo em questão considera a interoperabilidade de software. Assim, observa-se que o modelo de Boehm (1978) considera os fatores de qualidade adaptabilidade, interoperabilidade, reusabilidade e usabilidade apenas para o artefato software (S). Em outros modelos, tais como Nanduri et al. (2012) e Kay e Knaack (2008), identificou-

se que os fatores interoperabilidade, personalização e usabilidade são avaliados para o artefato OA (A).

Dessa forma, conforme o Quadro 13, a abordagem desenvolvida nesta Tese de Doutorado preenche as lacunas identificadas e discutidas na Seção 3.4, de modo que a avaliação de qualidade de SWBES pode ser realizada adequadamente, principalmente por contemplar, num único instrumento, os artefatos mais relevantes para os fatores de qualidade estabelecidos e considerados necessários para o contexto de tais sistemas.

Outras contribuições são apresentadas a seguir:

1. Criação de um modelo conceitual, com a definição e descrição do processo utilizado para o desenvolvimento da abordagem proposta: atores e papéis (avaliadores), artefatos, fatores de qualidade (com seus subfatores e critérios de qualidade);
2. Representação de uma arquitetura geral para os SWBES e seus elementos para facilitar a visualização dos fatores de qualidade;
3. Ferramenta Web QualiSWBES desenvolvida para automatizar a abordagem proposta e facilitar seu uso por meio de uma interface simples, além de possibilitar o controle da avaliação pelos usuários e visualização gráfica do resultado; e
4. Roteiro para orientar os avaliadores no uso da abordagem, criado para um sistema específico avaliado na tese, mas que pode ser customizado para outros SWBES.

7.2 Publicações geradas

1. Zem-Lopes, A. M.; Pedro, L. Z.; Isotani, S.; Bittencourt, I. I. **Quality Evaluation of Web-Based Educational Software: A Systematic Mapping**. in Advanced Learning Technologies (ICALT), 2015 IEEE 15th International Conference on, p. 250-252, 6-9 July 2015, doi: 10.1109/ICALT.2015.88.
2. Zem-Lopes, A. M.; Pedro, L. Z.; Isotani, S. **Qualidade de Softwares Educacionais Baseados na Web (Semântica): Um Mapeamento Sistemático**. In: XXIII Ciclo de Palestras sobre Novas Tecnologias na

- Educação, UFRGS, Porto Alegre/RS, 2014. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/50335>>.
3. Zem-Lopes, A. M.; Pedro, L.Z.; Andrade, F. R. H.; Isotani, S. **Tecnologias da Web Semântica em Ambientes Educacionais: uma Revisão Sistemática**. In: II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013) / XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2013), Campinas/SP, 2013, p. 977-981. Disponível em: <<http://www.brie.org/pub/index.php/sbie/article/view/2595/2251>>.
 4. Zem-Lopes, A. M.; Pedro, L. Z.; Andrade, F. R. H.; Borges, S. S.; Isotani, S. **Uma Revisão Sistemática das Tecnologias da Web Semântica em Ambientes Educacionais**. In: II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013) / Workshops (WCBIE 2013), 2013, Campinas/SP, p. 571-580. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/2720/2374>>.

7.3 Publicações relacionadas (em colaboração no CAEd)

1. Rodriguez, C.; Zem-Lopes, A. M.; Marques, L.; Isotani, S. **Pensamento Computacional: transformando ideias em jogos digitais usando o Scratch**. In: XXI Workshop de Informática na Escola, Maceió, 2015. p. 62 – 71.
2. Rocha, R. V. da; Zem-Lopes, A. M.; Pedro, L. Z.; Bittencourt, I. I.; Isotani, S. **Metodologia de Desenvolvimento de Jogos Sérios: Especificação de Ferramentas de Apoio Open Source**. In: XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió, 2015. v.1. p. 489 – 498.
3. Pedro, L. Z., Vassileva, J., Zem-Lopes, A. M., Isotani, S., Prates, B. G. (2015). **Does Gamification Work for Boys and Girls? An Exploratory Study with a Virtual Learning Environment**. SAC -The 30th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing, Salamanca, Spain.
4. Isotani, S.; Rodriguez, C.; Zem-Lopes, A. M.; Marques, L. **Laboratório de Computação Aplicada à Educação e Tecnologia Social Avançada (CAEd)**. Resumo apresentado no III Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2014), Dourados/MS, 2014.

5. Isotani, S.; Pedro, L. Z.; Reis, H. M.; Borges, S. S.; Zem-Lopes, A. M.; Souza, J. P. T.; Brandao, A. A. F.; Brandao, L. O. **Interactive Geometry Goes Mobile with GeoTouch**. In: 2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies, IEEE Computer Society Conference Publishing Services (CPS), Athenas/Grécia, 2014, p. 181-185. Disponível em: <<http://conferences.computer.org/icalt/2014/papers/4038a181.pdf>>.
6. Moro, L. F. S.; Zem-Lopes, A. M.; Delbem, A. C. B.; Isotani, S. **Os desafios para minerar dados educacionais de forma rápida e intuitiva: o caso da DAMICORE e a caracterização de alunos em ambientes de eLearning**. In: DesafIE!2013 - II Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação – XXXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2013), 23 - 26 de Julho de 2013, Maceió, AL. Anais do CSBC 2013, 2013. p. 1367-1376.
7. Andrade, F. R. H.; Pedro, L. Z.; Zem-Lopes, A. M.; Bittencourt, I. I.; Isotani, S. **Desafio do uso de Gamificação em Sistemas Tutores Inteligentes baseados em Web Semântica**. In: DesafIE!2013 - II Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação – no XXXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2013), 23 - 26 de Julho de 2013, Maceió, AL. Anais do CSBC 2013, 2013. p.1453-1462.
8. Pedro, L. Z.; Borges, S. S.; Zem-Lopes, A. M.; Brandao, A. A. F.; Brandao, L. O.; Souza, J. P. T.; Isotani, S. **Projeto e Desenvolvimento de um Aplicativo de Geometria Interativa para Dispositivos Móveis**. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Rio de Janeiro, RJ. Anais do SBIE 2012, 2012. p. 1-10.

7.4 Limitações e trabalhos futuros

A abordagem desenvolvida foi avaliada/validada por especialistas nas áreas de Web Semântica, Informática e Educação. Eles foram convidados a avaliar um SWBES utilizando a ferramenta Web QualiSWBES criada, de acordo com um roteiro estabelecido pela pesquisadora para esse fim.

Entretanto, ela ainda não foi validada e nem comparada com outros métodos e abordagens, devido a restrições de recursos disponíveis (equipe e tempo). A

validação realizada foi considerada qualitativa pois compreendeu verificar se os fatores e critérios de qualidade estabelecidos na abordagem, assim como os artefatos definidos, estavam claros, objetivos e pertinentes para avaliar a qualidade de um SWBES, de acordo com a percepção dos especialistas. Verificou-se, também, se o processo especificado na abordagem, para avaliar a qualidade de um SWBES, estava coerente, claro e atende o propósito estabelecido.

Dessa forma, os estudos realizados indicam a falta de uma abordagem que possibilite integrar as áreas citadas acima e este trabalho contribuiu para integrá-las por meio da abordagem desenvolvida. No entanto, ainda não é possível concluir, quantitativamente, as vantagens de utilizar a abordagem criada.

Nesse sentido, pretende-se realizar, em trabalhos futuros:

1. Análise e validação quantitativa da abordagem criada, com tratamento estatístico: mesmo para uma nova avaliação qualitativa, o uso do coeficiente de Cohen (1968), por exemplo, para poder inferir o nível de concordância entre os avaliadores consultados, pode contribuir para aumentar a confiança na avaliação realizada;
2. Desenvolvimento de uma versão da ferramenta Web para dispositivos móveis (App): nos dias atuais, cada vez mais os dispositivos móveis são utilizados para acesso à Web. Em 2016, pela primeira vez, a navegação na Web por meio de celulares e tablets ultrapassou a navegação por desktop, ou seja, 51,3% da navegação na web em todo o mundo ocorreu por esses dispositivos (ADAMS BECKER, 2017), o que justifica investir num App para a abordagem desenvolvida, facilitando o processo, já que os profissionais contam com esses dispositivos como instrumentos de trabalho;
3. Registrar a ferramenta QualiSWBES: revisar a documentação do software e providenciar documentação técnica e formal para registro da ferramenta junto ao INPI.
4. Disponibilizar o código da ferramenta QualiSWBES no GitHub: permitir acesso ao código contribuirá para divulgação do software e também para que outros desenvolvedores possam colaborar com sua melhoria e otimização.
5. Melhorar o roteiro de avaliação: transformar em roteiro geral, para qualquer SWBES que necessite avaliação e inserir orientações para verificação do software e interface (o roteiro atual orienta apenas quanto às ontologias e

objetos de aprendizagem): a qualidade do roteiro como guia para o processo de avaliação dos SWBES pelos profissionais irá impactar na qualidade da avaliação realizada e também no tempo gasto com o uso da abordagem desenvolvida; e

6. Incrementar a abordagem com outros fatores de qualidade: acessibilidade dos artefatos, avaliação da aprendizagem etc.: deve-se ter o cuidado em incrementar os fatores de qualidade para não tornar a abordagem desenvolvida extensa demais e inviabilizar seu uso pelos interessados. No entanto, indicar modelos que ofereçam suporte aos fatores de qualidade não compreendidos na abordagem desenvolvida pode ser uma opção bastante viável para contribuir com o sucesso da avaliação pelos avaliadores;
7. Ampliar os fatores de qualidade e estender/ajustar a abordagem para permitir a avaliação de outros sistemas baseados em Web Semântica, em outros domínios do conhecimento: apesar do alto custo e complexidade no desenvolvimento de sistemas Web Semânticos (BITTENCOURT, 2009; BROOKS et al., 2006), o mercado desses sistemas é promissor. Por isso, ampliar o escopo da abordagem será de grande valia no futuro próximo.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. História da normalização brasileira / Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABREU, A. C. B. DE. **Avaliação de Usabilidade em Softwares Educativos**. Dissertação (Mestrado Integrado Profissional em Computação Aplicada). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

ACKERMAN, A.F.; BUCHWALD, L.S.; LEWSKI, F.H. **Software Inspections: An Effective Verification Process**. IEEE Software, v. 6, n. 3, p. 31-36, 1989

ADAMS BECKER, S.; CUMMINS, M.; DAVIS, A.; FREEMAN, A.; HALL GIESINGER, C.; ANANTHANARAYANAN, V. **NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition**. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2017.

AL-YAHYA, M.; GEORGE, R.; ALFARIES, A. **Ontologies in E-Learning: Review of the literature**. International Journal of Software Engineering and its Applications, v. 9, n. 2, p. 67–84, 2015.

ALBIDEWI, I.; TULB, R. **Promise and Challenge of E-Learning – Literature Review**. European Scientific Journal, v. 10, n. 1, p. 210–217, 2014.

ALLEMANG, D.; HENDLER, J. **Semantic web for the working ontologist: modeling in RDF, RDFS and OWL**. Journal of empirical research on human research ethics JERHRE, v. 6, 2008, 330p. <https://doi.org/10.1525/jer.2011.6.3.toc>.

ALVES, R. C. V. **WEB SEMÂNTICA: uma análise focada no uso de metadados**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação), Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Marília/SP, 2005, 182p.

ANDERSON, T.; WHITELOCK, D. **The Educational Semantic Web: Visioning and Practicing the Future of Education**. Journal of Interactive Media in Education, v. 1, p. 1–15, 2004.

ARDITO, C.; COSTABILE, M. F.; MARSICO, M. DE; LANZILOTTI, R.; LEVIALDI, S.; ROSELLI, T.; ROSSANO, V. **An approach to usability evaluation of e-learning applications**. Universal Access in the Information Society, v. 4, n. 3, p. 270–283, 2006.

AROYO, L.; DICHEVA, D. **The new challenges for e-learning: The Educational Semantic Web**. Educational Technology & Society, v. 7, n. 4, p. 59-69, 2004.

ASMAA, KASSID; NAJIB, EL KAMOUN. **E-Learning Systems Risks and their Security**. International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), v. 14, n. 7, July 2016, p. 193–200, 2016.

ASSIS, L. S. de; ABAR, C. A. A. P. **Concepções de Professores de Matemática quanto à Utilização de Objetos de Aprendizagem: um estudo de caso do Projeto RIVED-BRASIL**. Boletim GEPEM, v. 49, ju/dez 2006, 2006.

ATTWELL, G. **Personal Learning Environments - the future of eLearning?** eLearning Papers, v. 2, n. January, p. 1–8, 2007.

BAIN, J.; MCNAUGHT, C. **Academics' educational conceptions and the design and impact of computer software in higher education**, Perth, Western Australia, 21-25 January. Proceedings of the Third International Interactive Multimedia Symposium, p. 56–59, 1996.

BANDEIRA, J. M. **FOCA: Uma Metodologia que utiliza princípios da Representação do Conhecimento para Avaliação de Ontologias**. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional do Conhecimento), Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, Maceió, 2015, 101p.

BANSIYA, J.; DAVIS, C. G. **A hierarchical model for object-oriented design quality assessment**. IEEE Transactions on Software Engineering, v. 28, n. 1, p. 4–17, 2002.

BARCELLOS, M.; SOUZA, G. dos S.; MACHADO, C. A. F. **Wamps 2013. Anais do I ed. Campinas**, SP: Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro - Softex, 2013. 262 p.

BARKER, P. **What is IEEE Learning Object Metadata/IMS Learning Resource Metadata?** Cetus Standards Briefings Series, v. 1, n. 5, p. 4, 2005.

BARRETO, A. **Apoio à verificação de software em ambientes de desenvolvimento de software orientados à organização**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação), Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2006.

BASILI, V. R.; BRIAND, L. C.; MELO, W. L. **A validation of object-oriented design metrics as quality indicators.** IEEE Transactions on Software Engineering, v. 22, n. 10, p. 751–761, 1996.

BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. **The goal question metric approach.** Encyclopedia of Software Engineering, v. 2, p. 528–532, 1994.

BASILI, V. R.; ROMBACH, H. D. **Tailoring the Software Process to Project Goals and Environments** Acm, 1987.

BEAUFOND, C. E. C.; WERNER, C. M. L.; ROCHA, A. R. C. **Manual para Controle da Qualidade de Especificações Orientadas a Objetos.** Relatório Técnico ES-428/97, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ, 1997.

BELCHIOR, A. **Um modelo fuzzy para avaliação da qualidade de software.** Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação), Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, 1997, 208p.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. **The Semantic Web.** IEEE Intelligent Systems, v. 21, n. May 2001, p. 34–43, 2001.

BICHSEL, J. **The State of E-Learning in Higher Education: An Eye toward Growth and Increased Access** (Research Report), Louisville, CO: EDUCAUSE Center for Analysis and Research, June 2013. Disponível em <<http://www.educause.edu/ecar>>. Acesso em 10 Out. 2015.

BITTENCOURT, I. I.; COSTA, E.; ALMEIDA, H.; FONSECA, B.; MAIA, G. **Towards an Ontology-based Framework for Building Multiagent Intelligent Tutoring Systems.** III Workshop on Software Engineering for Agent-Oriented Systems, SEAS 2007, p. 53–64, 2007.

BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S.; COSTA, E.; MIZOGUCHI, R. **Research directions on Semantic Web and education.** Journal of Scientia Interdisciplinary Studies in Computer Science, v. 19, n. January/June, p. 59–66, 2008.

BITTENCOURT, I. I.; COSTA, E.; BRAZ, L.; PACHECO, H.; DICHEVA, D. **Supporting interoperability between Web-based Educational Systems.** Proceedings Frontiers in Education Conference, 2009. FIE '09. 39th IEEE. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77951428054&partnerID=40&md5=64f4d13f434c639ea07629b6ca9d342e>>. Acesso em 16 Out. 2016.

BITTENCOURT, I.I.; COSTA, E. **Modelos e Ferramentas para a Construção de Sistemas Educacionais Adaptativos e Semânticos**. Brazilian Journal of Computers in Education, v. 19, n. 01, p. 85, Ago. 2011. ISSN 2317-6121. Disponível em: <<http://br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/1300>>. Acesso em: 13 Fev. 2015.

BITTENCOURT, I.I. **Modelos e Ferramentas para a Construção de Sistemas Educacionais Adaptativos e Semânticos**. Tese (Doutorado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009, 246p.

BITTENCOURT, I. I.; COSTA, E. **Models and Tools for Building Educational Adaptive and Semantic Systems**. Brazilian Journal of Informatics in Education, v. 19, n. 1, 2011.

BLATTMANN, U.; SILVA, F. C. C. da. **Colaboração e interação na web 2.0 e biblioteca 2.0**. Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, jul./dez., v. 12, n. 2, p. 191-215, 2007.

BOEGH, J.; HAUSEN, H.-L.; WELZEL, D. **A Practitioners Guide to Evaluation of Software**. p. 282–288, 1993.

BOEHM, B.; BROWN, J. R., KASPAR, H.; LIPOW, M.; McLEOD, G.; MERRIT, M., **Characteristics of software quality**. North Holland, 1978.

BOFF, E.; OLIVESKI, A.: **Personalização de agentes pedagógicos animados**. In: CINTEDUFRGS Novas Tecnologias na Educação, v. 10, n. 3, Dezembro 2012.

BONILLA-MORALES, B.; CRESPO, S.; CLUNIE, C. **Reuse of Use Cases Diagrams: An Approach based on Ontologies and Semantic Web Technologies**. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, v. 9, n. 1, p. 24–29, 2012.

BORDIGNON, A.; SIMIONI, A.; VARELLA, F.; TOSS, J.; BARBOSA, M. L. K.; ROESLER, V. **Mechanisms for Interoperable Content Production among Web, Digital TV and Mobiles**. 9th World Conference on Computers in Education. Bento Gonçalves, RS. WCCE, 2009.

BOTELLA, P.; BURGUES, X.; CARVALLO, J.; FRANCH, X.; GRAU, G.; MARCO, J.; QUER, C. **ISO/IEC 9126 in Practice: What Do We Need to Know**. In Proceedings of the 1 st Software Measurement European Forum (SMEF 2004), 2004.

BRASIL. MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Conceitos de qualidade para produtos de software – uma síntese**, 2013. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0203/203509.pdf>. Acesso em 05 Dez. 2013.

BRAGA, J. **Objetos de Aprendizagem volume 2: metodologia de desenvolvimento**. Santo André: Editora da UFABC, 2015. 163p.

BRAGLIA, I. de A. **Um Modelo Baseado em Ontologia e Extração de Informação como Suporte ao Processo de Design Instrucional na Geração de Mídias do Conhecimento**. Tese (doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, p. 245, 2014.

BRANCO NETO, W. C. **Web semântica na construção de sistemas de aprendizagem adaptativos**. Tese (Doutorado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Santa Catarina, 2006, 237p.

BROOKS, C. A.; GREER, J. E.; MELIS, E.; ULLRICH, C. **Combining its and elearning technologies: Opportunities and challenges**. In Ikeda, M., Ashley, K. D., and Chan, T.-W., editors, *Intelligent Tutoring Systems*, volume 4053 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 278–287. Springer, 2006.

BRUNSTEIN, L. E. O. **Avaliação da qualidade de software aplicado como ferramenta de apoio didático com base na norma iso 9126**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Unip, 2007, 157p.

BRUSILOVSKY, P. **KnowledgeTree: a distributed architecture for adaptive e-learning**. WWW Alt. '04: Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters, p. 104–113, 2004.

BRUSILOVSKY, P. L.; BRUSILOVSKY, P. **A Distributed Architecture for Adaptive and Intelligent Learning Management Systems**. Proceedings of the AIED 2003 Workshop Towards Intelligent Learning Management Systems, n. August, 2003.

BRUSILOVSKY, P.; SOSNOVSKY, S.; YUDELSON, M. **Addictive links: The motivational value of adaptive link annotation in educational hypermedia**. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 4018, LNCS, p. 51–60, 2006.

BRUSILOVSKY, P.; YUDELSON, M. V.; SOSNOVSKY, S. **Collaborative Paper Exchange**. World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, 2005. Disponível em: <<http://go.editlib.org/p/21631>>. Acesso em 04 Nov. 2016.

BUENDÍA, F.; HERVÁS, E. E. A. **Quality-Oriented Evaluation of E-Learning-Based Experiences**. Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning

Technologies, 2008. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4561815>>. Acesso em: 3 Nov. 2013.

CAMPOS, G. **Metodologia para avaliação da qualidade de software educacional. Diretrizes para desenvolvedores e usuários.** Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994a, 232p.

CAMPOS, G. H. B. de; ROQUE, G. O. B.; MELO, K. S. de; ANDRADE, J. Z. de. **O que é qualidade ? Uma discussão sobre qualidade no mundo da vida.** In: 22º Congresso Internacional ABED de Educação a Distância, CIAED, 19-23 Setembro, Águas de Lindoia, 2016.

CAMPOS, G. H. B. DE; CAMPOS, F. C. A. **Qualidade de Software Educacional.** In: Qualidade de software: Teoria e Prática. Campinas: Makron, 2001, 2001.

CAO, J.; ZHANG, D. **Knowledge Management Tools for E-Learning: Semantic Web and Others.** In: Cao, J., Zhang, D. (eds.) Intelligent Learning Infrastructure for Knowledge Intensive Organizations. A Semantic Web Perspective. Information Science Publishing, Hershey, p. 57–80, 2006.

CAPUANO, N.; MIRANDA, S.; ORCIUOLI, F. **IWT: A semantic web-based educational system.** IV Workshop of the Working Group on “AI & E-Learning” - Reggio Emilia, December 12, p. 11–16, 2009.

CARUSI, A.; MONT’ALVÃO, C. **Interatividade De Websites Educacionais: Uma Avaliação Baseada No Design Da Navegação.** Anais do 10º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Computador, 17 a 20 de maio de 2010, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2010.

CASTRO, F. F. de; SANTOS, P. L. V. A. da C. **Os metadados como instrumentos tecnológicos na padronização e potencialização dos recursos informacionais no âmbito das bibliotecas digitais na era da web.** Revista Informação & Sociedade, v. 17, n. 2, p. 13–19, 2007.

CELIK, S. **Development of Usability Criteria for E-Learning Content Development Software.** Turkish Online Journal of Distance Education, n. April, p. 336–345, 2012.

CHIN, K.-Y.; CHEN, Y. L. **A Mobile Learning Support System for Ubiquitous Learning Environments.** Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 73, p. 14–21, 2013.

CLARK, R. C.; MAYER, R. E. **E-Learning and the Science of Instruction**. Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning. 3 ed. Pfeiffer: São Francisco (USA), 2011, 527p.

COHEN, J. **Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit**. Psychological Bulletin, v. 70, n. 4, p. 213–220, 1968.

COMERLATO, C. A. **Uma ferramenta para seleção de módulos reutilizáveis**. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Sistemas e Computação), Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro 1994, 112p.

CONEGLIAN, C. S.; FUSCO, E.; SEGUNDO, J. E. S. **Arquitetura Semântica de Recuperação da Informação**. Proc. Int'l Conf. on Dublin Core and Metadata Applications 2015, 2015.

COSTA, A. F. da. **Ambiente Colaborativo de ensino / aprendizagem para o Ensino Fundamental baseado nos princípios da Web Semântica**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação), Universidade Federal de Goiás, Instituto de Informática, 2014, 105p.

COSTABILE, M. F.; MARSICO, M. de; LANZILOTTI, R.; PLANTAMURA, V. L.; ROSELLI, T. **On the usability evaluation of e-learning applications**. On Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences – 2005, 2005. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1385237>. Acesso em 1 Out. 2014.

COUTINHO, C.; LISBOA, E. **Sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI**. Revista de Educação, v. 28, n. 1, p. 5-22, 2011.

CROSS, F. **An informal history of eLearning**. On the Horizon, v. 12, n. 3, p. 103–110, 2004.

CTE. Center for Teaching Excellence. **Collaborative Learning: Group Work**. Cornell University. Disponível em: <<https://www.cte.cornell.edu/teaching-ideas/engaging-students/collaborative-learning.html>>. Acesso em 02 Abr. 2017.

CUSIN, C. A. **Acessibilidade em ambientes informacionais digitais**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Marília, 2010, 154p.

CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações**. São Paulo: Novatec Editora, 2007.

DAGIENĖ, V.; GUDONIENĖ, D.; BURBAITĖ, R. **Semantic Web Technologies for e-Learning: Models and Implementation**. *Informatica*, v. 26, n. 2, p. 221–240, 2015.

DAHLSTROM, E.; BROOKS, D. C.; BICHSEL, J. **The Current Ecosystem of Learning Management Systems in Higher Education: Student, Faculty, and IT Perspectives**. EDUCAUSE Research Report, 2014, 27p.

DALWADI, N.; NAGAR, B.; MAKWANA, A. **Performance Evaluation of Semantic Reasoners**. The 19th International Conference on Management of Data (COMAD), 19th-21st Dec, 2013 at Ahmedabad, India, p. 109–112, 2013.

DENAUX, R.; DIMITROVA, V.; AROYO, L. **Integrating open user modeling and learning content management for the semantic web**. Proceedings of 10th International Conference on User Modeling, n. c, p. 9–18, 2005.

DENIZ, D.; MARZO, J. **A quality assessment methodology for EIE resources available through the internet**. In: 19th EAAEE Annual Conference, 29 June-2 July 2008, 2008. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4610163>. Acesso em 1 Out. 2014.

DEVEDZIC, M.; DEVEDZIC, V. **Towards web-based education of demography**. *Informatics in Education-An International Journal*, v. 2, n. Vol 2_2, p. 201, 2003.

DEVEDZIC, V. **Not Fade Away? International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 26, n. 1, p. 378–386, 2016.

DEVEDZIC, V. **Education and the Semantic Web**. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v. 14, n. 4, p. 39–65, 2004.

DEVEDZIC, V. **Semantic Web and Education**. Springer US: New York, 2006, 354p.

DEVEDZIC, V. B. **Key issues in next-generation web-based education**. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, v. 33, n. 3, p. 339–349, ago. 2003, 2003.

DEVEDZIC, V.; JOVANOVIĆ, J.; GAŠEVIĆ, D. **The pragmatics of current e-learning standards**. IEEE Internet Computing, v. 11, n. 3, p. 19–27, 2007.

DICHEVA, D. **Ontologies and Semantic Web for E-Learning**. Handbook on Information Technologies for Education and Training, n. January 2008, p. 155–177, 2008.

DICHEVA, D.; AROYO, L. **General Architecture Supporting Component-based EIS Interoperability**. In L. M. Aroyo, & D. Dicheva (Eds.), Proceedings SW-EL '04 & ITS '04 (Maceió-Alagoas, Brazil, August 30, 2004). (pp. 21-28). Technische Universiteit Eindhoven v. 4, p. 21–28, 2004.

DIETZE, S.; GUGLIOTTA, A.; DOMINGUE, J. B. **Context-Adaptive Learning Designs by Using Semantic Web Services**. Journal of Interactive Media in Education, v. 1, DOI: <http://doi.org/10.5334/2007-3>.

DOCEBO. E-Learning Market Trends & Forecast 2014-2016. A Report by Docebo, March 2014, 2014, 48p.

DOCEBO. E-Learning Market Trends and Forecast 2017-2021, 2016, 50p.

DOLOG, P.; HENZE, N.; NEJDL, W.; SINTEK, M. **Personalization in distributed e-learning environments**. WWW2004, May 17–22, 2004, New York, NY, USA. ACM 1-58113-912-8/04/0005, p. 170–179, 2004.

DOWNES, S. **Learning objects: Resources for distance education worldwide**. International Review of Research in Open and Distance Learning, v. 2, n. 1, p. 1-35, 2001.

DROMEY, R. G. **Cornering the chimera**. IEEE Software, v. 13, n. 1, p. 33–43, 1996.

DRUCKER, P. **Need to know: Integrating e-learning with high velocity value chains**. A Delphi Group White Paper, p. 1–12, 2000.

DUBOST, K.; HERMAN, I. **State of the Semantic Web**. INTAP Semantic Web Conference, Tokyo, Japan, March 7, 2008.

DUQUE-RAMOS, A.; FERNANDEZ-BREIS, J. T.; INIESTA, M.; DUMONTIER, M.; ARANGUREN, M. E.; SCHULZ, S.; AUSSENAC-GILLES, N.; STEVENS, R. **Evaluation of the OQuaRE framework for ontology quality**. Expert Systems with Applications, v. 40, n. 7, p. 2696–2703, 2013.

DUQUE-RAMOS, A.; BOEKER M.; JANSEN L.; SCHULZ S.; INIESTA M.; FERNANDEZ-BREIS, J. T. **Evaluating the Good Ontology Design Guideline (GoodOD) with the Ontology Quality Requirements and Evaluation Method and Metrics (OQuaRE)**. PLoS ONE, v. 9, n. 8, August, 2014. e104463. DOI:10.1371/journal.pone.0104463.

DUTRA, R. de S.; TAROUÇO, L. **Objetos de Aprendizagem: uma comparação entre SCORM e IMS Learning Design**. Renote, p. 1–8, 2006.

DUTTA, B. **Symbiosis between Ontology and Linked Data**. Librarian, v. 21, n. 2, p. 15-24, 2016. ISSN: 0972-3978.

DUTTA, B.; NANDINI, D.; SHAHI, G. K. **MOD: Metadata for Ontology Description and Publication**. International Conference on Dublin Core and Metadata Applications; DC-2015. The São Paulo Proceedings, 1-4 September 2015, Sao Paulo, Brazil, 2015. Disponível em: <<http://dcpapers.dublincore.org/pubs/article/view/3758>>. Acesso em 21 Out. 2016.

EHLERS, U.-D.; PAWLOWSKI, J. M. **Handbook on quality and standardisation in e-learning**. Springer Berlin: Heidelberg, 2006.

ELLER, M. **Anotações Semânticas de Fontes de Dados Heterogêneas**. 2008. Disponível em: <http://www.projetos.inf.ufsc.br/arquivos_projetos/projeto_752/TCC_Markus.pdf>. Acesso em 02 Fev. 2017.

ELUAN, A. A.; FACHIN, G. R. B.; GAUTHIER, F. A. O.; TODESCO, J. L. **Semantic web in the e-learning**. Enc. Bibli. R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf., Florianópolis, n. 26, 2º sem.2008, p. 1–10, 2008.

ENSAN, F.; DU, W. **A semantic metrics suite for evaluating modular ontologies**. Information Systems, v. 38, n. 5, p. 745–770, 2013.

FABELA, S. **A vida toda para aprender**. In: Portal dos psicólogos, 2005. Disponível em: <<http://www.psicologia.com.pt/artigos/textos/A0321.pdf>>. Acesso em 14 Jul. 2017.

FENSEL, D.; VAN HARMELEN, F.; HORROCKS, I.; MCGUINNESS, D.L.; PATEL-SCHNEIDER, P. F. **OIL: An ontology infrastructure for the semantic web**. IEEE Intelligent Systems and Their Applications, v. 16, n. 2, p. 38–45, 2001.

FERREIRA, H. N. M.; NAVES, T. F. **Reúso de software: suas vantagens, técnicas e práticas**. In: IX. Enacomp, 4, 2011, Catalão, 2011. Disponível em: <http://www.enacomp.com.br/2011/anais/trabalhos-aprovados/pdf/enacomp2011_submission_43.pdf>. Acesso em 2 Out. 2016.

FIORINI, S.T.; STAA, A.V.; BAPTISTA, R.M. Engenharia de software com CMM. Rio de Janeiro: Brasport, 1998.

FLEISCHMANN, A. M. P. **Sensibilidade à situação em sistemas educacionais na web**. Tese (Doutorado em Ciência da Computação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012, 164p.

FONTES, C. A. **Explorando inferência em um sistema de anotação semântica**. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Computação), Instituto Militar de Engenharia, 2011, 126p.

FRANCH, X.; CARVALLO, J. P. **A quality-model-based approach for describing and evaluating software packages**. Proceedings of the IEEE International Conference on Requirements Engineering, p. 104–111, 2002.

FREEMAN, P. A. **Software Perspectives: The System is the Message**. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1987.

FÜRST, F.; TRICHET, F. **Heavyweight Ontology Engineering**. R. Meersman, Z. Tari, P. Herrero et al. (Eds.): OTMWorkshops 2006, LNCS 4277, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, p. 38–39, 2006.

GAIO, S.; BORGIO, S.; MASOLO, C.; OLTRAMARI, A.; GUARINO, N. **Un'introduzione all'ontologia DOLCE**. AIDA informazioni, v. 1–2, p. 107–125, 2010.

GALAFASSI, F. P.; GLUZ, J. C.; GALAFASSI, C. **Análise Crítica das Pesquisas Recentes sobre as Tecnologias de Objetos de Aprendizagem e Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Sbie 2013, p. 26–30, 2014.

GANGEMI, A.; CATENACCI, C.; CIARAMITA, M.; LEHMANN, J. **Modelling ontology evaluation and validation**. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 4011 LNCS, p. 140–154, 2006.

GARCIA-CASTRO, R.; ESTEBAN-GUTIERREZ, M.; GOMEZ-PEREZ, A. **Towards an infrastructure for the evaluation of semantic technologies**. eChallenges e-2010, Conference, p. 1–7, 2010.

GASEVIC, D.; ZOUAQ, A.; TORNIAI, C.; JOVANOVIĆ, J.; HATALA, M. **An Approach to Folksonomy-Based Ontology Maintenance for Learning Environments**. 302 IEEE Transactions on Learning Technologies, v. 4, n. 4, October-December, p. 301–314, 2011.

GHAYATHRI, J.; PRIYA, E. M. **Software Quality Models: A Comparative Study**. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Electronics Engineering (IJARCSEE), v. 2, n. 1, p. 42–51, 2013.
GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, H. T.; MENEZES, M. H. **Software educativo e a importância de uma «métrica»**. 6º Simpósio Internacional de Informática Educativa, 2004.

GIUNCHIGLIA, F.; ZAIHRAYEU, I. **Lightweight ontologies**. Theory and Applications of Ontology: Computer Applications, p. 197–229, 2010.

GLUZ, J. C.; XAVIER, A. C. **AutoEduMat: uma Ferramenta de Apoio a Catalogação de Objetos de Aprendizagem de Matemática do Ensino Médio Compatíveis com o Padrão OBAA**. LACLO 2011, 6ª. Conferencia Latinoamericana de OA y Tecnologías para la Educación, Oct 11 – 14, Montevideo, Uruguay, p. 10, 2011.

GOMEZ-PEREZ, A. **Ontological Engineering: With Examples from the Areas of Knowledge Management, E-Commerce and the Semantic Web**, p. 44–70, 2007.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; CORCHO, O. **Ontology languages for the semantic web**. IEEE Intelligent Systems and Their Applications, v. 17, n. 1, p. 54–60, 2002.

GONÇALVES, H. de A. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 2 ed. São Paulo: Avercamp, 2014, 168p.

GONGA, Z. A. S. **E-learning: os problemas da qualidade da programação, pedagogia e usabilidade da interface com o utilizador**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Faculdade de Ciências da Economia e da Empresa, Universidade Lusíada de Lisboa, 2013, 189p.

GRUBER, T. R. **Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing**. International Journal of Human-Computer Studies, v. 43, n. 5–6, p. 907–928, 1995.

GUARINO, N. **Formal Ontology and Information Systems**. Proceedings of the first international conference, v. 46, June, p. 3–15, 1998.

GUERRA, A. C.; COLOMBO, R. M. T. **Tecnologia da Informação: Qualidade de Produto de Software**. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009, 429p.

GUO, Y.; PAN, Z.; HEFLIN, J. **LUBM: A benchmark for OWL knowledge base systems**. Web Semantics, v. 3, n. 2–3, p. 158–182, 2005.

HAASE, P., SURE, Y. **Incremental Ontology Evolution - Evaluation**. Relatório, University of Karlsruhe, Karlsruhe, 2005.

HANNA, L.; RISDEN, K.; CZERWINSKI, M.; ALEXANDER, K. J. The role of usability research in designing children's computer products. Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA, p. 3-26, 1998.

HATALA, M.; GAŠEVIĆ, D.; SIADATY, M.; JOVANOVIĆ, J.; TORNIAI, C. **Can educators develop ontologies using ontology extraction tools: An end-user study**. U. Cress, V. Dimitrova, and M. Specht (Eds.): EC-TEL 2009, LNCS 5794, p. 140–153, 2009.

HAUGHEY, M.; MUIRHEAD, B. **Evaluating Learning Objects for Schools**. E-Journal of Instructional Science and Technology, v. 8, n. 1, 2005.

HENDLER, J. **Agents and the semantic web**. IEEE Intelligent Systems and Their Applications, v. 16, n. 2, p. 30–37, 2001.

HERRIOTT, R. E.; FIRESTONE, W. A. **Multisite qualitative policyresearch: Optimizing description and generalizability**. Educational Researcher, v. 12, p. 14–19, 1983.

HLOMANI, H.; STACEY, D. **Approaches, methods, metrics, measures, and subjectivity in ontology evaluation: A survey**. Semantic Web Journal, v. 1, p. 1–11, 2014.

HOSIE, P.; SCHIBECI, R. **Checklist and context-bound evaluations of online learning in higher education**. British Journal of Educational Technology, v. 36, n. 5, p. 881–895, 2005.

HOSSEINI, S. **Designing a Model for Measuring the Quality of Educational Services of Universities and Evaluating the Quality of Educational Services of Master of Art fields in Tarbiat Moallem University in Iran by using a Designed Model**. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, v. 4, n. 21, p. 4325–4332, 2012.

HUAMANI, J. R.; SEQUERA, J. C.; CAÑAMERO, J. M.; MANSILLA, F. P.; QUISPE, G. B. **A Proposal of an E-Learning Inter-Operable Platform Based on Semantic Web**. Creative Education, 6, 738-744, 2015.

IEEE. **Learning Object Metadata**, July, p. 1–44, 2002.

ISO/IEC 12207. International Standard. Information Technology. **Systems and software engineering - Software life cycle processes**, 2008. Disponível em: <http://www.math.unipd.it/~tullio/IS-1/2009/Approfondimenti/ISO_12207-2008.pdf>. Acesso em 02 Dez. 2013.

ISO/IEC 14598. **International Standard. Information Technology – Software Product Evaluation** - Parte 1- General Overview (1998), Parte 6 (2001) Evaluation Modules.

ISO/IEC 25000. **Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Guide to SQuaRE**, 2005.

ISO/IEC 25010. **Software engineering-Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) Quality model**. ISO/IEC JTC1/SC7 Software and Systems Engineering Secretariat: CANADA (SCC) ISO/IEC, v. 2, p. 43, 2008.

ISOTANI, S. **An Ontological Engineering Approach to Computer-Supported Collaborative Learning - From Theory to Practice**. Ph.D. Thesis, Department of Information and Communications Technology Division of Electrical, Electronic and Information Engineering, Osaka University, Japan, 2009, 227p.

ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados abertos conectados**. São Paulo: Novatec, 2015.

ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I.; MIZOGUCHI, R.; COSTA, E. **Estado da Arte em Web Semântica e Web 2.0: Potencialidades e Tendências da Nova Geração de Ambientes de Ensino na Internet**. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 17, n. 1, p. 30–42, 2009.

ISOTANI, S.; MIZOGUCHI, R.; CAPELI, O. M.; ALBUQUERQUE, A. R. P. L.; BITTENCOURT, I. I.; JAKUES, P. **A Semantic Web-based authoring tool to facilitate the planning of collaborative learning scenarios compliant with learning theories**. Computers and Education, v. 63, p. 267–284, 2013.

ISOTANI, S.; MIZOGUCHI, R. **Planejamento e Análise de sessões colaborativas utilizando teorias de aprendizagem e ontologias**. Revista Brasileira de Informática na Educação Rbie, p. 45–56, 2007.

JANEV, V.; VRANES, S. **Applicability assessment of Semantic Web technologies**. Information Processing and Management, v. 47, n. 4, p. 507–517, 2011.

JOVANOVIC, J.; KNIGHT, C.; GASEVIC, D.; RICHARDS, G. **Learning Object Context on the Semantic Web**. Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06), p. 669-673, 2006.

JOVANOVIC, J.; DEVEDZIC, V.; GASEVIC, D.; HATALA, M.; EAP, T.; RICHARDS, G.; BROOKS, C. **Using Semantic Web Technologies to Analyze Learning Content**. Internet Computing, IEEE, v. 11, n. 5, p. 45–53, 2007.

JOVANOVIC, J.; GASEVIC, D.; BROOKS, C.; DEVEDZIC, V.; HATALA, M.; EAP, T.; RICHARDS, G. **LOCO-Analyst: semantic web technologies in learning content usage analysis**. International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning, v. 18, n. 1, p. 54, 2008.

JOVANOVIC, J.; TORNIAI, C.; GASEVIC, D.; BATEMAN, S.; HATALA, M. **Leveraging the social semantic web in intelligent tutoring systems**. In Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems, LNCS 5091, p. 563-572, 2008.

JOVANOVIC, J.; GASEVIC, D.; TORNIAI, C.; BATEMAN, S.; HATALA, M. **The Social Semantic Web in Intelligent Learning Environments: state of the art and future challenges**. Interactive Learning Environments, v. 17, n. 4, p. 273–309, 2009.

KAMADA, A. **Interoperabilidade semântica**. Os desafios e obstáculos na implementação de padrões que propiciam a interoperabilidade em sistemas computacionais. Linux Magazine Especial #06, Junho de 2011, 2011.

KAN, S. H. **Metrics and Models in Software Quality Engineering**. 2 ed., Addison-Wesley Publishing Company, Boston, Estados Unidos, 2003.

KASSIM, J. M.; RAHMANY, M. **Introduction to Semantic Search Engine**. International Conference on Electrical Engineering and Informatics, v. 2, p. 380–386, 2009.

KAY, R. H.; KNAACK, L. **A multi-component model for assessing learning objects: The learning object evaluation metric (LOEM)**. Australasian Journal of Educational Technology, v. 24, n. 5, p. 574–591, 2008.

KELLER, F. S. **“Good-bye, teacher...”**. Journal of applied behavior analysis, n. 1, p. 79–89, 1968.

KELLY, G. **A collaborative process for evaluating new educational technologies**. Campus-Wide Information Systems, v. 25, n. 2, p. 105–113, 2008.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, 2004.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Version 2.3, EBSE Technical Report EBSE-2007-01, Software Engineering Group, School of Computer Science and Mathematics Keele University, Keele, Staffs ST5 5BG, UK 2007.

KITCHENHAM, B.; PFLEEGER, S. L. **Software quality: the elusive target**. IEEE Software, v. 13, n. 1, p. 12–21, 1996.

KONSTANTINOS, M.; PENELOPE, M.; GIANNIS, K.; AGLAIA, L. **Semantic e-learning: Next generation of e-learning?** A.B. Sideridis and Ch. Z. Patrikakis (Eds.): e-Democracy 2009, LNICST 26, p. 295–308, 2010.

KOPER, R. **Modelling units of learning from a pedagogical perspective**. Online Education Using Learning Objects, v. 40, p. 40–52, 2001.

KOPER, R. **Use of the Semantic Web to Solve Some Basic Problems in Education**. Journal of Interactive Media in Education, v. 2004, n. May, p. 1–23, 2004.

KOSBA, E. M.; DIMITROVA, V.; BOYLE, R. D. **Adaptive feedback generation to support teachers in web-based distance education**. User Model. User-Adapt. Interact., v. 17, n. 4, p.379–413.

KOSCIANSKI, A.; VILLAS-BOAS, A.; RÊGO, C. **Guia para utilização das normas sobre avaliação de qualidade de produto de software—ISO/IEC 9126 E ISO/IEC 14598**. ABNT, v. 5, 1999.

KUMAR, K.; WELKE, R. J. **Method Engineering: A Proposal for Situation-specific Methodology Construction**. Systems Analysis and Design: A Research Agenda, n. JANUARY 1992, p. 257–268, 1992.

KURILOVAS, E.; DAGIENĖ, V. **Multiple criteria comparative evaluation of e-Learning systems and components**. INFORMATICA, v. 20, n. 4, 499–518, 2009.

KURILOVAS, E.; SERIKOVIENE, S. **Learning content and software evaluation and personalisation problems**. Informatics in Education, v. 9, n. 1, p. 91–114, 2010.

LAMBRIX, P.; HABBOUCHE, M.; PÉREZ, M. **Evaluation of ontology development tools for bioinformatics**. Bioinformatics, v. 19, n. 12, p. 1564–1571, 2003.

LANZILOTTI, R.; ARDITO, C.; COSTABILE, M. F.; ANGELI, A. DE. **eLSE Methodology : a Systematic Approach to the e-Learning Systems Evaluation**. Educational Technology & Society, v. 9, n. 4, p. 42–53, 2006.

LAUFER, C. **Guia_Web_Semantica**, 2015, 133p. Disponível em: <[http://ceweb.br/media /docs/ publicacoes/13/Guia_Web_Semantica.pdf](http://ceweb.br/media/docs/publicacoes/13/Guia_Web_Semantica.pdf)>. Acesso em 20 Out. 2016.

LEACOCK, T. L.; NESBIT, J. C. **A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources**. Educational Technology & Society, v. 10, p. 44–59, 2007.

LENAT, D. WITBROCK, M.; BAXTER, D.; BLACKSTONE, E.; DEATON, C.; SCHNEIDER, D.; SCOTT, J.; SHEPARD, B. **Harnessing Cyc to Answer Clinical Researchers' Ad Hoc Queries**. AI Magazine, v. 31, n. 3, p. 13–32, 2010.

LYRA, A. R. de L.; LEITÃO, D. A.; AMORIM, G. B. C. DE; GOMES, A. S. **Ambiente virtual para análise de software educativo**. IX Workshop de Informática na Escola - WIE - 2003 Workshop em Informática na Educação, p. 236–247, 2003.

MADHURA, K. **Evaluation of learning objects**. Proceedings of the regional symposium of Open Educational Resources: An Asian perspective on policy and practices, 19-21 Setembro, p. 1–42, 2012.

MAGNISALIS, I.; DEMETRIADIS, S.; KARAKOSTAS, A. **Adaptive and Intelligent Systems for Collaborative Learning Support: A Review of the Field**. IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES, v. 4, n. 1, january-march 2011, p. 5–20, 2011.

MAININI, M. T.; BILLOT, L. **PERFIDE: an environment for evaluation and monitoring of software reliability metrics during the test phase**. Software Engineering Journal, v. 5, n. 1, p. 27–32, 1990.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A.; **Fundamentos de metodologia científica: Técnicas de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTIN, L.; RESTREPO, E. Y; BARRERA, C. **Usability and accessibility evaluations along the eLearning cycle**. WISE 2007 Workshops, LNCS 4832, p. 453–458, 2007. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-77010-7_44>. Acesso em 25 Out. 2014.

MCCALL, J. A.; RICHARDS, P. K. **Concept and Definitions of Software Quality**. v. I, n. November, 1977.

MCGREAL, R. A. **Typology of Learning Object Repositories**. In: Handbook on Information Technologies for Education and Training, p. 5–28, 2008.

MCGREAL, R. **Open Educational Resource Repositories: An Analysis**. The 3rd Annual Forum on e-Learning Excellence, Dubai, UAE, Dubai, p. 1–5, 2011.

MCILRAITH, S. A; SON, T. C.; ZENG, H. **Semantic Web services**. Intelligent Systems, IEEE, v. 16, n. 2, p. 46–53, 2001.

MEIRELLES, P. R. M. **Monitoramento de métricas de código-fonte em projetos de software livre**. Tese (Doutorado em Ciência da Computação), Universidade de São Paulo, 2013, 161p.

MENDES, R. M.; SOUZA, V. I.; CAREGNATO, S. E. **A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem.** 2005. Disponível em: <http://www.cinform-antiores.ufba.br/v_anais/frames.html>. Acesso em: 5. Nov. 2016.

MILANOVIĆ, M.; GAŠEVIĆ, D.; GIURCA, A.; WAGNER, G.; DEVEDZIC, V. **Model transformations to share rules between SWRL and R2ML.** In: 3rd International Workshop on Semantic Web Enabled Software Engineering at 4th European Semantic Web Conference, Innsbruck, Austria, p. 1–15, 2007.

MILITARU, T.; SUCIU, G.; TODORAN, G. **The evaluation of the e-learning applications' quality.** 54th International Symposium ELMAR-2012, 12-14 September 2012, Zadar, Croatia, 2012a. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6338497>. Acesso em: 1 out. 2014.

MILITARU, T.; SUCIU, G.; TODORAN, G. **The use of expert systems in building the quality model of a web-based learning platform.** ICWL 2012, LNCS 7558, pp. 318–327, 2012b. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-33642-3_34>. Acesso em: 1 out. 2014.

MINAYO, M. C de S. (Org). **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade.** 30 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

MIRANDA DE LUNA, A.; SANTOS, N. **Anotações Semânticas em Serviços Web para Aprendizagem Colaborativa.** Série Informática, v. 23, p. 21–30, 2007.

MISHRA, R. B.; KUMAR, S. **Semantic web reasoners and languages.** Artificial Intelligence Review, 2011.

MITCHELL, K. (Ed.); AROYO, L. M.; LEE, K-T. (Ed.); MIZOGUCHI, R.; TZOLOV, C. K. **OntoAIMS: ontological approach to courseware authoring,** p. 1011-1014, 2004.

MITROVIC, A.; DEVEDZIC, V. **A Model of Mul tutor Ontology-Based Learning Environments.** Proceedings of the International Conference on Computers in Education (ICCE'02), p. 17–18, 2002.

MIYOSHI, T.; AZUMA, M. **An empirical study of evaluating software development environment quality.** IEEE Transactions on Software Engineering, v. 19, n. 5, p. 425–435, 1993.

MIZOGUCHI, R. **Tutorial on ontological engineering**. New Generation Computing, v. 21, p. 363–364, 2003.

MIZOGUCHI, R. **YAMATO: Yet Another More Advanced Top-level Ontology**. Proceedings of the Sixth Australian Ontology Workshop, Adelaide, p. 1–16, 2010.

MIZOGUCHI, R. **What ontological engineering can do for solving real-world problems**. Advances in Intelligent Systems and Computing, p. 1-5, 2014

MIZOGUCHI, R.; BOURDEAU, J. **Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems**. Journal of Artificial Intelligence and Education, v. 11, p. 107–121, 2000.

MIZOGUCHI, R.; HAYASHI, Y.; BOURDEAU, J. **Inside Theory-Aware and Standards-Compliant Authoring System**. Capuano Nicola Dicheva Darina Harrer Andreas and Mizoguchi Riichiro. SW-EL'07, 2007, Marina del Rey, CA, United States., 2007, 18p.

MONTEIRO, F. de S. **Web semântica e repositórios digitais educacionais na área de saúde: uma modelagem com foco no objetivo de aprendizagem para refinar resultados de busca**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação), Universidade de Brasília, 2013, 202p.

MOTTA, E.; SABOU, M. **Next generation semantic web applications**. 1st Asian Semantic Web Conference, 2006.

MUÑOZ-MERINO, P. J.; KLOOS, C. D.; MUÑOZ-ORGANERO, M.; WOLPERS, M.; FRIEDRICH, M. **An Approach for the Personalization of Exercises based on Contextualized Attention Metadata and Semantic Web technologies**. 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, (2010). IEEE, p. 89–91, 2010.

MURDOCK, J.; BUCKNER, C.; ALLEN, C. **Evaluating dynamic ontologies**. Communications in Computer and Information Science, p. 258–275, 2013.

NANDURI, S.; BABU, N. S. C.; JAIN, S.; SHARMA, V.; GARG, V.; RAJSHEKAR, A. P.; RANGI, V. **Quality Analytics Framework for E-learning Application Environment**. 2012 IEEE Fourth International Conference on Technology for Education. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6305971>>. Acesso em 3 Nov. 2013.

NERIS, V. P. A.; BARANAUSKAS, M. C. C. **End-user tailoring: a semiotic-informed perspective**, In ICOS' 2007 International Conference on Organizational Semiotics, p. 47-53, 2007.

NIELSEN, J. **Enhancing the explanatory power of usability heuristics**. Conference companion on Human factors in computing systems - CHI '94, p. 210, 1994.

NIELSEN, J. 10 **Usability Heuristics for User Interface Design**. Conference companion on Human factors in computing systems CHI 94, p. 152–158, 1995.

OBRST, L.; CEUSTERS, W.; MANI, I.; RAY, S.; SMITH, B. **The evaluation of ontologies: toward improved semantic interoperability**. Semantic Web: Revolutionizing Knowledge Discovery in the Life Sciences, p. 139–158, 2007.

O'HARA, K.; HALL, W. **The Semantic Web**. Encyclopedia of Library and Information Sciences, Taylor & Francis - Marcia J. Bates & Mary Niles Maack (eds.), p. 41, 2009.

OKADA, A.; MIKROYANNIDIS, A.; MEISTER, I.; LITTLE, S. **“Co-learning”: collaborative open learning through OER and social media**. Open Educational resources and social networks, p. 46–56, 2012.

ONTOWEB, D1.3: **a survey on ontology tools**. Technical Report, IST OntoWeb Thematic Network, 2002.

OUNNAS, A.; DAVIS, H. C.; MILLARD, D. E. **A framework for semantic group formation in education**. Educational Technology and Society, v. 12, n. 4, p. 43–55, 2009.

PANDIT, V. R. **E-Learning System Based on Semantic Web**. 2010 3rd International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, p. 559–564, 2010.

PAPPANO, L. **The Year of the MOOC**. The New York Times, p. 1–7, 2012.

PAPPAS, C. **The Top 8 Open Source Learning Management Systems**. December, 2015.

PEASE, A.; SUTCLIFFE, G.; SIEGEL, N.; TRAC, S. **Large theory reasoning with SUMO at CASC**. AI Communications, v. 23, n. 2–3, p. 137–144, 2010.

PELLEGRINI, T.; BLUMAUER, A.; GRANITZER, G.; PASCHKE, A.; LUCZAK-RÖSCH, M. **Semantic Web Awareness Barometer 2009 - Comparing Research- and Application-oriented Approaches to Social Software and the Semantic Web**. Proceedings of I-KNOW '09 and I-SEMANTICS '09, p. 518–529, 2009.

PETERS, J. F., PEDRYCZ, W. **Engenharia de software: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. **Systematic mapping studies in software engineering**. EASE'08 Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, Italy, June 26 - 27, p. 68-77, 2008.

PFLEEGER, S. L. **Engenharia de software: teoria e prática**. 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

PICKLER, M. **Web Semântica: ontologias como ferramentas de representação do conhecimento**. Perspectivas em Ciência da Informação, 2007.

PLAZA, I.; MARCUELLO, J. J.; IGUAL, R.; ARCEGA, F. **Proposal of a quality model for educational software**. EAEEIE Annual Conference, 2009. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocsepic03/wrapper.htm?arnumber=5335484>>. Acesso em 20 Nov. 2013.

PRATES, R.; BARBOSA, S. **Avaliação de Interfaces de Usuário—Conceitos e Métodos**. In: Anais do XXIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação, p. 1–4, 2003.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software**. AMGH: Porto Alegre, 2011.

QUEIROZ, P. G. G. **Uma abordagem de desenvolvimento de linha de produtos orientada a modelos para a construção de famílias de sistemas embarcados críticos**. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

RADENKOVIC, S.; KRDZAVAC, N.; DEVEDZIC, V. **An Assessment System on the Semantic Web**. In: Devedzić V., Gasevic D. (eds) Web 2.0 & Semantic Web. Annals of Information Systems, v. 6, Springer, Boston, MA, 2010.

RADULOVIC, F.; GARCÍA-CASTRO, R. **Extending Software Quality Models - A Sample In The Domain of Semantic Technologies**. In: Proceedings of de 23rd SEKE, p. 25-30, 2011.

RADULOVIC, F.; GARCIA-CASTRO, R.; GOMEZ-PEREZ, A. **SemQuaRE - An extension of the SQuaRE quality model for the evaluation of semantic technologies**. Computer Standards and Interfaces, v. 38, p. 101–112, 2015.

REATEGUI, E.; BOFF, E. **A avaliação de softwares educativos**. Revista Interatividades, v. 10, p. 1-10, 2007.

RELVÃO, R. R. **Estudo sobre a utilização e interoperabilidade entre conteúdos de aprendizagem com diferentes granularidades**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação), Universidade do Minho, 2006, 185p.

RETALIS, S. **Usable and interoperable e-learning resources repositories**. Interactive multimedia in education and training, p. 249–269, 2005.

REZENDE, C. DE S. **Modelo de avaliação de qualidade de software educacional para o ensino de ciências**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade Federal de Itajubá, 2013, 132p.

REZENDE, P. A. d' A. **BROAD-RS: arquitetura para recomendação de objetos de aprendizagem sensível ao contexto usando agentes**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014, 153p.

RILEY, J. **Understanding Metadata: What is metadata, and what is it for?** National Information Standards Organization (NISO), 2017.

RIOS, L. C. G.; PIMENTEL DE SOUSA, V. L.; ARAUJO, E. A.; RIOS, R. **A Interoperabilidade Semantica em Ambientes Corporativos**. In: 15^o CIAED, Anais do 15^o Congresso Internacional ABED de Educação a Distância, Fortaleza, 2009.

ROCHA, A. R.; CAMPOS, G. H. B. de. **Avaliação da Qualidade de Software Educacional**. In: Em aberto. Brasília, ano 12, n. 57, jan/mar 1993. p. 32 – 44, 1993.

ROCHA, A. R. C. DA; MALDONADO, J. C.; WEBER, K. C. **Qualidade de software: teoria e prática**. Capítulo 17. Prentice-Hall: São Paulo, 2001.

RODRIGO, L.; BENJAMINS, V. R.; CONTRERAS, J.; PATÓN, D.; NAVARRO, D.; SALLA, R.; BLÁZQUEZ, M.; TENA, P.; MARTOS, I. **A Semantic Search Engine for the International Relation Sector**. In book: *The Semantic Web – ISWC 2005*, p.1002-1015, 2005.

ROHRER, E.; DÍAZ, A.; MOTZ, R. **Web Site Recommendation Modeling Assisted by Ontologies Networks**. Health (San Francisco), May, p. 1–14, 2010.

ROMANO, R. **The Quality of an Ontology: The development and demonstration of an instrument for ontology quality assessment**. Thesis (Master of Information Sciences), University of Canberra, Canberra, Australia, 2012, 210p.

ROMO, B. S.; GUILHERME, I. R.; QUEIROZ, J. **Uma arquitetura multiagente para sistemas Web semântico para gestão de conteúdos educacionais**. II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013) Workshops (WCBIE 2013), p. 561–570, 2013.

ROQUE, G.; CAMPOS, G. **QUALIDADE EM EAD: o que pensam os cursistas?** Anais do XXII SBIE - XVII WIE Aracaju, 21 a 25 de novembro de 2011. Disponível em: <<http://brie.org/pub/index.php/wie/article/view/1986>>. Acesso em 1 Out. 2014.

ROQUE, G. O. B.; FONSECA, M. V. DE A.; CAMPOS, G. H. B. DE. **A segunda geração da avaliação da qualidade de cursos a distância e os atributos do saber fazer**. B. Téc. Senac: a R. Educ. Prof., Rio de Janeiro, v. 38, n. 2, maio/agosto 2012, p. 55–63, 2012.

RUY, F. B. **Semântica em um ambiente de desenvolvimento de software**. Dissertação (Mestrado em Informática), da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, p. 121, 2006.

SAKAKIBARA, L. A. **Interação humano-computador em websites: avaliação heurística de usabilidade e briefing de diagramação da interface da UFPR Setor Litoral**. Monografia (Graduação em Informática e Cidadania), Universidade Federal do Paraná, 2014, 79p.

SANTAELLA, L. **A aprendizagem ubíqua na educação aberta**. Revista Tempos e Espaços em Educação, v. 7, n. 14, setembro/dezembro 2014, p. 15-22, 2014.

SANTANCHÈ, A.; LAGO, A. ALMEIDA, P. D. L. DE; FERREIRA, P. **Objetos Digitais Complexos na Educação e os Objetos de Aprendizagem**. Minicurso ministrado no

SBIE 2007, 28 a 30 de Novembro de 2007, São Paulo, SP, p. 1–29, 2007.

SANTOS, P.; ALVES, R. **Metadados e Web Semântica para estruturação da Web 2.0 e Web 3.0**. DataGramaZero - Revista de Ciência da Informação - v. 10, n. 6, dez/09, p. 1-15, 2009.

SANZ-RODRÍGUEZ, J.; DODERO, J. M.; SANCHEZ-ALONSO, S. **A Preliminary Analysis of Software Engineering Metrics-based Criteria for the Evaluation of Learning Objects Reusability**. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), v. 4, p. 30–34, 2009.

SANZ-RODRIGUEZ, J.; SANCHEZ-ALONSO, S.; DODERO, J. M. **Metrics-based evaluation of learning object reusability**. In: Software Quality (2011), v. 19, p. 121–140, 2011.

SARMENTO, W. **Avaliação de Usabilidade no processo de desenvolvimento contínuo em Ambientes Virtuais de Aprendizagem: um estudo de caso com o ambiente SOLAR**. Anais do XXII SBIE - XVII WIE Aracaju, 21 a 25 de novembro de 2011, p. 781–791, 2011.

SHADBOLT, N.; HALL, W.; BERNERS-LEE, T. **The semantic web revisited**. IEEE Intelligent Systems, v. 21, n. 3, p. 96–101, 2006.

SHAFIQ, M.; DING, Y.; FENSEL, D. **Bridging multi agent systems and web services: towards interoperability between software agents and semantic web services**. Proceedings of the 10th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC'06), p. 85–96, 2006.

SHANNON, C. E. **A mathematical theory of communication**. The Bell System Technical Journal, v. 27, p. 379–423, 1948a.

SHI, Y.; WANG, M.; QIAO, Z.; MAO, L. **Effect of semantic web technologies on distance education**. Procedia Engineering, v. 15, p. 4295–4299, 2011.

SHNEIDERMAN, B.; PLAISANT, C. **Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction**. 4. ed. Addison-Wesley Publishing Company, 2004.

SILIUS, K.; KAILANTO, M.; TERVAKARI, A. M. **Evaluating the quality of social media in an educational context**. 2011 IEEE Global Engineering Education

Conference (EDUCON) – "Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education", p. 505-510, 2011.

SILVA, L. A. M.; SANTANCHÈ, A. **Autoria de objetos digitais complexos baseada em documentos através da anotação semântica de conteúdo**. In: VII WTDBD – Workshop de Teses e Dissertações em Bancos de Dados, 2008, Campinas. Anais do VII Workshop de Teses e Dissertações em Bancos de Dados, 2008.

SILVA, C. R. DE O. E; VARGAS, C. L. S. **Avaliação da Qualidade de Software Educacional**. Em aberto, n. 57, p. 32–44, 1999.

SILVEIRA, I. F. **Computação**. Computação Brasil, Revista da Sociedade Brasileira de Computação, v. 31, Computação e interdisciplinaridade, 2016, 66p.

SIMIC, G.; GASEVIC, D.; JEREMIC, Z.; DEVEDZIC, V. **7. Intelligent Virtual Teaching**. StudFuzz 178, p. 171–202, 2005.

SOLODOVNIK, I. **Metadata issues in digital libraries: key concepts and perspectives brief overview of information management in digital library**. Italian Journal of Library and Information Science, v. 2, n. 2, p. 4663-1–4663–27, 2011.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 9 ed. São Paulo: Pearson, 2011.

SOSNOVSKY, S.; DICHEVA, D. **Ontological technologies for user modelling**. International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies, v. 5, n. 1, p. 32, 2010.

SOUZA, M. J. G. de. **MOOC de Geometria: discussões e proposta de um modelo para a educação básica**. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, 2015.

SOUSA, S. F. de; BALIEIRO, M. A.; SOUZA, C. R. B. de. **Análise multidimensional de redes sociais de projetos de software livre**. Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos, p. 23–33, 2008. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4700782>>. Acesso em: 14 jun. 2013.978-0-7695-3500-5.

SPYROPOULOU, M.; NTOUROU, D. **Evaluating the correspondence of educational software to learning theories**. PCI 2013, September 19 - 21 2013, Thessaloniki, Greece, p. 250–257, 2013.

SQUIRES, D.; PREECE, J. **Predicting quality in educational software: Evaluating for learning, usability and the synergy between them**. *Interacting with Computers*, v. 11, p. 467-483, 1999.

STOJANOVIC, L.; STAAB, S.; RUDI, S. **eLearning based on the Semantic Web**. *WebNet2001 - World Conference on the WWW and Internet*, Orlando, Florida, p. 23–27, 2001.

STRUJIC, D.; SENDELJ, R. **Concepts of modern systems for e-learning based on sematic technologies**. 2012 Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2012. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84867030987&partnerID=40&md5=35f0af1a7d149d909832d912cc59df1a>>. Acesso em 20 Nov. 2013.

STUDER, R.; BENJAMINS, V. R.; FENSEL, D. **Knowledge engineering: Principles and methods**. *Data & Knowledge Engineering*, v. 25, n. 1–2, p. 161–197, 1998.

TAROUCO, L. M. R.; DUTRA, R. L. de S. **Padrões e Interoperabilidade**. In: Carmem Lucia Prata, Anna Christina Aun de Azevedo Nascimento. (Org.). *Objetos de Aprendizagem - Uma proposta de recurso pedagógico*. Brasília - DF: MEC/SEED, p. 81-92, 2007.

TAYLOR, A. G.; JOUDREY, D. N. **the Organization of Information**. *Library and Information Science Text Series*, 2008.

TEIXEIRA, A. M. **Web social-semântica e Personalização - A personalização dos ambientes de aprendizagem**. III Colóquio Luso Brasileiro de Educação a Distância e Elearning, Lisboa, 6-7 Dezembro, p. 1–15, 2013.

TIROPANIS, T.; DAVIS, H.; MILLARD, D.; WEAL, M. **Semantic Technologies for Learning and Teaching in the Web 2.0 Era: A survey of UK Higher Education** *Web Science 2009 Conference - Athens*, March 2009. n. March, 2009.

TODA, A. M.; VALLE, P. H. D.; GUESSI, M.; ROCHA, R. V. da; MALDONADO, J. C.; ISOTANI, S. **Plataforma de Recursos Educacionais Abertos: Uma Arquitetura de Referência com Elementos de Gamificação**, *RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 14, n. 2, p. 1–10, 2010.

TORNIAI, C.; JOVANOVIĆ, J.; GAŠEVIĆ, D.; BATEMAN, S.; HATALA, M. **E-learning meets the Social Semantic Web**. *Proceedings - The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2008*.

Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-51849147967&partnerID=40&md5=139b4498144354450f081764805cc14e>>. Acesso em 02 Jun. 2016.

ULLRICH, C.; LIBBRECHT, P. **Educational Services in the ActiveMath Learning Environment**. The Learning Grid Handbook Concepts, Technologies and Applications, n. Section 1, p. 219–244, 2008.

UVALIC-TRUMBIC, S.; DANIEL, S. J. **A Guide to Quality in Online Learning**. Academic Partnerships, 2013.

VARGAS-VERA, M.; LYTRAS, M. **Personalized learning using ontologies and semantic web technologies**. WSKS 2008, LNAI 5288, pp. 177–186, 2008. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-87781-3_20>. Acesso em 1 Out. 2014.

VARLAMIS, I.; APOSTOLAKIS, I. **A framework for the quality assurance of blended e-learning communities**. KES 2010, Part III, LNAI 6278, pp. 23–32, 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-15393-8_4>. Acesso em 1 Out. 2014.

VLADOIU, M. **Towards a Quality Model for Open Courseware and Open Educational Resources**. New Horizons in Web Based Learning, p. 213–220, 2014.

VLADOIU, M.; CONSTANTINESCU, Z. **Evaluation and Comparison of Three Open Courseware Based on Quality Criteria**. Current Trends in Web Engineering, p. 204–215, 2012.

VRANDECIC, D. **Handbook on Ontologies**. International Handbooks on Information Systems, DOI 10.1007/978-3-540-92673-3, p. 293–313, 2009.

W3C. **The Semantic Web technology stack**. Disponível em: <<https://www.w3.org/DesignIssues/diagrams/sweb-stack/2006a.png>>. Acesso em 01 Fev. 2013.

W3C. **Data on the Web best practices**. W3C Recommendation, 2017. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/2017/REC-dwbp-20170131/#metadata>>. Acesso em 15 Mar. 2017.

WAN, L. **Application of Web 2.0 Technologies in E-learning Context**. 2010 International Conference on Networking and Digital Society, p. 437–440, 2010.

WANG, Y.; ZHANG, L.; CAI, H.; SUN, J.; LI, N. **Evaluating the quality of distance education services by using modern information technology**. 2012 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference, p. 192-199, 2012.

WANG, Y.; CHENG, Y.; ZHENG, Z. **Evaluation design of learners' online learning quality in network learning platform**. IEEE International Conference in Artificial Intelligence and Education (ICAIE), p. 222-225, 2010.

WAZLAWICH, R. S. **Metodologia de pesquisa para ciência da computação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

WILEY, D. **Learning Objects: Difficulties and Opportunities**. Utah State University, p. 1–8, 2003. Disponível em: < https://opencontent.org/docs/lo_do.pdf >. Acesso em 01 Nov 2016.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy**. Utah State University, 2003. Disponível em: <http://wesrac.usc.edu/wired/bldg-7_file/wiley.pdf >. Acesso em 01 Nov 2016.

WOLL, F. V. **Processo para avaliação de objetos de aprendizagem no ROAI utilizando workflow**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade do Estado de Santa Catarina, 2011, 98p.

WONG, W.; LIU, W. E. I.; BENNAMOUN, M. **Ontology learning from text**. ACM Computing Surveys, v. 44, n. 4, p. 1–36, 2012.

WOOLF, B. **Intelligent Tutors: Past, Present, and Future**. Keynote address at the Advanced Distributed Learning, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso - Planejamento e Métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YUESHUN, H. **WEB-based personalized learning habits of research and evaluation techniques**. Proceedings of 2009 4th International Conference on Computer Science & Education, p. 1259-1262, 2009.

ZENGER, M. **Programming Language Abstractions for Extensible Software Components**. Thesis (Doctoral), Faculté Informatique et Communications École Polytechnique Fédérale de Lausanne October, 2004.

ZHUHADAR, L.; NASRAOUI, O. **Personalized Cluster-based Semantically Enriched Web Search for E-learning** In: Conference on Information and Knowledge Management, 2nd International Workshop on Ontologies and Information Systems for the Semantic Web, Napa Valley, California, USA, p. 105–112, 2008.

ZIMMERMANN, B.; MEYER, M.; RENSING, C.; STEINMETZ, R. **Improving retrieval of reusable learning resources by estimating adaptation effort.** Proceedings of the First International Workshop on Learning Object Discovery & Exchange, p. 46–53, 2007.

APÊNDICE A – MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

O mapeamento sistemático da literatura (MS) possibilita uma visão ampla dos estudos primários, numa área determinada, para identificar as evidências disponíveis na referida área (KITCHENHAM, 2004). Petersen et al. (2008) corroboram e afirmam que o MS fornece uma visão geral de determinada área de pesquisa, possibilitando que se conheça a frequência, quantidade e tipos de pesquisa referentes às publicações ao longo do tempo, permitindo identificar tendências de pesquisa.

Assim, o MS foi conduzido de acordo com os passos propostos por Petersen et al. (2008): A) Definição das questões de pesquisa; B) Condução da busca por estudos primários; C) Triagem dos estudos por meio dos critérios de inclusão e exclusão; D) Extração dos dados e mapeamento; e E) Processo de classificação dos estudos selecionados.

A. Definição das questões de pesquisa

O MS realizado teve como objetivo identificar modelos, métodos, metodologias, *frameworks*, *checklists*, *guidelines*, métricas, critérios, processos e abordagens desenvolvidas para avaliação de qualidade de sistemas educacionais, com foco principalmente em ambientes Web de aprendizagem (também conhecidos como ambientes virtuais de aprendizagem). Com base neste objetivo, definiu-se as seguintes **questões de pesquisa do MS**:

- QP1. Quais são os modelos, métodos, metodologias ou *frameworks* para avaliação de qualidade de sistemas educacionais Web?
- QP2. Existe algum método ou modelo de avaliação específico para SWBES?

B. Condução da busca por estudos primários

A *string* de busca foi construída de acordo com Kitchenham e Charters (2007), por meio da identificação das principais palavras-chave derivadas das questões de pesquisa. Utilizou-se os operadores booleanos “OR” e “AND”, respectivamente para termos sinônimos e termos alternativos de cada palavra chave, definidos como “*Model*”, “*Quality evaluation*” e “*Educational software*”. Para validar os termos, foi

solicitada a ajuda de um pesquisador especialista na área em questão. O Quadro apresenta os termos e sinônimos utilizados na construção da *string* de busca.

Quadro 1. Termos utilizados para construção da string de busca em Inglês

Termos	Sinônimos
Model	Framework, Guideline, Process, Methodology, Methods, Approach, Metrics, Checklist, Criteria
"Quality evaluation"	"Quality Evaluation", "Quality Evaluating", "Quality analysis", "Quality validation", "Quality Assessment", "Evaluate Quality", "Assessing Quality", "Quality Rating
"Educational software"	"intelligent tutoring system", "educational software", "educational system", "educational technologies", "educational technology", "CSCL", "CAI", "intelligent virtual environment", "virtual learning", "educational environment", "educational tool", "computer aided instruction", "computer assisted learning", "Learning Management System"

Obteve-se, então, como resultado, a seguinte *string* de busca genérica:

(Model OR Framework OR Guideline OR Process OR Methodology OR Approach OR Metrics OR Checklist OR Criteria) AND ("Quality Evaluation" OR "Quality Evaluating" OR "Quality analysis" OR "Quality validation" OR "Quality Assessment" OR "Evaluate Quality" OR "Assessing Quality" OR "Quality Rating") AND ("intelligent tutoring system" OR "educational software" OR "educational system" OR "educational technologies" OR "educational technology" OR "CSCL" OR "CAI" OR "intelligent virtual environment" OR "virtual learning" OR "educational environment" OR "educational tool" OR "computer aided instruction" OR "computer assisted learning" OR "Learning Management System")

A escolha das bases eletrônicas para as buscas foi baseada em Dietze et al. (2007), que estabelece alguns critérios como a disponibilidade dos estudos primários, cobertura das publicações e conferências relevantes na área de pesquisa, e a busca por estudos no idioma inglês (adotada nos principais eventos e periódicos científicos) e em português, para tentar recuperar algum estudo importante no Brasil. Diante destas condições, as bases consultadas foram: *IEEE Xplore*, *ACM Digital Lybrary*, *Science Direct (Elsevier)*, *Scopus* e *Springer*. Além das buscas nessas bases, foram realizadas algumas buscas pontuais, baseadas no grupo de controle (estudos base

para contexto da pesquisa) definido pelo especialista na área, em conferências específicas.

C. Triagem dos estudos por meio dos critérios de inclusão e exclusão

A triagem dos estudos consiste em aplicar um conjunto de critérios de inclusão (I) e exclusão (E) para adicionar ou remover artigos para a análise no MS. Foram definidos os seguintes critérios:

Critérios de inclusão:

I-1: Documentos que abordem e documentem aspectos práticos de um modelo, método, metodologia, processo, critérios, *checklists* para avaliação de softwares educacionais;

I-2: Apresenta um framework para avaliação de softwares educacionais;

I-3: Apresenta métricas bem definidas de avaliação de softwares educacionais;

I-4: Apresenta um método de avaliação de qualidade de softwares educacionais;

I-5: Apresenta um modelo de avaliação de softwares educacionais.

Critérios de exclusão:

E-1: Estudos que não estejam na língua portuguesa ou inglesa;

E-2: Relatórios técnicos, documentos que estão disponíveis na forma de resumos ou apresentações e também revisões de literatura secundárias (ou seja, revisões e mapeamentos sistemáticos da literatura);

E-3: Estudos que não possuam versões completas disponíveis;

E-4: Estudos que abordam apenas aspectos teóricos e filosóficos (sem definição de método, modelo etc.);

E-5: Estudos que não apresentam relação com softwares educacionais ou softwares educacionais web;

E-6: Estudos que não abordam avaliação de qualidade de software educacional web.

D. Extração dos dados e mapeamento

Os dados extraídos dos estudos foram armazenados e submetidos à análise

quantitativa e qualitativa. Essa análise teve o objetivo de encontrar evidências para responder às questões definidas na Seção A. Com o intuito de organizar os resultados, foi utilizada uma planilha eletrônica (resumida no Apêndice B) para documentar o processo de extração dos dados, a qual permitiu outras análises estatísticas, tais como, categorias de estudo, tipo de publicação, número de publicações por país e ano de publicação.

E. Processo de classificação dos estudos selecionados

Os estudos foram analisados e classificados em categorias, com base na questão de pesquisa QP1 e podem ser visualizados no Apêndice B.

Dos 78 estudos selecionados no MS, quinze apresentaram modelos de avaliação, dez apresentaram algum método, dezenove propuseram *frameworks* e seis discutiram metodologias para avaliação da qualidade de sistemas educacionais Web ou recursos relacionados a eles. Dez estudos utilizaram abordagens de diversos tipos para a avaliação da qualidade e, para as categorias definidas como *checklists*, *guidelines*, critérios, métricas e processos foram identificados treze estudos. Apenas 5 estudos não permitiram a identificação do tipo de acordo com as categorias definidas nesse MS (Figura 1).

Figura 1. Categorias de estudos de acordo com a questão de pesquisa

Fonte: Autora (2014).

Essa classificação dos estudos permitiu responder à primeira questão de

pesquisa QP1, definida na Seção A (“Quais são os modelos, métodos, metodologias ou frameworks para avaliação de qualidade de sistemas educacionais Web?”), uma vez que dentre todos os estudos recuperados, apenas um não tratava de avaliação de sistemas educacionais Web.

Entre os estudos selecionados não foram encontrados métodos ou modelos específicos para avaliar SWBES, o que possibilitou responder a questão QP2 (“Existe algum método ou modelo de avaliação específico para SWBES?”).

A Figura 2 mostra a execução das etapas apresentadas nas seções A, B e C, com o apoio das ferramentas Start¹³ e Mendeley¹⁴. Inicialmente, foi feita a identificação dos estudos nas bases de pesquisa por meio da *string* de busca, que retornou 603 estudos. Desses, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão a partir da leitura dos títulos, palavras-chave e resumos dos trabalhos, restaram 241, dos quais 67 eram duplicados, ou seja, estavam armazenados em diversas bases de dados. Esses estudos foram eliminados e apenas 174 deles permaneceram registrados. Em seguida, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, a partir da leitura da introdução e conclusão, foram selecionados 78 estudos.

Figura 2. Resumo do processo de condução do MS

Fonte: Autora (2014).

Além de responder às questões de pesquisa do MS, foi possível obter uma visão geral sobre onde e quando os 78 estudos foram publicados. Assim, foi realizada

¹³ StArt (State of the Art through Systematic Review) - <http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool>

¹⁴ Mendeley - <<http://www.mendeley.com/>>

a sumarização dos estudos por ano de publicação e observou-se um aumento no número de estudos publicados nos últimos anos, com 13 publicações em 2012, sugerindo que existe preocupação da comunidade científica com relação às questões aqui discutidas (Figura 3).

Figura 3. Número de publicações por ano

Fonte: Autora (2014).

Com relação ao país de origem dos autores, verificou-se que os estudos estão espalhados por diversos países, especialmente em alguns na Europa (Espanha e Inglaterra), enquanto outros estão em países com apenas um ou dois estudos recuperados nesse MS. A China é o país com o número mais significativo de estudos selecionados, conforme se pode observar na Figura 4.

Figura 4. Publicações por país

Fonte: Autora (2014).

Os estudos foram analisados com relação ao tipo de publicação, ou seja, a

quantidade de estudos publicados em conferências, revistas ou livros e as bases de dados em que os estudos foram recuperados, conforme Figura 5.

A ocorrência de estudos publicados em conferências (56) foi a mais comum, seguida por revistas (19) e capítulo de livros (3). Esse resultado destaca a importância das conferências para disseminação das pesquisas relacionadas à avaliação de qualidade de WES.

É possível observar, também, que dos estudos publicados em conferências, 64% foram recuperados na base do IEEE, enquanto que os estudos publicados em revistas, 58% foram recuperados na base Scopus, indicando uma tendência de algumas bases concentrarem mais alguns tipos de publicação.

Figura 5. Tipo de publicação

Fonte: Autora (2014).

APÊNDICE B – INFORMAÇÕES BÁSICAS DOS ESTUDOS DO MS

Autores	Título	Ano	Tipo de estudo
Kelly, G.	A collaborative process for evaluating new educational technologies	2008	Framework
Ssemugabi, Samuel and de Villiers, Ruth	A comparative study of two usability evaluation methods using a web-based e-learning application	2007	Framework
Varlamis, Iraklis and Apostolakis, Ioannis	A Framework for the Quality Assurance of Blended E-Learning Communities	2010	Framework
Dinevski, D.; Jakoncic, J.; Lokar, M.; Zhidarsic, B.	A model for quality assessment of electronic learning material	2010	Modelo
Bamidis, P.D. and Nikolaidou, M.M. and Konstantinidis, S.T. and Pappas, C.	A Proposed Framework for Accreditation of Online Continuing Medical Education	2007	Framework
Deniz, D.Z.; Marzo, J.-L.; Genon-Catalot, D.; Thiriet, J.-M.	A quality assessment methodology for EIE resources available through the internet	2008	Metodologia
Li Chengbiao	A Study on Teaching Quality Evaluation Based on Analytic Hierarchy Process	2010	Processo
Abdelhakim, Mohammed N.; Shirmohammadi, Shervin	A web-based group decision support system for the selection and evaluation of educational multimedia	2007	Modelo
Aboalsamh, H.A. and Alkhamis, N.I.	Academic program accreditation approach to E-learning benchmarking	2010	Abordagem
Ardito, C.; Costabile, M. F.; De Marsico, M.; Lanzilotti, R.; Leviadi, S.; Roselli, T.;	An approach to usability evaluation of e-learning applications	2006	Abordagem
Chen, M.-P.	An evaluation of the ELNP e-learning quality assurance program: Perspectives of gap analysis and innovation diffusion	2009	Framework
Qu Zhiming; Huo Hai-ying	Application of Performance Technology in Vocational Technology Education Based on Comprehensive Fuzzy Evaluation	2009	Framework
Smolin, D.; Butakov, S.	Applying artificial intelligence to the educational data: An example of syllabus quality analysis	2012	Framework
Dostál, Jiří; Serafin, Čestmír; A4Havelka, Martin; Minářčík, Josef	Assessment of Quality of Material Educational Tools for Technical Education	2012	Abordagem
Gomes, A.S.; Aires, J.; Filho, C.; Gitirana, V.; Spinillo, A.; Alves, M.; Melo, M.; Ximenes, J.	Avaliação de software educativo para o ensino da matemática	2001	Método
Hosie, P.; Schibeci, R.	Checklist and context-bound evaluations of online learning in higher education	2005	Checklist
Tergan, S. O.	Checklists for the evaluation of educational software: Critical review and prospects	2006	Checklist
Oliveira, Erica R De and Prates, Raquel O and Wemeck, Gisleide A M	Considerações sobre Aplicação do Método de Avaliação de Comunicabilidade ao Domínio Educacional	2010	Método
Bajnaid, N. and Benlamri, R. and Cogan, B.	Context-aware SQA e-learning system	2012	Abordagem
A Jones; E Scanlon; C Tosunoglu; E Morris; S Ross; P Butcher; J Greenberg	Contexts for evaluating educational software	1999	Framework
Costa, A.P.; Loureiro, M.J.; Reis, L.P.	Courseware sere: Technical and didactic evaluation made by students	2010	Métricas
Parthasarathy, M. and Rapur, N. and Krishnan, P.	Criteria That Influence The Quality of Higher Education amp;#8211; A Student amp;#8217;s Perspective	2005	Crítérios
Pinghong Zhou; Zongkai Yang; Yi Zhang	Design of Distance Teaching Platform Based on Quality Assurance Standard - Taking Learning Management Platform for	2009	Modelo
CELIK, S.	Development of usability criteria for e-learning content development software	2012	Crítérios
Skalka, J. and Drlik, M. and Svec, P.	E-learning courses quality evaluation framework as part of quality assurance in higher education	2012	Framework
Lanzilotti, Rosa; Ardito, Carmelo; Costabile, Maria F.; Angeli, Antonella De	eLSE Methodology : a Systematic Approach to the e-Learning Systems Evaluation	2006	Metodologia
Tsihouridis, C.; Batsila, M.; Vavougijs, D.; Ioannidis, G.S.	Enhancing and assisting laboratory teaching of electrical circuits using ICT: An evaluation of educational software	2011	Nenhum
Spyropoulou, M.; Ntourou, D.; Simaki, V.; Malagkoniari, D.; Koumpouri, A.; Sorra, M.	Evaluating the correspondence of educational software to learning theories	2013	Modelo
Yan Wang; Liang-Jie Zhang; Hui Cai and Jian Sun; Ning Li	Evaluating the Quality of Distance Education Services by Using Modern Information Technology	2012	Método
Silius, K.; Kailanto, M.; Tervakari, A.	Evaluating the quality of social media in an educational context	2011	Nenhum
Cheng Jie	Evaluation and modeling of online course using fuzzy AHP	2010	Processo
Yanli Wang and Yun Cheng and Zhongmei Zheng	Evaluation design of learners' online learning quality in network learning platform	2010	Framework
Escudeiro, P. and Escudeiro, N.	Evaluation of Serious Games in Mobile Platforms with QEF: QEF (Quantitative Evaluation Framework)	2012	Framework
Ahmed Abdelaziz, H.a b	From physical benchmarks to mental benchmarks: A four dimensions dynamic model to assure the quality of instructional	2013	Modelo
Wenli Li; Xiaohong Gao; Guoqiang Fu	Fuzzy comprehensive assessment of network environment and learning quality combined with the Analytic Hierarchy Process	2012	Processo
Mazgon, J. and Stefanc, D.	Importance of the various characteristics of educational materials: Different opinions, different perspectives	2012	Crítérios
Catapan, A.H. and Fialho, F.A.P.	In search for Pedagogical Indicators for evaluating educational material	2000	Metodologia
Jani, H.M.	Intellectual capacity building in higher education: Quality assurance and management	2011	Modelo
Etedali, M.M.; Feiznia, M.A.;	Issues in E-learning quality assurance	2011	Nenhum
Joanna K Crosier and Sue Cobb and John R Wilson	Key lessons for the design and integration of virtual environments in secondary science	2002	Framework

APÊNDICE B – CONTINUAÇÃO...

Kurilovas, E.a and Serikoviene, S.b	Learning content and software evaluation and personalisation problems	2010	Abordagem
Muñoz, Carlos; Conde, M. A.; Penalvo, F. J. G.	Learning Objects Quality : Moodle HEODAR Implementation	2009	Framework
Sanz-Rodríguez, J.; Dodero, J. M.; Sanchez-Alonso, S.	Metrics-based evaluation of learning object reusability	2010	Métricas
Ellis, R. A.; Calvo, R. A.	Minimum indicators to assure quality of LMS-supported blended learning	2007	Checklist
Eduardo Clunie, B.C.	Model for the evaluation of educational quality using virtual learning environments	2011	Modelo
Kurilovas, E. and Dagien, V.	Multiple criteria comparative evaluation of E-learning systems and components	2009	Método
Peng, Yunzhi	of a Neural Network-Based Evaluation Model for Chinese Universities ' Online PE Courses	2011	Modelo
Trujillo-Aguilera, F. D.; Pozo-Ruz, A.; Sanchez-Rodríguez, J.	On the evaluation stage for new Power Electronics multimedia interactive tools	2012	Metodologia
Costabile, M.F.; De Marsico, M.; Lanzilotti, R.; Plantamura, V.L.; Roselli, T.	On the Usability Evaluation of E-Learning Applications	2005	Método
Vargas-vera, Maria and Lytras, Miltiadis	Personalized Learning Using Ontologies and Semantic	2008	Framework
David Squires and Jenny Preece	Predicting quality in educational software:: Evaluating for learning, usability and the synergy between them	1999	Framework
Plaza, I.; Marcuello, J.J.; Igual, R.; Arcega, F.	Proposal of a quality model for educational software	2009	Modelo
Roque, GOB; ; Campos, GHB	QUALIDADE EM EAD: o que pensam os cursistas?	2011	Nenhum
Nanduri, S.; Babu, N.S.C.; Jain, S.; Sharma, V.; Garg, V.; Rajshekar, A.P.; Rangl, V.	Quality Analytics Framework for E-learning Application Environment	2012	Framework
Liu, Shuiyun	Quality assessment of undergraduate education in China: impact on different universities	2013	Abordagem
Buendia, F.; Ejarque, E.; Hervas, A.	Quality-Oriented Evaluation of E-Learning-Based Experiences	2008	Método
Zhang Yihua	Research and Application of the Data Mining Technology on the Quality of Teaching Evaluation	2010	Modelo
Liang Ye; Hai Zeng; Fang Wang; Yan Chen; Ying Sun	Research on the Fuzzy Comprehensive Quality Evaluation Method of the Research Oriented Courses of the Higher Vocational Colleges	2009	Método
Kehui Shen and Zongjun Wang	Studying Teaching Quality Monitoring Index System of College Teachers Based on AHP	2010	Abordagem
Yao-feng Xue and Hua-li Sun and Yong-he Wu and Gui-tao Cao and Zhi-ting Zhu	Teaching Quality Evaluation Approach Based on SVM	2008	Abordagem
Dumciene, A.; Valantiniene, I.	The aspects of e-learning products quality estimation	2009	Nenhum
Pahl, C.	The evaluation of educational service integration in integrated virtual courses	2001	Método
Militaru, T.-L. ; Suciu, G.; Todoran, G.	The evaluation of the e-learning applications' quality	2012	Modelo
Xuhui Wang ; Jian Xu	The Model of Teaching Quality Evaluation Based on BP Neural Networks and Its Application	2009	Modelo
Militaru, T.-L. and Suciu, G. and Todoran, G.	The use of expert systems in building the quality model of a web-based learning platform	2012	Framework
Yu Chen; Yuefeng Zheng; Huang, Decai; Song'en Sheng; Jianqing Shi	Theory and Application of School-Based Education Quality Evaluation Model Constructed from Improved AHP Method	2008	Método
Masemola, S. S. (Thabo); De Villiers, M. R. (Ruth)	Towards a framework for usability testing of interactive e-learning applications in cognitive domains, illustrated by a case study	2006	Framework
Al-Sharhan, S.; Al-Hunaiyyan, A.	Towards an effective integrated e-learning system: Implementation, quality assurance and competency models	2012	Modelo
Ochoa, Xavier; Duval, Erik	Towards Automatic Evaluation of Learning Object Metadata Quality	2006	Métricas
Gladcheff, Ana Paula	Um instrumento de avaliação de qualidade de software educacional: como elaborá-lo	2001	Abordagem
Gladcheff, Ana Paula and Zuffi, Edna Maura and Menezes, Dilma	Um instrumento para Avaliação da qualidade de softwares educacionais de matemática para o ensino fundamental	2001	Guideline
Xiani He and Ziqiang Zhu and Yong Zhou and GuangYin Lu and Qunyi Liu	University Teaching Quality Evaluation Using Fuzzy Comprehensive Evaluation Approach	2010	Abordagem
Martin, L.; Restrepo, E.G.; Barrera, C.; Ascaso, A.R.; Santos, O.C.; Boticario, J.G.	Usability and Accessibility Evaluations Along the eLearning Cycle	2007	Metodologia
David Squires and Jenny Preece	Usability and learning: Evaluating the potential of educational software	1996	Modelo
Matsatsinis, Nikolaos F.; Grigoroudis, Evangelos; Delias, Pavlos	User satisfaction and e-learning systems: Towards a multi-criteria evaluation methodology	2003	Metodologia
Padua, W.	Using Model-Driven Development in Time-Constrained Course Projects	2007	Modelo
Wen Shan and Yang Yong	Web-Based Intelligent Quality Assurance System for Undergraduates Graduation Design	2009	Framework
He Yueshun and Du Ping	WEB-based personalized learning habits of research and evaluation techniques	2009	Método

APÊNDICE C – RESUMO DOS FATORES DE QUALIDADE DO MS

Ordem	Fatores	Subfatores
1.	TÉCNICOS	
1.1	Funcionalidade	adequação
		precisão/corretude/acurácia
		interoperabilidade
		acesso/atendibilidade
		segurança
1.2	Confiabilidade	maturidade
		tolerância a falhas
		recuperabilidade
1.3	Usabilidade	inteligibilidade
		apreensibilidade (facilidade de aprendizado)
		operabilidade
		atratividade
1.4	Eficiência	desempenho (tempo de resposta)
		comportamento
		utilização de recursos
1.5	Manutenibilidade	analísabilidade
		modificabilidade
		estabilidade
		testabilidade
1.6	Portabilidade	adaptabilidade
		instabilidade
		conformidade
		permutabilidade
1.7	Correção	
1.8	Integridade	
1.9	Flexibilidade	
1.10	Testabilidade	
1.11	Reutilização (reúso)	
2.	ORGANIZACIONAIS	
2.1	Operação	
2.2	Registros	
2.3	Disseminação	
2.4	Investimento	

Ordem	Fatores	Subfatores
3.	PEDAGÓGICOS	
3.1	Fontes aprendizagem	
3.1.1	Pessoas	capacidade para suporte ao ensino
		capacidade para motivar aprendizado
		adaptabilidade à mudanças/ flexibilidade
		capacidade para iniciar/gerenciar atividades para facilitar aprendizagem
		capacidade encorajamento
		capacidade para monitorar o projeto aprendizagem
		interação aluno e ambiente
		interação aluno e aluno
		interação aluno e professor/tutor
3.1.2	Materiais de ensino	conteúdo confiável e atualizado
		qualidade técnica e estética
		conformidade com padrões
		identificação pré-requisitos
		clareza na organização e estrutura conteúdos
		facilidade de uso
		interatividade
		dirigidos ao aluno
		baixo custo
		motivador
3.1.3	Infraestrutura	acessibilidade
		adaptabilidade às necessidades do usuário
		interoperabilidade com outros sistemas
		facilidade de uso
		confiança na infraestrutura técnica
		disponibilidade de diferentes ferramentas comunicação
		autoria/produção ferramentas eficientes para atuais e futuros formatos
		interface uniforme
		interface personalizada

Ordem	Fatores	Subfatores
3.2	Processo aprendizagem	
3.2.1	Recrutamento	facilidades pagamento
		promoção, marketing (alcançar usuários)
		materiais e procedimentos para informação a alunos potenciais (antes da inscrição) sobre características do curso, objetivos e metodologia
3.2.2	Projeto aprendizagem	objetivo de desenvolver conhecimento
		objetivo de desenvolver competências
		definição clara público alvo
		coerência entre estratégia didática e objetivos do curso
		granularidade do conteúdo
		flexibilidade do caminho da aprendizagem
		sistema de credenciamento disponível de acordo com contextos internacionais
		assistência técnica assegurada no desenvolvimento do curso
		grau de confiança entre o plano de estudo elaborado e o objetivo do estudo
		grau de confiança entre o conteúdo gravado e objetivo do estudo na fase de estudo
		tempo para perguntas em "discussão e respostas"
		tempo para respostas em "discussão e respostas das questões"
		"score" de avaliação dos professores em exercícios
3.2.3	Entrega da aprendizagem	racionalidade da auto-avaliação
		acessibilidade
		confiança e robustez
		suporte técnico e pedagógico
		medidas para monitorar e corrigir problemas técnicos

Ordem	Fatores	Subfatores
3.3	Contexto da aprendizagem	
3.3.1	Ambiente aprendizagem	apoiar colaboração apoiar personalização apoiar mapeamento e reconhecimento de competências apoiar interação/comunicação apoiar equipes de trabalho apoiar padrões individuais e padrões comuns de comportamento
3.3.2	Atitudes de aprendizagem	tempo gasto em rede (horas/semanas) tempo gasto em aprendizado interativo (comunicação online, discussão e respondendo questões) completude do sistema de avaliação do aprendizado a distância porcentagem do trabalho completado participação na atividade de aprendizado nível de interação nível de uso de recursos domínio do conhecimento contribuição para aprendizado da comunidade julgamento da qualidade das tarefas e trabalhos análise da qualidade do conteúdo de interação, como as postagens, emails e discussões on line professores utilizam isso para julgamentos ou comentários sobre o desempenho global dos alunos no aprendizado , motivação, aquisição de conhecimento e efeito aprendizagem .
3.3.3	Métodos de aprendizagem	racionalidade do método de aprendizagem na fase de gravação dos estudos racionalidade do uso de mídias de estudo na fase de gravação dos estudos tipo frequentemente utilizado de recursos de aprendizagem

Ordem	Fatores	Subfatores
3.3.4	Coesão	estrutura
		nível de agregação
		densidade semântica
		relação
		objetivo educacional
3.3.5	Granulação genérica adequada	
3.3.5.1	Tamanho	tamanho
		duração
		tipo de recurso
		tempo de aprendizagem
3.3.6	Diferentes níveis acadêmicos e de disciplinas	
3.3.6.1	Portabilidade	linguagem, credibilidade do sistema
3.3.7	Dependências formais de hardware e software	
3.3.7.1	Portabilidade	formato
		requisito
3.3.8	Legislação	direitos autorais
		credibilidade do sistema
4.	SOCIAIS	
4.1	Comunicação	Colaboração
		Atividades individuais e em grupo
		Resultados e Feedback
		Facilidades gerais
		Conexão com mundo real
		Papéis e regras

APÊNDICE D – DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE QUALIDADE

INTERFACE

Artefato	Fator	SubFator	No.	Seq.	Critério	Avaliador: ES - Especialista WS e Educação EC - Eng. Conhecimento D - Desenvolvedor A - Autor P - Professor T - Tutor E - Estudante G - Gestor
Interface	Adaptabilidade	Flexibilidade	1	2	A interface pode ser usada em outros sistemas, cursos, disciplinas, situações pedagógicas por meio de sua configuração?	ES; D
		Portabilidade	2	3	A interface pode ser utilizada em outros dispositivos, sistemas e navegadores sem necessitar alterações (capacidade de utilização de uma linguagem, padrão ou protocolo comum, independente do dispositivo, para o desenvolvimento da interface, de modo que possa ser utilizada em diferentes ambientes. Deve-se observar os padrões estabelecidos pelo W3C, 3GPP para cor da fonte, cor do fundo, estilo da fonte, tamanho da fonte, imagens, vídeos, áudios)?	ES; D
	Personalização	Colaboração	3	4	A interface facilita a colaboração entre os pares (estudante-professor, estudante-sistema, professor-sistema, autor-sistema etc.) por meio de menus e gráficos simples?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
		Feedback	4	5	A interface facilita o fornecimento de feedback ao usuário, de acordo com seu perfil de uso do sistema (ontologia de perfil do usuário)?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
		Interação/Comunicação	6	6	A interface facilita a busca dos conteúdos e troca de informações entre usuários e entre eles e o sistema?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
		Interação/Comunicação	5	7	A interface permite controle pelo usuário, ele pode cancelar, avançar, voltar de acordo com sua segurança na atividade em questão?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
	Usabilidade	Adequação aos Padrões	13	8	A interface foi desenvolvida com base em padrões internacionais?	ES; D
		Eficácia para aprendizagem	8	9	O esforço do estudante para usar a interface é baixo, a taxa de erros no uso da interface é pequena?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
		Eficiência	9	10	A interface permite que o estudante realize a atividade de aprendizagem de forma rápida, segura, com sucesso?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
		Experiência do usuário	10	11	A interface oferece aos usuários condições para que realize a atividade de acordo com seu nível de experiência no uso da interface?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
		Facilidade na aprendizagem	7	12	A interface facilita o processo de aprendizagem, deixa claro os objetivos da atividade, do conteúdo?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
		Gestão de erros e segurança	11	13	A interface contribui para que o estudante realize a atividade sem erros, com segurança, e possa recuperar-se se o erro acontecer?	ES; D
		Memorização	12	14	O conteúdo da interface está organizado em ordem lógica que facilite memorização e aprendizagem?	ES; EC; A; D; P; T; E; G
		Satisfação do usuário	14	15	A interface possui elementos que motivem o usuário a realizar as atividades, aprender, em pouco tempo e bons resultados?	ES; EC; A; D; P; T; E; G

OBJETO DE APRENDIZAGEM

Artefato	Fator	SubFator	No.	Seq.	Critério	Avaliador: ES - Especialista WS e Educação EC - Eng. Conhecimento D - Desenvolvedor A - Autor P - Professor T - Tutor E - Estudante G - Gestor
Objeto de Aprendizagem em	Adaptabilidade	Extensibilidade	1	16	É possível utilizar o OA em outro sistema, com poucas ou nenhuma alteração (ampliar seu uso)?	ES; EC + A
		Flexibilidade	2	17	O OA pode ser usado em outros sistemas, cursos, disciplinas, situações pedagógicas por meio de sua configuração?	ES; EC + A
		Portabilidade	3	18	O OA pode ser utilizado em outros dispositivos, sistemas e navegadores sem necessitar alterações?	ES; EC + A; P; T; E; G
	Interoperabilidade	Adequação aos padrões	4	19	Foram utilizados padrões no desenvolvimento do OA (IEEE-LOM, UK-LOM, IMS, IEEE-LTSC, SCORM)?	ES; EC + A
		Qualidade metadados	5	20	Foram utilizados padrões nos metadados que descrevem os OAs?	ES; EC + A
			6	21	Os metadados estão claros, consistentes, completos, coerentes com o conteúdo do OA?	ES; EC + A
	Personalização	Anotação semântica	7	22	A ontologia do usuário está definida, acessível, as interações entre usuários estão sendo armazenadas na ontologia?	ES; EC + A
		Colaboração	8	23	Há repositórios para armazenar os OAs e disponibilizar para que sejam recuperados por outros sistemas e usuários?	ES; EC + A
		Feedback	11	24	O OA provê cada feedback e constrói um modelo do aluno para individualizar as suas atividades e ambiente?	ES; EC + A; P; T; E; G
			10	25	O OA provê uma explicação consistente do porque a resposta é incorreta ou demonstra de forma construtiva o porque da resposta?	ES; EC + A; P; T; E; G
			9	26	O sistema permite gerar, armazenar, recuperar feedback para o OA em questão (ou seja, os repositórios são adequados e preparados para armazenar os feedbacks)?	ES; EC + A; P; T; E; G
		Interação/Comunicação	13	27	O OA permite autonomia do estudante?	ES; EC + A; P; T; E; G
			14	28	O OA permite boa cognição e percepção do objetivo de aprendizagem pelo estudante?	ES; EC + A; P; T; E; G
			12	29	O sistema permite controle pelo usuário, ele pode cancelar, avançar, voltar de acordo com sua segurança em relação ao OA em questão?	ES; EC + A; P; T; E; G
	Reusabilidade	Acuracidade	16	30	As definições do OA estão completas, sem erros e organizadas?	ES; EC + A
			17	31	As referências e fontes foram citadas?	ES; EC + A
			18	32	Há sumário das atividades do OA?	ES; EC + A
		Adequação aos padrões	19	19	Foram utilizados padrões no desenvolvimento do OA (IEEE-LOM, UK-LOM, IMS, IEEE-LTSC, SCORM)?	ES; EC + A
		Consistência	20	33	Há redundâncias ou ambiguidades na definição do OA ?	ES; EC + A
			21	34	O OA está devida e formalmente descrito para seu entendimento por agentes humanos e computacionais?	ES; EC + A
		Disponibilidade	23	35	A URI do OA está explícita, válida e disponível?	ES; EC + A
			22	36	Há restrições para acesso? Há custo ou licença para usar o OA (se tiver algum custo e for alto, por licença ou não, inviabiliza seu acesso e uso)? É necessário algum registro ou acordo para acesso ou uso do OA?	ES; EC + A
		Documentação	24	37	A documentação do OA condiz com a modelagem?	ES; EC + A
		Estrutura de metadados	22	38	Os metadados possuem formato Simples, Estruturado ou Rico? (a nota deve aumentar se forem mais próximos do Rico. Se forem simples, a nota deve ser menor)	ES; EC + A
		Flexibilidade	23	39	OA contempla linguagem customizada e/ou currículos internacionais?	ES; EC + A
			24	40	OA é independente do contexto?	ES; EC + A
			25	41	OA está representado numa ontologia?	ES; EC + A
		Granularidade	27	42	O elemento visual do OA é "forte", ou seja, é possível compreender os objetivos de aprendizagem a partir do rótulo, ícone ou animação do OA?	ES; EC + A
			26	43	O tamanho do OA é o menor possível e sua complexidade é baixa?	ES; EC + A
		Qualidade metadados	29	20	Foram utilizados padrões nos metadados que descrevem os OAs?	ES; EC + A
			28	21	Os metadados estão claros, consistentes, completos, coerentes com o conteúdo do OA?	ES; EC + A
		Rastreabilidade	30	44	O URI está explícito e é válido? O nome do OA é coerente com o conteúdo do OA?	ES; EC + A
	Usabilidade	Adequação aos padrões	36	19	Foram utilizados padrões no desenvolvimento do OA (IEEE-LOM, UK-LOM, IMS, IEEE-LTSC, SCORM)?	ES; EC + A
		Eficácia para aprendizagem	31	45	O esforço do estudante para uso do OA é baixo, a taxa de erros no uso do OA é pequena?	ES; EC + A; P; T; E; G
		Eficiência	32	46	O OA permite que o estudante realize a atividade de aprendizagem de forma rápida, segura, com sucesso?	ES; EC + A; P; T; E; G
		Experiência do usuário	33	47	O OA oferece aos usuários condições para que realize a atividade de acordo com seu nível de experiência no assunto do OA.?	ES; EC + A; P; T; E; G
		Facilidade na aprendizagem	30	48	O OA facilita o processo de aprendizagem, deixa claro os objetivos da atividade, do conteúdo?	ES; EC + A; P; T; E; G
		Gestão de erros e segurança	34	49	O OA contribui para que o estudante realize as atividade sem erros, com segurança, e possa recuperar-se se o erro acontecer?	ES; EC + A; P; T; E; G
		Memorização	35	50	O conteúdo do OA está organizado em ordem lógica que facilite memorização e aprendizagem?	ES; EC + A; P; T; E; G
		Satisfação do usuário	37	51	O OA possui elementos que motivem o usuário a realizar as atividades, aprender, em pouco tempo e bons resultados?	ES; EC + A; P; T; E; G

ONTOLOGIA

Artefato	Fator	SubFator	No.	Seq.	Critério	Avaliador: ES - Especialista WS e Educação EC - Eng. Conhecimento D - Desenvolvedor A - Autor P - Professor T - Tutor E - Estudante G - Gestor
Ontologia	Adaptabilidade	Extensibilidade	2	52	Novos dados e informações adicionadas à ontologia não prejudicam os regimes de dados e informações já existentes, nem as relações estabelecidas?	ES; EC + A
			3	53	O conjunto de conceitos definidos permite definições futuras de subclasses a partir deles?	ES; EC + A
			1	54	O formalismo das ontologias modulares pode ser escalável para grande conjunto de termos e instâncias, sem necessidade de inserir novas regras, axiomas?	ES; EC + A
		Flexibilidade	4	55	A ontologia pode ser utilizada para outros domínios sem que sejam alteradas as atuais definições e conceitos (ou poucas alterações)?	ES; EC + A
			5	56	Os dados e informações da ontologia podem ser facilmente manipulados e aplicados em diferentes tarefas e domínios?	ES; EC + A
	Interoperabilidade	Adequação aos padrões	6	57	Foram utilizados padrões no desenvolvimento da Ontologia?	ES; EC + A
		Disponibilidade	7	58	A ontologia está disponível (tempo, custo, direitos autorais etc.)?	ES; EC + A
		Qualidade metadados	8	59	Os metadados possuem um conjunto mínimo de elementos balanceados entre necessidade e suficiência; são claros (os elementos de metadados devem ser bem definidos e devem ser providas descrições claras), simples (o vocabulário deve ser fácil de usar), extensíveis e padronizados?	ES; EC + A
	Reusabilidade	Acuracidade	9	60	A distância semântica entre conceitos irmãos é a menor possível?	ES; EC + A
			11	61	A ontologia está completa?	ES; EC + A
			13	62	As definições são objetivas e independentes do contexto?	ES; EC + A
			12	63	Os conceitos e relacionamentos das ontologias estão claros?	ES; EC + A
			10	64	Os dados/informações da ontologia estão corretos, isentos de erros e confiáveis?	ES; EC + A
			14	57	Foram utilizados padrões no desenvolvimento da Ontologia?	ES; EC + A
		Consistência	15	65	A ontologia é de Domínio, Tarefa, Aplicação ou Topo (alto nível)?	ES; EC + A
			16	66	As propriedades da ontologia são coerentes com o domínio?	ES; EC + A
			17	67	Existem axiomas redundantes?	ES; EC + A
			18	68	O entendimento da modelagem é fácil (documentação, escrita e anotações em expressão humana)?	ES; EC + A
		Disponibilidade	19	58	A ontologia está disponível (tempo, custo, direitos autorais etc.)?	ES; EC + A
		Documentação	20	69	A documentação da ontologia condiz com a modelagem da ontologia?	ES; EC + A
		Eficiência	21	70	O desempenho dos raciocinadores é adequado, com respostas eficientes e rápidas?	ES; EC + A
		Estrutura de metadados	22	71	Os metadados possuem formato Simples, Estruturado ou Rico? (a nota deve aumentar se forem mais próximos do Rico. Se forem simples, a nota deve ser menor)	ES; EC + A
		Flexibilidade	23	72	A ontologia pode ser utilizada para outros domínios com pouco esforço, ou seja, sem que sejam alteradas as atuais definições e conceitos (ou poucas alterações)?	ES; EC + A
		Granularidade	24	73	O tamanho dos módulos da ontologia contribuem para que possam ser reutilizadas em domínios diferentes?	ES; EC + A
		Modularidade	25	74	A ontologia está constituída em módulos que podem ser compreendidos por outras ontologias e outros módulos?	ES; EC + A
		Qualidade metadados	26	59	Os metadados possuem um conjunto mínimo de elementos balanceados entre necessidade e suficiência; são claros (os elementos de metadados devem ser bem definidos e devem ser providas descrições claras), simples (o vocabulário deve ser fácil de usar), extensíveis e padronizados?	ES; EC + A
		Rastreabilidade	27	75	A URI está explícita e é válida? O nome é coerente com o conteúdo da ontologia?	ES; EC + A
	Usabilidade	Adequação aos Padrões	30	57	Foram utilizados padrões no desenvolvimento da Ontologia?	ES; EC + A
			31	77	A ontologia contém informações sobre propriedades estruturais, funcionais ou orientadas para o usuário do sistema?	ES; EC + A
			32	78	Existem também propriedades puramente orientadas para o ciclo de vida, como a autoria, preço, versão, implantação organizacional, interface?	ES; EC + A
		Eficiência	28	79	A arquitetura organizacional, o (complexo) middleware de aplicação, as propriedades comerciais, o custo, a acessibilidade, o esforço de desenvolvimento da ontologia contribuem com o sistema?	ES; EC + A
			29	80	A ontologia inclui anotações e metadados?	ES; EC + A

SOFTWARE

Artefato	Fator	SubFator	No.	Seq.	Critério	Avaliador: ES - Especialista WS e Educação EC - Eng. Conhecimento D - Desenvolvedor A - Autor P - Professor T - Tutor E - Estudante G - Gestor
Software (código, diagramas UML, documento de requisitos)	Adaptabilidade	Extensibilidade	1	81	Código, parte do código, diagramas, componentes são extensíveis a outros softwares em outros domínios?	ES; D
		Flexibilidade	2	82	O software pode ser usado em outros sistemas, cursos, disciplinas, situações pedagógicas por meio de pequenos ajustes no código fonte?	ES; D
		Portabilidade	3	83	O software pode ser utilizado em outros dispositivos, sistemas e navegadores sem necessitar alterações (capacidade de utilização de uma linguagem, padrão ou protocolo comum, independente do dispositivo, para o desenvolvimento do software de modo que possa ser utilizado em diferentes ambientes. Deve-se observar os padrões estabelecidos pelo W3C, ISO-IEC, IEEE, e demais padrões da Engenharia de Software)?	ES; D
	Interoperabilidade	Adequação aos padrões	4	84	O software está desenvolvido de acordo com os padrões universais (W3C, ISO-IEC, IEEE e demais padrões da Engenharia de Software)? (para os requisitos, diagramas, componentes etc.)?	ES; D
		Qualidade metadados	5	85	Os metadados devem ser claros, simples, padronizados, extensíveis, breves?	ES; D
	Reusabilidade	Acuracidade	6	86	O código fonte (diagramas UML, documento de requisitos etc.) estão completos, isentos de erro e disponíveis?	ES; D
		Adequação aos padrões	7	84	O software está desenvolvido de acordo com os padrões universais (W3C, ISO-IEC, IEEE e demais padrões da Engenharia de Software)? (para os requisitos, diagramas, componentes etc.)?	ES; D
		Consistência	8	87	O código fonte está claro, sem ambiguidades?	ES; D
		Disponibilidade	10	88	Há ontologia com informações sobre código, requisitos, acesso ao código (software)?	ES; D
		Qualidade metadados	9	89	O código fonte está disponível 24x7, sem custo, sem necessidade de registro para o acesso?	ES; D
		Documentação	11	90	A documentação existe e está disponível (diagramas UML, casos de uso, requisitos, código fonte etc.)?	ES; D
		Estrutura de metadados	12	91	A estrutura de metadados permite a reusabilidade de componentes da biblioteca ou ontologia?	ES; D
		Flexibilidade	13	92	O software é flexível, pode ser utilizado em outros contextos com poucos ajustes?	ES; D
		Modularidade	14	93	O software é modularizado, ou seja, o código fonte está dividido em partes pequenas o suficiente para entendimento da rotina?	ES; D
		Qualidade metadados	15	94	Os metadados devem ser claros, consistentes, completos, coerentes com o software reutilizável (código, diagrama, requisitos etc.):	ES; D
		Rastreabilidade	16	95	O software e componentes de software possuem endereço conhecido nas bibliotecas e ontologias (URI), podem ser encontrados e recuperados?	ES; D
	Usabilidade	Adequação aos Padrões	23	84	O software está desenvolvido de acordo com os padrões universais (W3C, ISO-IEC, IEEE e demais padrões da Engenharia de Software)? (para os requisitos, diagramas, componentes etc.)?	ES; D
		Eficácia para aprendizagem	18	96	O esforço do estudante para uso do software é baixo, a taxa de erros no uso da interface é pequena?	ES; D
		Eficiência	19	97	O software permite que o estudante realize a atividade de aprendizagem de forma rápida, segura, com sucesso?	ES; D
		Experiência do usuário	20	98	O software oferece aos usuários condições para que realize a atividade de acordo com seu nível de experiência no uso da interface?	ES; D
		Facilidade na aprendizagem	17	99	O software facilita o processo de aprendizagem, deixa claro os objetivos da atividade, do conteúdo?	ES; D
		Gestão de erros e segurança	21	100	O software contribui para que o estudante realize as atividades sem erros, com segurança, e possa recuperar-se se o erro acontecer?	ES; D
		Memorização	22	101	O conteúdo do software está organizado em ordem lógica que facilite memorização e aprendizagem?	ES; D
		Satisfação do usuário	24	102	O software possui elementos que motivem o usuário a realizar as atividades, aprender, em pouco tempo e bons resultados?	ES; D

APÊNDICE E – ROTEIRO DOS ESTUDOS DE CASO

Roteiro para Estudo de caso

I – Objeto do Estudo: MeuTutor - Sistema Educacional baseado em Web Semântica

II - Contexto/Motivação

O mercado global dos Sistemas Educacionais Web (WES – *Web Educational Systems*) continua a mudar, crescer e evoluir em todo o mundo, impulsionado por diversos fatores, entre eles, as novas tendências em tecnologias emergentes e ferramentas que dão suporte aos WES e, ainda, o papel crescente da aprendizagem social como prioridade para o processo de desenvolvimento de tais sistemas. Nos WES, o material de aprendizagem está, geralmente, distribuído por meio de diversos servidores educacionais. Os autores de conteúdo (ou professores) utilizam ferramentas de autoria para criar, armazenar, modificar e atualizar o conteúdo. Da mesma forma, os alunos usam diferentes ferramentas de aprendizagem para acessar, navegar, ler e consultar esse conteúdo durante o processo de aprendizagem (DEVEDZIC, 2003).

Neste sentido, os Sistemas Educacionais baseados na Web Semântica (SWBES - *Semantic Web Based Educational Systems*) são plataformas educacionais Web desenvolvidas com o intuito de facilitar e resolver diversos desafios enfrentados pelos alunos e demais usuários (professores, autores de conteúdo etc.) nos WES. Por exemplo, a busca na Web de um recurso educacional adequado para uma disciplina, a adaptação do conteúdo de acordo com as características individuais dos estudantes, o compartilhamento do perfil do estudante, entre outros (KONSTANTINOS et al., 2010; CAPUANO et al., 2009; ISOTANI et al., 2013; BITTENCOURT et al., 2008).

Assim, é necessário garantir a qualidade dos SWBES para possibilitar melhores experiências de ensino e aprendizagem. No entanto, a avaliação da qualidade dos SWBES é uma tarefa complexa, uma vez que requer um amplo conhecimento sobre as tecnologias da Web Semântica, Educação a Distância, Engenharia de Software, além das normas e padrões utilizados para a Avaliação da Qualidade de Software.

Esse trabalho é destinado aos potenciais usuários de um SWBES, de forma especial aos gestores e professores de instituições educacionais, no processo escolha,

comparação e aquisição desses sistemas, de acordo com os seus objetivos técnicos e pedagógicos. Pretende-se que os interessados possam realizar a escolha do SWBES adequado, após a comparação entre os sistemas candidatos, por meio do resultado obtido na avaliação com o uso da abordagem desenvolvida.

A abordagem tem o objetivo de avaliar os principais artefatos do SWBES por meio dos fatores e critérios de qualidade definidos de acordo com as funcionalidades esperadas para os SWBES, tais como interoperabilidade com outros sistemas, reusabilidade e personalização de recursos (código fonte, modelagem, ontologias, conteúdo educacional/objetos de aprendizagem etc.) e adaptabilidade dos sistemas e recursos.

Portanto, não faz parte do escopo da abordagem a avaliação do processo de desenvolvimento dos SWBES, nem tampouco do processo de aprendizagem.

Nesse contexto, a ferramenta QualiSWBES foi implementada com o objetivo de automatizar a abordagem desenvolvida, de modo que os profissionais que precisam adquirir/eleger um SWBES para uso, possam avaliar os mesmos de forma mais rápida, eficiente e eficaz.

Os Artefatos estabelecidos são: Ontologias, Objetos de Aprendizagem, Interface e Software.

Os Avaliadores são: Engenheiro de Conhecimento (ou Ontologias), Autor, Professor, Tutor (ou mediador), Estudante, Gestor e Desenvolvedor.

Assim, os fatores e subfatores de qualidade (Figura 1) foram instanciados para cada artefato que, por meio de critérios pertinentes, serão avaliados pelos avaliadores definidos, de acordo com a competência de cada um no referido artefato.

Figura 1. Fatores e subfatores de qualidade

III – Objetivo

Avaliar a abordagem desenvolvida por meio da avaliação do SWBES MeuTutor, com o uso da ferramenta computacional (QualiSWBES) desenvolvida para automatizá-la.

IV – Roteiro

Esse roteiro foi elaborado para “guiar” sua participação neste estudo de caso, de forma que você possa utilizar a abordagem desenvolvida para avaliar a qualidade de SWBES. Nesse estudo, o sistema a ser avaliado é o MeuTutor e você será orientado a “conhecer” o sistema, navegar por ele, conhecer suas ontologias e, assim, estar

preparado para realizar a avaliação.

Você foi convidado para participar por conta de sua competência na área de informática e educação. Como se trata de um SWBES, você, como especialista na área, pode contribuir com a validação da abordagem, ou seja, indicar se está adequada para avaliar qualidade de um SWBES.

Esse roteiro é composto por duas partes: i) **Parte 1** se refere ao uso do MeuTutor, com orientações de como acessar, navegar, realizar atividades no sistema e conhecer as ontologias que dele fazem parte; e ii) **Parte 2**, com as instruções de como acessar a ferramenta computacional da abordagem desenvolvida - QualiSWBES - para que você possa avaliar a qualidade do MeuTutor,

A ferramenta QualiSWBES apresentará as questões (critérios de qualidade) de acordo com os artefatos do sistema MeuTutor previamente cadastrados pelo gerente da avaliação (estudo de caso piloto). Você poderá escolher entre as notas 0 (zero) a 5 (cinco), que equivale a “não atende” a “atende” ao critério. A nota 6 (seis) será considerada nula, para o caso do avaliador não ter competência para avaliar aquele critério.

Após a realização da avaliação, você será entrevistado sobre a experiência vivenciada. Muito obrigada.

Parte 1 – MeuTutor

Passos para acessar ao Sistema:

- 1) Acessar o SWBES MeuTutor pelo link:
<https://plataformacamaleon.com.br/painel.html>
- 2) Digitar:
 - a. **login:** prof-qui6
 - b. **senha:** prof-qui6

Passos para navegação no Sistema:

- 1) Na tela do menu principal no painel esquerdo, clique em “**Disciplinas**”, conforme a Figura 2.

Figura 2. Tela menu principal

2) Depois clique em “**Química**” (Figura 3).

Figura 3. Disciplina Química

- 3) Será exibido “**Turma C**” no campo “**Turma que deseja visualizar**”, de acordo com a Figura 4.

Figura 4. Disciplina (turma que deseja visualizar)

- 4) Selecionar “**Matéria**” (do lado direito serão exibidos: plano de aula, vídeos e questões), de acordo com Figura 5.

Figura 5. Disciplina “Matéria”

Passos para editar ou adicionar conteúdo no sistema:

- 5) Na Seção “**Exercícios de Matéria**” entre em editar o “**Exercício de Teste**”, conforme Figura 6.

Figura 6. Exercício de Teste

The screenshot shows the Camaleão system interface. On the left is a sidebar with the logo and navigation menu. The main area displays a grid of topics with progress indicators (0%). Below this is a table titled 'Exercícios de Matéria'. A red circle highlights the 'Exercício de Teste' row, and a red arrow points to the 'Editar' button in the same row.

Exercício	Nº de questões	Turma: (início e fim)	Editar
Exercício de Teste	5	A: 11/05/2017 08:00:00 - 16/05/2017 00:00:00	
Teste 2	3	A: 11/05/2017 08:00:00 - 01/06/2017 00:00:00	

- 6) Ainda na Seção “**Exercícios de Matéria**” ao clicar em “**Editar**” (Figura 6.1), aparecerá a tela da Figura 7.

Figura 6.1. Exercício de Teste - Editar

This is a close-up of the 'Exercícios de Matéria' table. A red circle highlights the 'Editar' button for the 'Exercício de Teste' row, with a red arrow pointing to it.

Exercício	Nº de questões	Turma: (início e fim)	Editar
Exercício de Teste	5	A: 11/05/2017 08:00:00 - 16/05/2017 00:00:00	
Teste 2	3	A: 11/05/2017 08:00:00 - 01/06/2017 00:00:00	

Figura 7. Editar Exercício

7) Em seguida, tente inserir uma questão no “**Exercício**” e salve a alteração no botão “**Salvar Exercício**” no canto inferior esquerdo da tela (Figura 7).

8) No painel esquerdo, selecione “**Exercícios**” (Figura 8).

Figura 8. Exercícios

- 9) Em seguida, acesse “**Química**” na aba “**Disciplina**” e filtre o conteúdo por assunto em “**Matéria**” (Figura 9).

Figura 9. Matéria

- 10) No topo da tela “**Exercícios de Matéria**” clique em “**Novo Exercício**” (Figura 10).

Figura 10. Novo Exercício

11) Tente inserir um novo exercício – arraste uma questão da coluna da direita para a janela da esquerda, conforme indicado, digite um nome para o exercício e selecione uma turma, no caso, C.

Passos para continuar com o uso do sistema:

- 1) Depois disso, fique livre para navegar pelo sistema, avançando pelos módulos e retornando, para verificar a facilidade ou não durante a navegação e interação com o sistema.
- 2) Em seguida, saia do sistema.

Passos para acessar ao Sistema – como aluno:

- 1) Acessar o SWBES MeuTutor pelo link:
<https://plataformacamaleon.com.br/painel.html>
- 2) Digitar:
 - a. **login:** aluno-demo6
 - b. **senha:** 123123

Passos para navegação no Sistema:

- 1) Escolha um avatar
- 2) Escolha uma disciplina para estudo – Química
- 3) Escolha um assunto – Matéria
- 4) Escolha a opção – Estudar
 - a. Resolva as questões, observando as respostas e feedback do sistema
- 5) Finalize o estudo.

Passos para continuar navegação no sistema:

- 1) Depois disso, fique livre para navegar pelo sistema, avançando pelos módulos e retornando, para verificar a facilidade ou não durante a navegação e interação com o sistema.
- 2) Em seguida, saia do sistema.

Passos para o uso das ontologias:

- 1) Acessar uma ferramenta de edição de ontologias (pode ser a Protegé disponível em: <http://protege.stanford.edu/>)
- 2) Em seguida, abra as seguintes ontologias do SWBES MeuTutor:
 - a. MeuTutor.Domain (Ontologia para representar o domínio que será ensinado e aprendido)
 - b. MeuTutor.Gamification
 - c. MeuTutor.Learner
- 3) Navegue por elas, visualize e explore suas classes, propriedades, anotações etc.
 - a. Verifique se consegue identificar o uso de padrões (OWL, RDF, RDFS, SWRL etc.) para a especificação das ontologias do sistema MeuTutor;
 - b. Verifique se os conceitos e propriedades na ontologia estão devidamente documentados nos metadados ou na documentação;
 - c. Identificar os conceitos principais e verificar se consegue entendê-los a partir dos metadados ou informações na ontologia;
 - d. Tente identificar se as ontologias permitem a inserção de novas instâncias e novos conceitos sem prejudicar as informações já existentes;
 - e. Tente fazer alguns exercícios com os raciocinadores da ontologia;
 - f. Tente identificar quais conceitos podem ser usados em outros domínios;
 - g. Tente identificar se há conceitos importados de outras ontologias; e
 - h. Tente verificar se a ontologia está disponível na Web, se há um URI acessível para ela.
- 4) Saia do editor de ontologias.

Parte 2 – QualiSWBES

- 1) Acessar o link <http://avaliasewebs.caed-lab.com/>
- 2) Entrar com
 - a. Login: e-mail cadastrado
 - b. Senha: senha alterada

- 3) Após login efetuado, acessar (no menu superior) a aba AVALIAR
- 4) Nessa tela será (ão) exibida (s) as avaliações cadastradas para você. Basta clicar com o mouse em cima de uma delas e iniciar a avaliação.
- 5) A avaliação dos artefatos está relacionada ao papel representado por você no MeuTutor. Assim, para cada artefato que você for convidado a avaliar, tenha em mente os artefatos do MeuTutor, SWBES com o qual você acabou de interagir, inclusive a ontologia de Domínio, disponibilizada a você.
 - a. Engenheiro de conhecimento/ontologias e autor:
 - i. Ontologias
 - ii. Objetos de aprendizagem (junto com o Autor)
 - b. Especialista em Informática e Educação:
 - i. Ontologias
 - ii. Objetos de aprendizagem
 - iii. Interface
 - iv. Software
 - c. Gestor de TIC, professores, tutores, estudantes, autores
 - i. Objetos de aprendizagem
 - ii. Interface
 - d. Desenvolvedores
 - i. interface
 - ii. software
- 6) Você poderá escolher as notas 0 (zero) a 5 (cinco), que equivale ao grau em que “não atende” ou “atende” ao critério. Caso o avaliador não tenha competência para avaliar algum critério ou não tenha compreendido o objetivo dele, pode responder “não se aplica” e a nota desse critério não será computada.
- 7) Quando concluir a avaliação, o sistema irá exibir outras avaliações que tenham sido solicitadas.
- 8) O relatório com o resultado da avaliação será exibido apenas para o Gerente da avaliação, que é o profissional responsável pelo seu cadastro como avaliador.
- 9) A próxima etapa desse estudo de caso é uma entrevista semiestruturada com a pesquisadora. Muito obrigada por sua participação.

APÊNDICE F – ROTEIRO PARA ENTREVISTA

Roteiro de Entrevista para Estudo de Caso

I – Objeto do Estudo: MeuTutor - Sistema educacional baseado em Web Semântica

II – Entrevista

1. Você já participou de um processo de escolha de um Sistema Educacional para alguma instituição ou para si próprio?
2. Você considera importante avaliar a qualidade desses sistemas antes de comprar, eleger, escolher um deles?
3. Você considera a abordagem desenvolvida fácil de usar?
Sim ()
Não () Porquê?
Críticas e Sugestões:
4. Você sentiu dificuldade em utilizar a abordagem?
Sim ()
Não () Porquê?
Críticas e Sugestões:
5. Considera que a abordagem facilita a avaliação da qualidade?
Sim ()
Não () Porquê?
6. Você acha que a abordagem contribui para você identificar os principais requisitos que devem ser considerados ao se escolher um SWBES?
7. Você considera a abordagem útil para tomada de decisão?
8. Com relação ao processo de avaliação da Abordagem utilizada, você considera fácil de compreender? (Ou seja, o roteiro recebido, as instruções para participar da avaliação, a forma como você recebeu o roteiro (e-mail), o cadastro e validação na ferramenta computacional etc. estão adequados e claros?) – Comente.
9. Em sua opinião, os fatores de qualidade definidos para a abordagem são adequados para avaliar a qualidade de um SWBES?
Sim ()
Não () Porquê?
Gostaria de sugerir outros fatores de qualidade? Quais?
10. Com relação aos artefatos avaliados na abordagem, você os considera adequados?
Sim ()
Não () Porquê?
Gostaria de sugerir outros artefatos? Quais?
11. Por favor, deixe suas considerações e sugestões sobre a abordagem, que ainda não foram questionadas nessa entrevista.