

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

Wagner Gaspar

**Construção, Comparação e Agrupamento  
Automáticos de Mapas Conceituais Como Apoio a  
Atividades Pedagógicas**

VITÓRIA-ES-BRASIL  
Agosto de 2018

Wagner Gaspar

**Construção, Comparação e Agrupamento  
Automáticos de Mapas Conceituais Como Apoio a  
Atividades Pedagógicas**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Informática.

Orientador: Davidson Cury

Co-orientadora: Tânia Gava

VITÓRIA-ES-BRASIL  
Agosto de 2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial Tecnológica,  
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

G249c Gaspar, Wagner, 1985-  
Construção, comparação e agrupamento automáticos de  
mapas conceituais como apoio a atividades pedagógicas /  
Wagner Gaspar. – 2018.  
122 f. : il.

Orientador: Davidson Cury.  
Coorientador: Tânia Barbosa Salles Gava.  
Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Informática na educação. 2. Representação do  
conhecimento (Sistemas especialistas). 3. Mapas conceituais.  
4. Mapa Conceitual de Referência. I. Cury, Davidson. II. Gava,  
Tânia Barbosa Salles. III. Universidade Federal do Espírito  
Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 004

“Viva como se você fosse morrer amanhã.  
Aprenda como se você fosse viver para sempre.”

**Mahatma Gandhi**

*Dedico este trabalho à minha mãe, Maria do Rosário Mauri Gaspar,  
meu pai, Malvino Gaspar (in memorian), minha irmã, Gleice  
Fernanda Gaspar e a meu irmão, Antônio Carlos Gaspar, que mesmo  
na distância sempre torceram, me apoiaram e são meu porto seguro.*

# Agradecimentos

---

Esta jornada começou há uns bons anos, mais especificamente em 2008, com um garoto saindo dos cafezais do interior de São Gabriel da Palha em busca de melhor formação e de sonhos.

Nesta jornada, nem tudo deu certo, assim como nem tudo deu errado. Foram muitas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que esse dia se tornasse possível, ajudando das mais diversas formas.

Claro que algumas pessoas marcam mais, e a Seção de agradecimentos é sempre um risco de deixar alguém no esquecimento. Mas o que é a vida senão um constante se arriscar? Esse risco não pode nem deve omitir reais e sinceros agradecimentos a pessoas merecedoras. Se por ventura alguém se sentir esquecido, saiba que não foi intenção e já adianto um pedido de perdão.

Na primeira conversa que tive com o Professor Davidson Cury, quando ainda nem tinha sido aceito como orientando, já recebi o primeiro puxão de orelha ao falar sobre trocarmos conhecimento. De cabeça meio inclinada, ele me olhou meio de canto de olho. Se estivesse usando óculos, barba cinzenta e um chapéu pontudo, eu diria que se parecia muito com Albus Dumbledore.

Fato é que ali ele começou a instigar reflexões sobre hábitos adquiridos, praticados e transmitidos como verdades populares, quando nem ao menos pensamos em seus reais significados. Nós não trocamos conhecimento, nós o compartilhamos. Trocar implica em ficar sem algo para adquirir algo diferente. Compartilhar significa repartir aquilo que temos, sem, contudo, deixar de tê-lo. Compartilhar é mais bonito, é mais nobre. Obrigado, Dede, pelos puxões de orelha, pelos apelidos, pelas histórias, e principalmente por nos instigar à reflexão.

De quebra, veio também a Professora Tânia Gava, que com suas exigências de pesquisadora e usuária de tecnologia, contribuiu com ótimas ideias e cobranças, fazendo assim, que o protótipo se aproximasse mais de uma ferramenta e se tornasse mais atrativa aos usuários. Até onde sei, você não se transfigura em um gato preto feito a professora

Minerva McGonagall, mas confesso que me senti fazendo seus exercícios em alguns momentos. Obrigado Tânia por esse “compartilhar” (e não trocar rrs) de ideias e experiências.

Tiveram também os colegas de turma, alguns mais presentes, outros nem tanto, mas que, cada um a seu modo, contribuíram no compartilhar de ideias virtuais e nos momentos de chorar nossas pitangas. Lembram da história coletiva numa certa aula virtual, que além de dois amazonenses apareceu até um jacaré? Obrigado amigos, Ramon, Marcos e Emanuel. Ainda bem que não vejo semelhanças com Ronald Weasley, que apesar de se mostrar um grande amigo, é muito tonto.

Alguns chamam de destino, eu particularmente prefiro não nomear certas coisas, elas simplesmente acontecem, e nesse simplesmente acontecem, é incrível como em cada fase da vida, pessoas aparecem pra te dar um suporte que você nem sabia que precisaria. Obrigado Camila Zacche, menina especial que ingressou na pós-graduação pra fazer uma dissertação de mestrado, mas por fim já deve ter feito (contribuído em) bem umas 5. Mesmo que você não saiba, certamente Hermione Granger está em sua árvore genealógica.

Para algumas pessoas, o mestrado é apenas mais uma curta fase da vida que passa bem rápido, ou ao menos é a impressão. Para outras, essa fase é um pouco mais longa e um caminho um pouco mais sinuoso que por vezes aparenta conduzir para uma desistência, ou seria um abismo? Eu posso dizer que pertenço a esse grupo. Passei por momentos difíceis sim, e na minha visão, esses 30 meses parecem bem mais que isso. Nesses momentos nada melhor que amigos, alguns para te puxar a orelha, alguns para te dar conselhos, alguns pra chorar, alguns simplesmente para te ouvir. Obrigado Magna Bezerra, Tiago Custódio, Antônio Júnior, Simone Caetano, Camila Zacche, por estarem presentes nesses momentos, ao menos em alguns deles.

O que dizer da família? Mãe, irmão e irmã, que ficaram na ausência, no apoio, na torcida, na distância gerada pela coragem de atravessar o país. Os sobrinhos que cresceram sabendo que tinham um tio distante que aparecia uma vez ou outra. Acho que torciam mais do que eu mesmo, ou seria medo de dar errado? Fato é que, na ocasião da colação de grau, minha mãe ergueu o braço em sinal de vitória, parecia mais feliz do que o próprio formando. Sim, foi uma grande vitória, e agora mais uma. Nossa casa não tem vários andares nem é torta, não tem um vampiro no sótão, nem fazemos magia (talvez um

pouquinho), mas tem muito respeito, amor e amizade, como a família Weasley. Obrigado pelo apoio família.

Por fim, e agora com mais formalidade, um agradecimento especial aos professores membros da banca: Crediné Menezes; Davidson Cury; Elaine Harada e Tânia Gava. Ao Departamento de Informática da UFES, aos professores pela dedicação e empenho, aos funcionários sempre atentos às nossas demandas, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por viabilizar esta pesquisa, que assim como o Ministério da Magia, em meio a tanta burocracia, tenta fazer o seu melhor com o melhor que tem.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

# Resumo

---

Os Mapas Conceituais (MCs) são ferramentas extremamente úteis na construção e representação do conhecimento. Formado por conceitos e suas relações, um MC é uma ferramenta poderosa para resumir, simplificar, organizar e representar o conhecimento.

Pesquisas têm investigado e proposto recursos de software com a finalidade de favorecer atividades com MCs, promovendo sua criação em meios digitais, e propondo recursos como geração automática de mapas a partir de texto, construção de mapas colaborativos, comparação de mapas, junção de mapas, dentre outras.

Contudo, estes recursos são, em sua maioria, isolados e de difícil integração, o que faz com que trabalhar com MCs frequentemente ainda seja um desafio para o professor, especialmente em turmas grandes, exigindo muito tempo e gerando sobrecarga cognitiva, especialmente em atividades de avaliação e comparação de mapas.

Portanto, esta dissertação propõe uma arquitetura que objetiva apoiar o professor na elaboração e aplicação de atividades com MCs de forma mais frequente, reduzindo o tempo necessário para tal, assim como diminuindo sua sobrecarga cognitiva.

Os resultados obtidos são promissores, demonstrando que ferramentas de Processamento de Linguagem Natural podem contribuir enormemente na automatização de processos que envolvam atividades com MCs.

**Palavras-chave:** Mapas Conceituais, Mapa Conceitual de Referência, Apoio Tecnológico ao Professor, Representação do Conhecimento.

# Abstract

---

Concept Maps (CMs) are extremely useful tools in the construction and representation of knowledge. Formed by concepts and their relationships, an CM is a powerful tool for summarizing, simplifying, organizing and representing knowledge.

Researches have investigated and proposed software resources with the purpose of favoring activities with CMs, promoting their creation in digital media, and proposing features such as automatic generation of maps from text, construction of collaborative maps, map comparison, junction of maps, among others.

However, these resources are mostly isolated and difficult to integrate, which does working with CMs often still a challenge for the teacher, especially in large classes, requiring a lot of time and generating cognitive overload, especially in evaluation and comparison of maps.

Therefore, this dissertation proposes an architecture that aims to support the teacher in the elaboration and application of activities with CMs more frequently, reducing the time necessary for this, as well as reducing their cognitive overload.

The results obtained are promising, demonstrating that Natural Language Processing tools can greatly contribute to the automation of processes involving CM activities.

**Keywords:** Concept Maps, Reference Concept Map, Technological Support to the Teacher, Knowledge Representation.

# Lista de Abreviações e Siglas

---

API - Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicação)

AVA - Ambiente Virtual de Aprendizagem

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

IA - Inteligência Artificial

MC - Mapa Conceitual

MCs - Mapas Conceituais

MCD - Mapa Conceitual do Domínio

MCR - Mapa Conceitual de Referência

PLN - Processamento de Linguagem Natural

QF - Questão Focal

TDICs - Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

# Lista de Figuras

---

Figura 1.1 - Periódicos em texto completo no portal de periódicos da CAPES nos anos de 2001 a 2013. ....	18
Figura 1.2 - Síntese do processo de pesquisa .....	25
Figura 1.3 - Mapa Conceitual apresentando a organização desta dissertação.....	27
Figura 2.1 - David Paul Ausubel.....	29
Figura 2.2 - Joseph Donald Novak .....	29
Figura 2.3 - Mapa conceitual elaborado na Escola de Medicina Veterinária da Universidade de Cornell para mostrar a estrutura geral do currículo.....	33
Figura 2.4 - Um mapa conceitual interno do portfólio de conhecimentos criado pela NASA para a exploração de Marte.....	33
Figura 2.5 - Exemplo de um jogo criado a partir de um MC. ....	39
Figura 2.6 - Exemplo de um mapa conceitual inserido na missão do jogo .....	40
Figura 3.1 - Visão de Integração do Portal do Conhecimento com a Plataforma CMPaaS e visão de Integração de Serviços Externos à Plataforma .....	54
Figura 4.1 - Arquitetura proposta .....	57
Figura 4.2 - Arquitetura do modelo do aluno .....	58
Figura 4.3 - Arquitetura do modelo do professor .....	59
Figura 4.4 - Processo de construção do MCR a partir de um texto .....	59
Figura 4.5 - Processo de geração do MCD.....	60
Figura 4.6 - Processo de comparação de mapas.....	62
Figura 5.1 - Arquitetura tecnológica .....	65
Figura 5.2 - Requisição AJAX para salvar um mapa.....	66
Figura 5.3 - Tela inicial para login e criação de novas contas .....	66
Figura 5.4 - Interface do estudante ao efetuar login .....	67
Figura 5.5 - Correspondência entre um Mapa Conceitual, um grafo e sua representação computacional por meio de uma matriz de adjacência .....	68
Figura 5.6 - Tela de perfil do estudante .....	69
Figura 5.7 - Interface do professor.....	69
Figura 5.8 - Interface do professor para a construção do MCR .....	70
Figura 5.9 - Interface para a geração automática do MCD .....	71
Figura 5.10 - Processo de construção automática do MCD .....	72
Figura 5.11 - Interface para a comparação do MCR com os mapas dos estudantes .....	72

Figura 5.12 - Etapas envolvidas no processo de comparação dos mapas .....	73
Figura 5.13 - Resultado estatístico da comparação de mapas para a turma .....	74
Figura 5.14 - Resultado individual na comparação do mapa do estudante com o MCR .....	74
Figura 5.15 - Relatório individual do estudante .....	76
Figura 6.1 - Comparação dos mapas dos estudantes com o MCR para a Atividade 1 .....	81
Figura 6.2 - Comparação dos mapas dos estudantes com o MCR para a Atividade 2 .....	82
Figura 6.3 - Comparação dos mapas dos estudantes com o MCR para a Atividade 3 .....	82
Figura 6.4 - Avaliação manual versus avaliação automática .....	83
Figura 6.5 - Proposições equivalentes não identificadas na avaliação exata. ....	85
Figura 6.6 - Proposições equivalentes não identificadas na avaliação exata. ....	85
Figura 6.7 - Proposições do MCR representadas com mais de um nível hierárquico no mapa do estudante .....	86
Figura 6.8 - Mapa com características da aprendizagem mecânica .....	87
Figura 6.9 - MCR 1 que responde a seguinte questão focal: As vulnerabilidades dos documentos digitais .....	88
Figura 6.10 - MCR 2, que responde a seguinte questão focal: O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa .....	89
Figura 6.11 - MCR 3, que responde a seguinte questão focal: O papel dos repositórios institucionais e temáticos na estrutura da produção científica. ....	89
Figura 6.12 - MCD gerado automaticamente a partir dos MCR das Figuras 6.9, 6.10 e 6.11. ....	90
Figura 6.13 - Geração automática de pesos para os conceitos e ligações .....	91

# Lista de Tabelas

---

Tabela 1.1 - Método de pesquisa.....	24
Tabela 6.1 - Tabulação dos dados coletados por meio do questionário.....	80
Tabela 6.2 - Conceitos classificados como iguais quando de fato não são.....	83
Tabela 6.3 - Conceitos iguais classificados como diferentes .....	84

# Índice

---

<b>Capítulo 1 Introdução</b> .....	16
1.1 – Contexto .....	16
1.2 – Motivação.....	20
1.3 – Hipótese .....	22
1.4 – Questões Norteadoras .....	23
1.5 – Objetivo .....	23
1.5.1 – Objetivos específicos .....	23
1.6 – Método de Pesquisa.....	23
1.7 – Processo de Pesquisa .....	25
1.8 – Contribuições da Pesquisa .....	26
1.9 – Produção científica .....	26
1.10 – Estrutura da Dissertação .....	27
<b>Capítulo 2 Os Mapas Conceituais</b> .....	28
2.1 – A Teoria por trás dos Mapas Conceituais.....	28
2.1.1 – David Paul Ausubel.....	29
2.1.2 – Joseph Donald Novak .....	30
2.2 – Seu Processo de Construção .....	31
2.3 – Os Mapas Conceituais e suas Aplicações .....	32
2.3.1 – Na Indústria .....	33
2.3.2 – Na Pesquisa .....	34
2.3.3 – Na Educação .....	36
2.3.4 – Em Jogos.....	38
2.4 – Mapa Conceitual de Referência .....	40
2.5 – Os Mapas Conceituais são, de fato, Eficazes? .....	41
2.6 – Considerações Finais do Capítulo.....	44
<b>Capítulo 3 Automatização de Etapas em Atividades Com Mapas Conceituais</b> .....	46
3.1 – Automatização de Processos.....	46
3.1.1 – Geração Automática de Mapas a Partir de Texto .....	46
3.1.2 – Para Monitorar o Processo de Elaboração do Mapa.....	49
3.1.3 – Para Auxiliar na Avaliação de MCs .....	50
3.1.4 – Para a Comparação MCs.....	52
3.1.5 – Para a Construção Colaborativa de MCs .....	53
3.2 – Contexto Desta Pesquisa .....	54
3.3 – Considerações Finais do Capítulo.....	54

<b>Capítulo 4 Modelo Conceitual</b> .....	56
4.1 – Arquitetura Proposta.....	56
4.1.1 – Ambiente do Estudante.....	57
4.1.2 – Ambiente do Professor.....	58
4.2 – Considerações Finais do Capítulo.....	62
<b>Capítulo 5 Arquitetura Tecnológica</b> .....	64
5.1 – Visão Geral.....	64
5.2 – Componentes Tecnológicos .....	65
5.3 – Protótipo Desenvolvido.....	66
5.3.1 – Ambiente do Estudante.....	66
5.3.2 – Ambiente do Professor.....	69
5.4 – Considerações Finais do Capítulo.....	77
<b>Capítulo 6 Experimento</b> .....	78
6.1 – Visão Geral.....	78
6.2 – Realização do Experimento .....	78
6.3 – Avaliação dos Resultados .....	79
6.3.1 – Informações Obtidas por Meio do Questionário .....	80
6.3.2 – Comparação de Mapas.....	81
6.3.3 – Geração Automática do Mapa do Domínio.....	88
6.3.4 – Geração Automática do Pesos .....	90
6.4 – Considerações Finais do Capítulo.....	91
<b>Capítulo 7 Principais Contribuições</b> .....	93
7.1 – Contribuições desta Pesquisa.....	93
7.1.1 – Do Ponto de Vista Científico.....	93
7.1.2 – Do Ponto de Vista Tecnológico.....	94
7.2 – Considerações Finais do Capítulo.....	95
<b>Capítulo 8 Conclusão e Trabalhos Futuros</b> .....	96
8.1 – Conclusões.....	96
8.1.1 – Questões Norteadoras .....	98
8.2 – Trabalhos Futuros.....	99
<b>Referências</b> .....	101
<b>Apêndice A Questionário Aplicado ao Final do Experimento</b> .....	117
<b>Apêndice B Serviços Desenvolvidos</b> .....	118

# Capítulo 1

## Introdução

---

*Este capítulo apresenta uma visão geral da pesquisa desenvolvida, o contexto em que ela se insere, suas motivações, hipóteses, questões que nortearam seu desenvolvimento, assim como objetivos esperados, processos adotados, contribuições e produções científicas. Esta introdução guiará todos os demais capítulos.*

*O capítulo está organizado nas seguintes seções: a Seção 1.1 apresenta o contexto em que esta pesquisa está inserida; a Seção 1.2 apresenta suas motivações; a Seção 1.3 apresenta as hipóteses levantadas; a Seção 1.4 apresenta as questões que nortearam seu desenvolvimento; a Seção 1.5 apresenta seus objetivos; a Seção 1.6 apresenta o método de pesquisa; a Seção 1.7 apresenta o processo de pesquisa; a Seção 1.8 apresenta as contribuições desta pesquisa; a Seção 1.9 apresenta a produção científica e a Seção 1.10 apresenta como está organizada esta dissertação.*

### 1.1 – Contexto

Até poucas décadas o processo de ensino-aprendizagem seguia um modelo antigo e bem definido cujo principal objetivo era transmitir informações. A figura do professor, adotando uma postura mais ativa, se colocava como detentora do conhecimento com a função de transmiti-lo às novas gerações, enquanto o aprendiz, numa postura mais passiva, ocupava o papel de ouvinte e repetidor de informações (GUERRA, 2000; FERNANDES & MEGID NETO, 2012).

As transformações iniciadas na metade final do século XX deram origem à chamada Sociedade do Conhecimento (CORREIA *et al.*, 2016a). Em poucas décadas ocorreram mudanças significativas, especialmente as decorrentes do surgimento e expansão da Internet.

Deixando para trás sua limitação a apenas alguns centros de pesquisas norte-americanos, seus aproximadamente 2 mil usuários em 1975 e seu cunho militar (ABREU, 2009), a internet passou a conectar o mundo. Dentre suas características, a mais marcante

sem dúvida, é sua capacidade para disseminação e fácil acesso à informação (MARCONDES & GOMES, 1997) pelas grandes massas, permitindo que, com poucos cliques, se tenha acesso a praticamente qualquer tipo de informação disponível na rede.

Mesmo num país com tantas desigualdades como o Brasil, onde apenas 54% dos domicílios estavam conectados à internet em 2016 (TIC DOMICÍLIOS 2016), onde 81% das escolas públicas possuem laboratório de informática mas apenas 59% encontravam-se em uso e 31% dos professores o utilizavam (TIC EDUCAÇÃO 2016), não se pode negar a influência da internet, especialmente sob as novas gerações.

De forma sutil e talvez até imperceptível para muitos, essa tecnologia trouxe grandes impactos para a realidade escolar, que tinha até então o professor e os acervos das bibliotecas como únicas fontes de informação. Há quem a considere uma verdadeira mudança de paradigma, comparável à invenção da imprensa por Gutemberg (LAQUEY, 1994 apud MARCONDES & GOMES, 1997).

Em paralelo, a necessidade de comunicação em tempo real por meio de voz com alguém fisicamente distante seria ainda mais impactante do que a própria internet. Quando surgiu, o telefone foi pensado para promover a comunicação por voz entre duas pessoas fisicamente distantes. Pouco tempo foi necessário até que fosse possível o envio da primeira mensagem de texto em 1992 por Neil Papworth (MACEDO, 2008) e pouco mais de uma década para que tivéssemos em nossas mãos um poderoso microcomputador com múltiplas funções, das quais, a menos utilizada certamente é o recurso de chamada por voz.

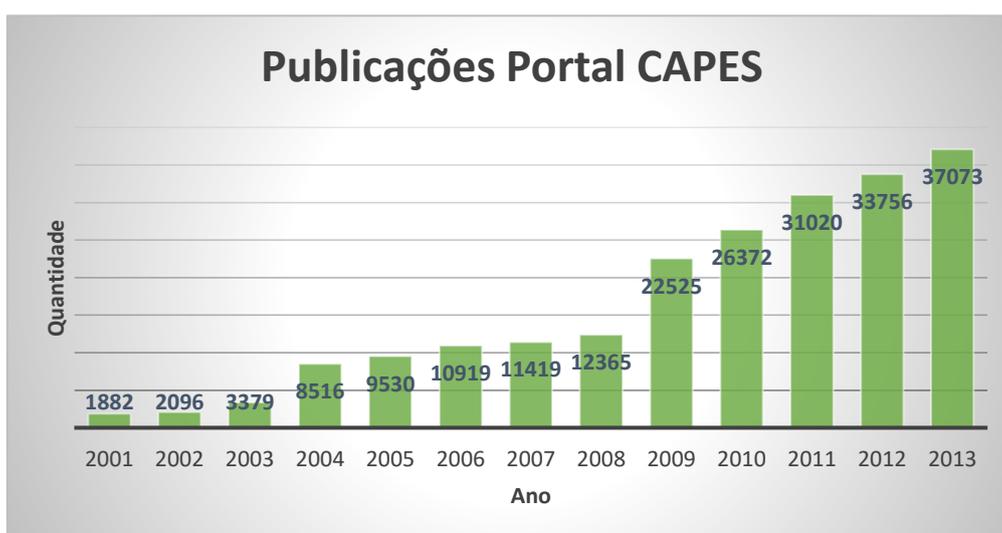
Com acesso à rede mundial de computadores, as novas gerações de telefones e tablets mudaram drasticamente o comportamento das novas gerações que, cada vez mais, passaram a trocar as brincadeiras do mundo físico pelos jogos do mundo virtual, as bibliotecas pelos sites de busca, o “deixa eu copiar seu trabalho” por um “ctrl+c ctrl+v”.

Para professores e educadores isso representou um grande desafio: como manter a atenção e o interesse de quem tem tanta informação e distração na palma da mão? Essa pergunta talvez ainda esteja sendo respondida hoje, contudo, a resposta certamente passa pela implementação de novas estratégias e abordagens pedagógicas e a inclusão de recursos digitais no ambiente escolar. Para Rihs & De Almeida (2017, p. 54) “...os alunos devem

deixar de assistir aulas e, junto com o professor, fazer aulas, pois é preciso superar a aula tradicional...”.

Outro grande impacto causado pela internet foi na produção e divulgação de informação. Até algumas décadas este era um mercado restrito a poucos veículos de comunicação que avaliavam criteriosamente o que seria publicado. Essa informação tinha pouco alcance e normalmente localizado geograficamente em grandes centros urbanos e de pesquisas.

Hoje, não apenas o acesso pode ser feito de qualquer lugar do mundo que tenha acesso à internet, como também qualquer um pode produzir e divulgar seu conteúdo. Isso gerou um aumento na produção e divulgação de informação sem precedentes na história da humanidade. A Figura 1 apresenta um exemplo na realidade brasileira, o aumento no número de periódicos no portal de periódicos da CAPES nos anos de 2001 a 2013.



**Figura 1.1 - Periódicos em texto completo no portal de periódicos da CAPES nos anos de 2001 a 2013 (Fonte: <https://www.periodicos.capes.gov.br>).**

Em meio a tanta informação, o grande desafio não é mais encontrar informação sobre um determinado tópico, mas sim determinar sua relevância, tarefa que pode acarretar nos estudantes uma sobrecarga cognitiva e mesmo desorientação antes mesmo de encontrarem o que de fato necessitam.

O processo cognitivo humano refere-se ao estudo de como os humanos processam as informações, desde a sua percepção até sua utilização, por meio dos três sistemas de memória: sensorial; de curta duração e de longa duração. Estudos sugerem que o sistema

cognitivo humano consegue processar entre 5 a 9 elementos por vez. Uma vez excedido este limite, a aprendizagem e o raciocínio ficam abaixo do esperado, acarretando em uma sobrecarga da estrutura cognitiva (SANTOS & TAROUÇO, 2007).

Representações gráficas passaram a ser adotadas a fim de resumir, organizar e facilitar a compreensão de grandes volumes de dados. Pesquisas na literatura sugerem que a representação gráfica pode reduzir a desorientação e a sobrecarga cognitiva, facilitando a compreensão por parte dos estudantes (CHEN *et al.*, 2008; AGUIAR *et al.*, 2017; FERNANDES, 2017).

Assim, os Mapas Conceituais (MCs) se destacaram, especialmente no ambiente educacional, por serem uma ferramenta já bem estabelecida de representação que facilita e mesmo favorece a análise dos processos de aprendizagem e avaliação (STEVENSON *et al.*, 2017). Proposto por Josef Donald Novack, um MC é uma forma simples e eficiente de representar e organizar graficamente o conhecimento, uma vez que expressa de forma clara e sucinta a relação existente entre conceitos (CORREIA *et al.*, 2016a).

Rapidamente adotado por muitos professores ao redor do mundo, os MCs se tornaram uma alternativa para diversificar as atividades em sala de aula e auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Além de representar com facilidade tanto a informação como o conhecimento, um de seus principais benefícios é sua capacidade de auxiliar a própria construção do conhecimento, uma vez que seu construtor precisa elencar os principais conceitos do texto ou do domínio de conhecimento trabalhado e mostrar como eles se relacionam. Vale lembrar que, assim procedendo, seu construtor acaba por desconstruir e construir novas relações, estabelecendo novas organizações e, assim, construindo um nível de conhecimento mais alto, o metacognitivo.

A construção de um bom mapa é uma tarefa trabalhosa que requer tempo e esforço cognitivo do indivíduo. Pesquisas demonstraram que o mapeamento conceitual é uma habilidade que requer tempo para seu domínio (BOUJAOUDE & ATTIEH, 2008). A fim de auxiliar este processo de elaboração, recursos de software têm sido propostos para sua utilização no mundo virtual, permitindo assim, a criação de mapas mais ricos, esteticamente bonitos e especialmente de fácil edição, um problema quando se trata em desenhar mapas no papel.

Em atividades práticas em sala de aula, inúmeras pesquisas têm feito uso do mapa de um especialista como referência, a fim de comparar com os mapas produzidos pelos estudantes (DE ARAÚJO *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2009; CALDAS & FAVERO, 2009; FATEMEH & MOHAMMAD, 2011). Este processo tem sido realizado de forma manual, comparando-se mapa a mapa, tarefa custosa, cansativa e que requer muito tempo e esforço cognitivo por parte do professor.

Apesar de todos os esforços para a aproximação entre o ambiente escolar e o ambiente virtual; das diversas propostas de utilização dos MCs em sala de aula; e seu potencial para contribuir no processo de construção do conhecimento, ainda não há uma abordagem clara e bem definida a fim de apoiar o professor que deseja incorporar recursos digitais e MCs em sua abordagem pedagógica de forma mais efetiva. A avaliação dos MCs e o *feedback* são demorados e sobrecarregam o professor, inibindo assim seu uso regular (STEVENSON *et al.*, 2017). Com sua utilização esporádica, dificilmente produzirão os resultados esperados (CORREIA *et al.*, 2016a).

Neste contexto, propomos uma abordagem tecnológica para a construção assistida de Mapas Conceituais de Referência (MCRs) a partir de texto, e apoiar o professor na utilização mais frequente de MCs no processo de ensino-aprendizagem. Esta abordagem faz uso de recursos de Processamento de Linguagem Natural (PLN) como a WordNet Onto.pt e o Corretor Gramatical Cogroo, para o processamento da língua portuguesa, visando assim, apoiar o professor na utilização de MCs desde sua concepção até sua junção, comparação e *feedback*.

Assim, esta pesquisa busca responder a seguinte questão de investigação: Como a tecnologia pode apoiar a construção assistida de MCRs e sua maior utilização em sala de aula?

## **1.2 - Motivação**

Os MCs conquistaram seu espaço, em especial, devido sua simplicidade e capacidade de organizar, representar e auxiliar no processo de construção do conhecimento. Sua utilização é variada e em diversos ambientes, mas foi no meio acadêmico que mais se destacou pelos benefícios que pode agregar ao processo de ensino e aprendizagem.

Sua aplicação é tão simples que bastam papel e lápis para que uma atividade com MCs possa ser conduzida. Em seu processo de elaboração, os construtores devem representar em pequenos retângulos ou elipses os conceitos que julgam importantes, ligando esses conceitos com setas rotuladas, o que demonstra a relação existente entre os conceitos ligados.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos em diversas áreas do conhecimento como química (DE FREITAS FILHO, 2007; KILIC & CAKMAK, 2013), física (BROGGY & MCCLELLAND, 2009), biologia (JÚNIOR & PRINCIVAL, 2014; ROSA & LANDIM, 2015), história (YOSHIMOTO *et al.*, 2016), filosofia (MENDES & DE REZENDE, 2013), áreas da saúde (GOMES *et al.*, 2011; DE CAMARGO *et al.*, 2016) dentre outras, elaborando atividades como construção de mapas, atividades avaliativas com mapas, elaboração de mapas como forma de resumo e revisão de conteúdo, para organizar e sumarizar o conteúdo a ser coberto na disciplina, dentre outros.

A fim de tornar seu processo de construção mais dinâmico e atrativo, especialmente para as novas gerações tão conectadas, recursos de software têm sido propostos para auxiliar especialmente no processo de construção de mapas, facilitando especialmente a tarefa de edição de mapas, que não é tão simples quando se usa papel e lápis. Outro recurso interessante é a possibilidade de se construir mapas colaborativos com maior facilidade, uma vez que com o uso de papel essa possibilidade apenas existe quando os construtores estão fisicamente no mesmo lugar.

Mesmo diante de todos os benefícios apresentados, trabalhar com MCs em sala de aula ainda pode ser desafiador. Em atividades avaliativas, requer tempo e concentração por parte do professor, especialmente em atividades que necessitam da comparação de mapas.

As ferramentas de software propostas até então são isoladas e cobrem em grande parte apenas o processo de construção dos mapas, deixando a cargo do professor decidir como serão as outras partes do processo. Cabe ressaltar também que a simples utilização de novas tecnologias na educação não traz nenhuma garantia de melhorias no processo de ensino e aprendizagem se não for acompanhando de um projeto pedagógico (BETEMPS *et al.*, 2010).

Moen (2009) percebeu essa dificuldade ao utilizar MCs como ferramenta de aprendizado e avaliação no curso de bancos de dados distribuídos em nível de pós-

graduação. A autora relata que a utilização de MCs funcionou bem com a turma pequena, porém, pode ser bastante desgastante em turmas maiores, especialmente para a avaliação dos mapas. A autora menciona ainda que seria essencial algum método de avaliação assistido por computador.

Assim, de um lado temos os MCs, que podem beneficiar enormemente o processo de ensino e aprendizagem se incorporados adequadamente a uma abordagem pedagógica, porém exigem tempo e muito esforço cognitivo para sua adequada utilização. De outro lado, temos as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) e todo seu potencial transformador, mas que muitas vezes acabam sendo subutilizadas, apenas substituindo o livro físico por um texto virtual, o papel por uma tela, e não gerando assim, a transformação desejada.

Em algumas abordagens encontradas na literatura, os autores relatam a utilização de um mapa construído por um especialista e utilizado como base, ou mapa ideal, para a comparação com os mapas desenvolvidos pelos estudantes. A esse mapa chamam de Mapa Conceitual de Referência (MCR).

Aqui reside a principal motivação desta pesquisa. Propor uma abordagem tecnológica para a construção assistida de Mapas Conceituais de Referência (MCRs) que preencha essa lacuna, motivando e apoiando a utilização dos MCs em meios digitais e apoiando o professor com recursos que vão além da elaboração de mapas, como a geração automática do mapa do domínio, a comparação dos mapas dos estudantes com o MCR e ainda a geração de pesos para os conceitos e proposições, permitindo assim, entre outras atividades, que os mapas sejam utilizados também em atividades lúdicas e jogos.

### **1.3 - Hipótese**

Tendo em vista o cenário apresentado nas Seções 1.1 e 1.2 e os problemas identificados, as seguintes hipóteses foram formuladas:

- (i) O acompanhamento de uma turma pode ser mais efetivo com a utilização de mapas conceituais de referência.
- (ii) É possível a criação de uma arquitetura tecnológica que apoie a elaboração e utilização de MCRs por parte do professor.

(iii) Esta abordagem motivará uma maior utilização de mapas conceituais na sala de aula, uma vez que todo o processo será acompanhado por software, dispensando assim muito tempo e alta carga cognitiva por parte do professor.

## **1.4 - Questões Norteadoras**

A seguir são apresentadas as principais questões que esta pesquisa busca responder.

- (i) Como os MCs são utilizados atualmente em sala de aula?
- (ii) Há na literatura trabalhos que façam referência à MCR? Como são utilizados?
- (iii) É possível atribuir peso aos conceitos e ligações a fim de quantificar a importância de cada um no mapa de referência?
- (iv) Como ferramentas de PLN para a Língua Portuguesa podem contribuir em atividades com MCs?

## **1.5 - Objetivo**

Esta pesquisa tem como objetivo geral desenvolver uma arquitetura tecnológica para a Construção Assistida de Mapas Conceituais de Referência a partir de um texto ou domínio do conhecimento, a fim de apoiar, enriquecer e incentivar estratégias pedagógicas adotadas por educadores em sala de aula.

### **1.5.1 - Objetivos específicos**

São apresentados abaixo os objetivos específicos desta pesquisa.

- i) Otimizar o tempo do professor, diminuindo a sobrecarga cognitiva exigida, especialmente em atividades que envolvam a avaliação e a comparação de mapas;
- ii) Motivar a adoção de MCs com maior frequência em abordagens pedagógicas, como ferramenta para a avaliação e a construção do conhecimento.

## **1.6 - Método de Pesquisa**

Na sociedade da informação, o conhecimento não se resume mais apenas a filosofia, matemática e astronomia, como na antiguidade. Destas, muitas outras grandes áreas se formaram e se tornaram independentes. A própria computação é um exemplo claro dessa evolução.

Diante de tantos saberes, se tornou difícil determinar parâmetros gerais o suficiente para a condução de uma pesquisa, a fim de serem aplicados em qualquer ramo do conhecimento, ponto este que causa discordância até mesmo entre pesquisadores de longa data (GIL, 2008).

Ainda assim, existem diretrizes gerais para a boa condução de uma pesquisa, apresentando de forma clara o método científico adotado que, de acordo com GIL (2008), pode ser entendido como o conjunto de procedimentos e técnicas adotados para se atingir o conhecimento. Nesse sentido esta pesquisa apresenta as seguintes características:

**Tabela 1.1 - Método de pesquisa**

Quanto à natureza	Pesquisa aplicada
Quanto aos objetivos	Exploratória e descritiva
Quanto às abordagens	Qualitativa
Quanto aos procedimentos	Bibliográfica, experimental e estudo de caso
Quanto aos métodos	Empírico indutivo

Esta pesquisa é de natureza aplicada uma vez que, reunindo um corpo de conhecimento e ferramentas tecnológicas, objetiva sua aplicação prática, utilização e avaliação de suas consequências (GIL, 2008) em ambiente real, buscando soluções para problemas de ordem prática no mundo real.

Quanto aos objetivos pode ser classificada como exploratória, proporcionando uma visão mais ampla e aprofundada da área a ser estudada, assim como boa parte dos esforços estão concentrados na revisão bibliográfica e sua análise, identificando como os MCs são comumente utilizados pelos professores e quais as dificuldades encontradas. Também é classificada como descritiva, uma vez que identifica e descreve características de uma arquitetura que busca apoiar abordagens pedagógicas com MCs, e ainda são coletadas informações e impressões do mundo real (SAMPIERI *et al.*, 2006) através de questionários.

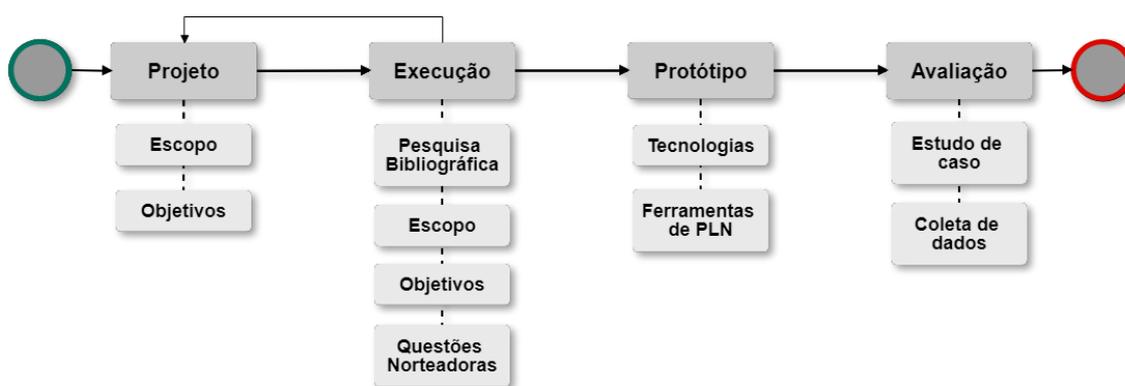
Sua abordagem é qualitativa uma vez que não busca quantificar dados, mas sim impactar qualitativamente no apoio a abordagens pedagógicas e na utilização de MCs, focando no processo e em seu significado.

Quanto aos procedimentos esta pesquisa pode ser classificada como bibliográfica nas fases de projeto e execução, com a realização do levantamento bibliográfico; experimental uma vez que, embasada no estado da arte, busca aprimorar a utilização de MCs em abordagens pedagógicas; e por fim, como estudo de caso na fase final de avaliação.

Por fim, quanto aos métodos científicos, esta pesquisa é classificada como empírica ao abordar situações reais vivenciadas pelos professores e educadores, e indutiva uma vez que análises e conclusões são buscadas a partir das informações levantadas no estudo de caso.

## 1.7 – Processo de Pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida em quatro fases a saber: Projeto; Execução; Protótipo e Avaliação, como apresentado na Figura 1.2. A seguir detalhamos cada uma das fases com suas particularidades e atividades internas.



**Figura 1.2 - Síntese do processo de pesquisa (autor)**

Na fase de Projeto, a preocupação foi delimitar o escopo da pesquisa assim como definir uma primeira versão de seus objetivos. A segunda fase, Execução, foi dedicada à realização da pesquisa bibliográfica, refinando assim o escopo da pesquisa, delimitando as questões norteadoras assim como refinando os objetivos.

Na terceira fase, Protótipo, decisões de cunho tecnológico foram tomadas, como a escolha das tecnologias que seriam utilizadas para desenvolvimento do protótipo, assim como as ferramentas de PLN disponíveis para a Língua Portuguesa que poderiam ser utilizadas. Uma arquitetura foi desenvolvida e um protótipo construído.

Por fim, na quarta e última fase, Estudo de caso, o protótipo foi utilizado em um ambiente real de sala de aula. Informações foram coletadas a fim de obter o ponto de vista e interpretações dos estudantes.

## 1.8 – Contribuições da Pesquisa

A seguir, são apresentadas as principais contribuições desta pesquisa tanto para a comunidade acadêmica quanto para a comunidade científica.

- (i) Categorização de como os mapas conceituais são utilizados em sala de aula.
- (ii) A definição de Mapa Conceitual de Referência (MCR).
- (iii) Uma arquitetura conceitual para apoiar atividades com MCs.
- (iv) MapRef, uma ferramenta web para a construção assistida de MCR e apoio na realização de atividades com MCs.
- (v) API<sup>1</sup> que provê diversos serviços para se trabalhar com MCs apresentada em detalhes no Apêndice B.

## 1.9 – Produção científica

- (i) Gaspar, W., Cury, D. & Aguiar, C. Z. (2017). **Agent-based Approach to Support the Construction of Concept Maps**. XII Latin American Conference on Learning Objects and Technology (LACLO). La Plata: Argentina, 978-1-5386-2376-3/17/\$31.00 ©2017 IEEE.
- (ii) Gaspar, W., Aguiar, C. Z. & Cury, D. (2017) **Mapas Conceituais de Referência: Uma Abordagem do Ponto de Vista do Educador**. XXII Congresso Internacional de Informática na Educação (TISE). Anais Nuevas Ideas en Informática Educativa. Fortaleza. Ceará. v. 13, p. 150 - 159, ISBN: 978-956-19-1043-0.
- (iii) Gaspar, W., Aguiar, C. Z. Gava, T. & Cury, D. (2018) **Uma Arquitetura Tecnológica Para Apoiar o Professor na Utilização de Mapas Conceituais em Sala de Aula**. (aceito) Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Fortaleza. Ceará.

---

<sup>1</sup> Application Programming Interface, que significa em tradução para o português "Interface de Programação de Aplicação".

## 1.10 - Estrutura da Dissertação

Considerando que este trabalho é fundamentalmente sobre Mapas Conceituais e suas capacidades para organização e representação do conhecimento, optou-se por representar sua organização por meio de um mapa conceitual apresentado na Figura 1.3.

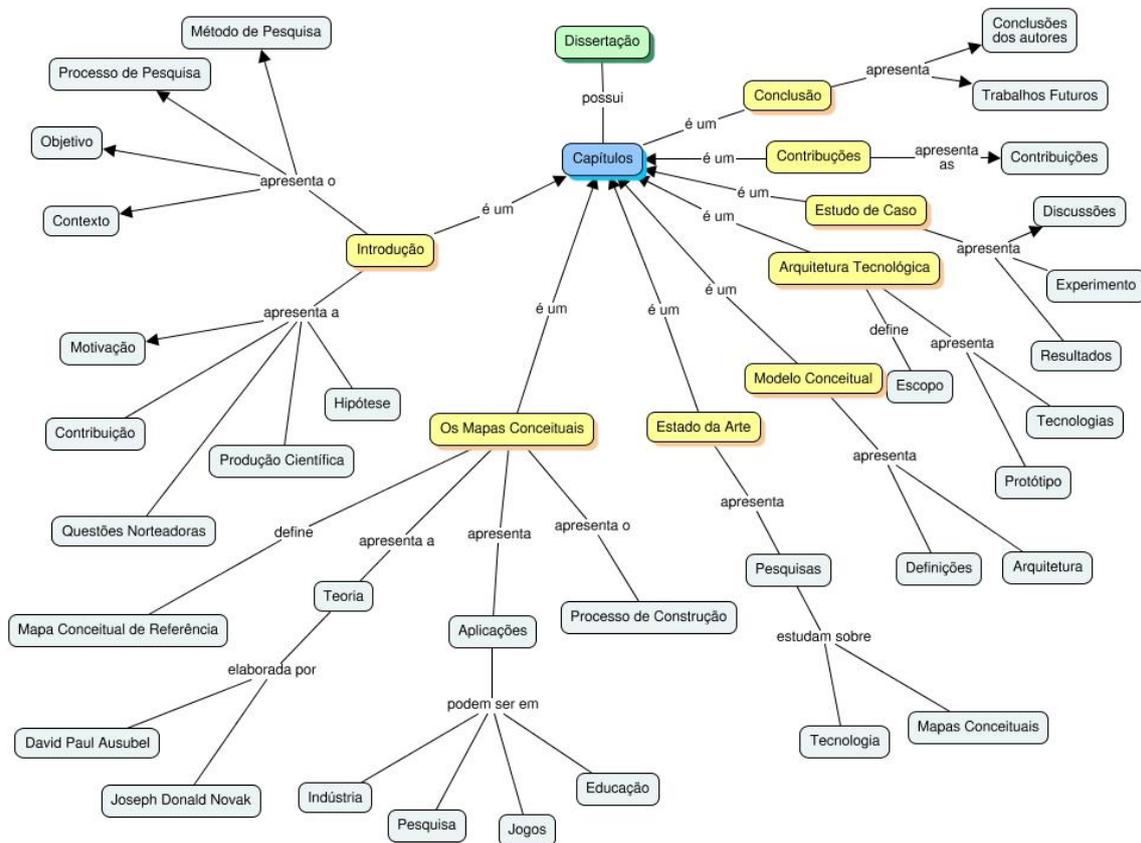


Figura 1.3 - Mapa Conceitual apresentando a organização desta dissertação.

# Capítulo 2

## Os Mapas Conceituais

---

*Este capítulo apresenta os MCs, o contexto que propiciou sua proposta, seu processo de construção e aplicações, conceitos fundamentais para a compreensão desta pesquisa.*

*O capítulo está organizado nas seguintes seções: Seção 2.1 apresenta os MCs e seu contexto de origem; Seção 2.2 apresenta seu processo de elaboração; Seção 2.3 apresenta suas aplicações; Seção 2.4 apresenta a definição do Mapa Conceitual de Referência; Seção 2.5 apresenta trabalhos que buscam evidências dos benefícios de sua utilização no processo de ensino e aprendizagem; e a Seção 2.6 apresenta as considerações finais do capítulo.*

### 2.1 - A Teoria por trás dos Mapas Conceituais

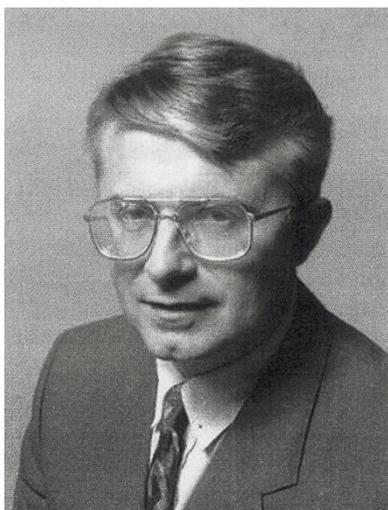
Parafrazeando Isaac Newton, “se cheguei até aqui foi porque me apoiei nos ombros de gigantes”, um trabalho não tem sua origem em si mesmo, mas traz em sua essência a inspiração do mundo que o rodeia, ou como diz Johnson (2015), do “possível adjacente”. Assim, este trabalho não surgiu do nada, mas de uma série de outros trabalhos e observações, identificando lacunas e oportunidades para contribuições.

Através de prática, experiências, estudos, reflexões e debates, o solo se tornou fértil e, irrigado por ideias e estudos de outros pensadores, a concepção inicial de uma ferramenta gráfica que organizasse e representasse o conhecimento passou a fazer parte do “possível adjacente”.

Nessa trajetória de amadurecimento das ideias, até chegar aos MCs que conhecemos hoje, dois nomes se destacam, o do médico psiquiátrico David Ausubel, apresentado na Figura 2.1, e do educador Joseph Novak, apresentado na Figura 2.2.

---

<sup>2</sup> O autor menciona que ideias são fundamentalmente redes de outras ideias. Assim, para que uma determinada ideia se desenvolva, se faz necessário que suas partes já tenham sido desenvolvidas. O autor usa como exemplo a geladeira, afirmando que nem a mente mais inteligente do mundo seria capaz de inventar a geladeira no século XVII, pois seus blocos de construção ainda não existiam. Uma vez criados esses blocos, as peças do quebra cabeça estão postas, a ideia de geladeira passa então a fazer parte do “possível adjacente”.



**Figura 2.1 - David Paul Ausubel. Fonte: (FERNANDES, 2011)**



**Figura 2.2 - Joseph Donald Novak. Fonte: <http://aims2005.ihmc.us/users/user.php?UserID=jnovak>**

### **2.1.1 - David Paul Ausubel**

David Paul Ausubel (1918 – 2008), pesquisador norte-americano nascido em Nova York e filho de imigrantes judeus, ficou famoso por ter proposto o conceito de aprendizagem significativa.

Em 1963, quando sua teoria foi apresentada, as ideias behavioristas<sup>3</sup> predominavam, o que os estudantes sabiam não era considerado, estes eram vistos apenas como receptores de informação e acreditava-se que somente aprenderiam se fossem ensinados por alguém. Ausubel segue numa linha completamente oposta, defendendo que um dos fatores mais importantes para a aprendizagem é justamente aquilo que o aprendiz já sabe (FERNANDES, 2011).

Para Ausubel, aprender de forma significativa é ampliar ideias já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, reconfigurando-as, relacionando e acrescentando novos conteúdos. Imaginando o conhecimento do aprendiz como uma rede, para que um novo nó seja acrescentado a esta rede de forma efetiva, faz-se necessário estabelecer relações com os nós já existentes. Assim, para que a aprendizagem significativa de fato aconteça, faz-se necessário valorizar o conhecimento prévio do estudante, sua estrutura cognitiva é essencial para a compreensão de novos conceitos (OKADA, 2007).

---

<sup>3</sup> Termo derivado da palavra inglesa “behavior” que significa comportamento. O Behaviorismo, que surgiu no início do século XX, é uma proposta de estudo para a psicologia dando ênfase na análise e no estudo do comportamento observável.

Quando há pouca ou nenhuma integração do novo conhecimento com o conhecimento já existente, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, por meio da repetição e não da significação.

Há duas desvantagens nesse processo: a primeira, é que o novo conhecimento tende a ser esquecido rapidamente se não for constantemente repetido; a segunda, é que a estrutura de conhecimento ou estrutura cognitiva do aprendiz não sofre alteração, logo não há relacionamento entre o que foi aprendido e o que o aprendiz já sabia.

Na aprendizagem significativa há uma interação entre o novo conhecimento e o já existente, na qual ambos se modificam. O conhecimento existente, a que Ausubel chama de subsunção, serve de ancoradouro para os novos conhecimentos.

Na visão de Ausubel, professor e estudante se completam. Este, deixa sua passividade e passa a exercer um papel ativo na construção do seu conhecimento, enquanto aquele, assume o papel de mediador, devendo considerar as experiências e os conhecimentos prévios dos estudantes como ponto de partida para suas ações educativas (RIHS & DE ALMEIDA, 2017).

Dentre os educadores influenciados pelas ideias de Ausubel e sua teoria da aprendizagem significativa, encontra-se o pesquisador Joseph Novak.

### **2.1.2 - Joseph Donald Novak**

Nascido em 1932, é um pesquisador e educador norte-americano formado em ciências e matemática com grande interesse e contribuições nas ciências da educação. Na década de 70, Novak conduziu um programa de pesquisa na Universidade de Cornell baseado na psicologia da aprendizagem de David Ausubel, cujo principal objetivo era entender as mudanças na maneira como as crianças compreendem conceitos científicos.

Um grande número de crianças foi entrevistado, contudo, os pesquisadores tiveram dificuldade em identificar mudanças na compreensão de conceitos científicos analisando apenas as transcrições das entrevistas.

Diante da necessidade de representar a compreensão conceitual das crianças, surgiu a ideia de que o conhecimento pudesse ser representado na forma de um mapa de conceitos e suas relações, dando origem assim, aos Mapas Conceituais (NOVAK & CAÑAS, 2006, 2010).

## 2.2 - Seu Processo de Construção

Apesar de sua simplicidade, são necessários alguns cuidados na elaboração de bons MCs (NOVAK & CAÑAS 2010) a fim de aproveitar todos os benefícios que sua utilização pode proporcionar. Antes de iniciar propriamente a elaboração de um mapa, o professor deve ter em mente o objetivo da atividade. Um mapa pode ser elaborado a partir dos conhecimentos prévios dos aprendizes, a partir do que foi estudado em aulas anteriores, ou mesmo a partir de um texto selecionado para a atividade.

Durante a elaboração de um MC, muitas vezes os estudantes acabam se distanciando do tema proposto (DE AGUIAR & CORREIA, 2013). Assim, o processo de construção de um mapa se inicia pela formulação de uma pergunta que delimitará o tema, chamada de Questão Focal (QF).

Esta pergunta deve ser direta e específica, não muito abrangente ou vaga, pois é ela que guiará a construção do mapa. Uma pergunta longa, complexa ou confusa pode confundir o estudante, tornando difícil a tarefa de construção do mapa não por sua complexidade em si, mas por não deixar claro o objetivo que se deseja alcançar.

Definida a QF, deve-se então listar os principais conceitos que irão compor a resposta à pergunta formulada. Caso o mapa esteja sendo construído a partir de um texto, estes conceitos deverão ser retirados do texto. A atenção aqui reside na escolha dos conceitos, compostos normalmente por uma única palavra, às vezes palavras compostas, normalmente substantivos (NOVAK & CAÑAS, 2006).

É comum os estudantes indicarem pequenas frases como conceitos, especialmente quando são iniciantes na tarefa de construção de MCs. Cabe ao professor orientar esta criação e, quando necessário, mostrar que tais frases podem ser transformadas em unidades mais simples de informação, dando origem a mais de um conceito. Cada conceito é inserido no interior de um retângulo ou uma elipse.

A etapa seguinte consiste na escolha das frases de ligação, que irão compor as chamadas proposições. Uma frase de ligação parte de um conceito e se destina a outro conceito. A esta tripla, conceito - frase de ligação - conceito, é dado o nome de proposição ou unidade de conhecimento.

Como o nome sugere, a frase de ligação é uma frase curta que deve expressar a relação existente entre os dois conceitos conectados. Por expressar uma relação entre conceitos, se faz necessário a existência de um verbo que caracterize esta relação.

Uma frase de ligação sem a presença de um verbo gera uma estrutura que não pode ser caracterizada como sendo uma proposição, uma vez que não deixa claro qual a relação existente entre os conceitos conectados (DE AGUIAR & CORREIA, 2013).

Assim como na escolha dos conceitos, é comum nesta etapa a escolha de frases longas, possuindo outros conceitos em sua composição. Mais uma vez cabe ao professor orientar os estudantes sobre a identificação de frases curtas e verbalizadas.

O não cumprimento destas observações não torna o mapa errado, no entanto, torna sua compreensão mais difícil e às vezes até confusa, uma vez que uma única proposição poderia ser dividida em duas ou mais, tornando os conceitos e suas relações mais explícitos e de fácil compreensão. Em um MC bem construído, as proposições devem fazer sentido quando lidas separadamente (CAÑAS & CARVALHO, 2005).

Mapas confusos ou que não respeitem as premissas apresentadas acima dificultam ou mesmo inviabilizam uma atividade. Em Lovati *et al.*, (2017), os autores relatam a ocorrência de datas ou mesmo proposições inteiras em conceitos, relações sem a presença de um verbo, conceitos conectados sem uma frase de ligação, conceitos duplicados, dentre outros, o que pode indicar falta de interesse do estudante em realizar a atividade ou ainda falta de compreensão acerca da elaboração de MCs.

Vale ressaltar que o processo de construção de um MC é trabalhoso e demanda esforço cognitivo por parte do construtor, uma vez que exige a identificação de conceitos e como eles se relacionam, não é uma mera repetição de informação. Este processo exercita a aprendizagem significativa defendida por David Ausubel, que é trabalhosa e difícil, especialmente para estudantes habituados com a aprendizagem mecânica, que exercita a repetição de informações.

### **2.3 – Os Mapas Conceituais e suas Aplicações**

Um MC permite organizar, representar e resumir grandes domínios de conhecimento, é de fácil leitura e compreensão, é simples e eficiente. Pode ser utilizado em apresentações, resumo e organização de pautas de reuniões, para verificar o conhecimento prévio dos aprendizes, em atividades avaliativas, em jogos, em pesquisas científicas e no meio corporativo.

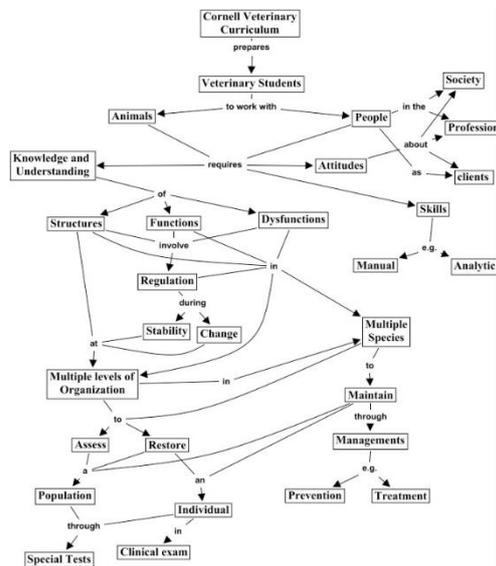
Com tantas aplicações é fácil compreender sua adoção nos mais diversos setores, desde a indústria, passando pela academia e especialmente no ambiente escolar. Nas

subseções seguintes são apresentadas algumas aplicações práticas encontradas na literatura que fazem uso dos MCs e tiram proveito de seus benefícios.

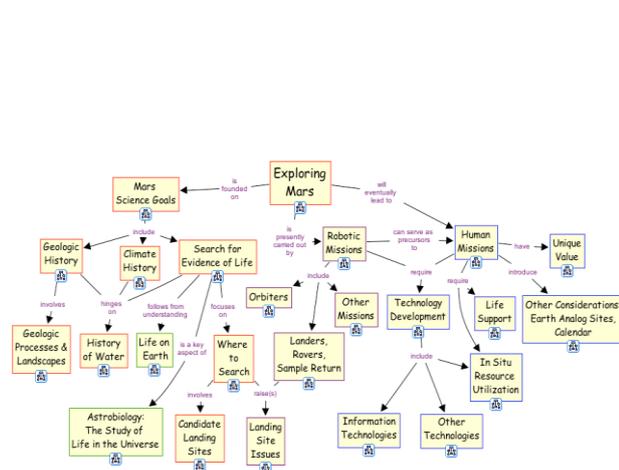
### 2.3.1 - Na Indústria

Dada sua simplicidade e eficiência em organizar e representar conhecimento, os MCs passaram a fazer parte do dia a dia de muitas organizações e configurações corporativas, que tiram proveito de seus benefícios para melhorar o processo organizacional (NOVAK, 2010).

Devido sua flexibilidade, podem ser aplicados em diversas situações, que vão desde a exposição de uma nova grade curricular, como apresentado na Figura 2.3, até detalhes da exploração espacial em Marte conduzida pela NASA, como apresentado na Figura 2.4.



**Figura 2.3 - Mapa conceitual elaborado na Escola de Medicina Veterinária da Universidade de Cornell para mostrar a estrutura geral do currículo. Fonte: (NOVAK & CAÑAS, 2008)**



**Figura 2.4 - Um mapa conceitual interno do portfólio de conhecimentos criado pela NASA para a exploração de Marte. Fonte: (NOVAK & CAÑAS, 2008)**

Os autores Bowen & Meyer (2008) relatam ainda a utilização dos MCs e do modelo proposto por Novak no Estado de Washington, para facilitar a eficácia organizacional, o desenvolvimento profissional, e a capacitação na The New Techer Alliance, uma parceria entre sete distritos escolares e dois distritos de serviços educacionais.

Os MCs foram usados por 20 pessoas entre mentores e administradores para: i) ter uma visão abrangente acerca da introdução de um novo professor no programa; ii) identificar padrões e elementos em seu próprio trabalho; iii) identificar áreas de esforço

coletivo; iv) identificar lacunas que necessitam de maior atenção; e v) para adicionar suas próprias contribuições.

### 2.3.2 – Na Pesquisa

Pesquisas têm sido desenvolvidas em diversas áreas com objetivos variados, não apenas para melhor entender os MCs, como também compreender os impactos advindos de sua utilização, como apresentado a seguir.

Como já mencionado, uma das vantagens dos MCs está em sua capacidade de serem utilizados como instrumento de avaliação. Em (SOUZA & BORUCHOVITCH, 2010a) os autores apresentam um estudo de caso a fim de identificar as vantagens e limitações dos MCs como instrumento avaliativo. Foram utilizados questionários e observações em sala durante a realização das atividades em uma turma do 3º ano do curso de licenciatura em pedagogia.

Outro trabalho dos mesmos autores (SOUZA & BORUCHOVITCH, 2010b) apresenta reflexões acerca das potencialidades do MC como estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa, com base na revisão da literatura. Na visão dos autores, fazer uso dos MCs é criar possibilidades para a organização do conhecimento através de experiências educativas que promovem a reflexão, a busca por compreensão e processamento da informação, assim como o desenvolvimento do aprender a aprender.

Os MCs também têm conquistado seu espaço em ambientes de aprendizagem colaborativa. Em (HWANG *et al.*, 2011) os autores apresentam um estudo em ambiente colaborativo para aprendizagem móvel ubíqua baseado com MCs. Um ambiente sensível ao contexto foi criado com redes de comunicação sem fio e RFIDs<sup>4</sup> identificando cada objeto de aprendizagem. Com o auxílio de dispositivos móveis, os estudantes são guiados até esses objetos a fim de coletarem informações e constroem colaborativamente MCs.

Visando contribuir com a educação inclusiva, (AMARAL & QUEVEDO, 2013) apresentaram o uso de MCs para a modelagem de aplicações hipermídia adaptativas. Foram gerados MCs para definir o modelo de usuário, a matriz do processo de ensino e aprendizagem, e mapas do domínio de conhecimento a serem adaptados em conteúdos

---

<sup>4</sup> Identificação por radiofrequência ou RFID (do inglês "Radio-Frequency IDentification"). É um método de identificação automática através de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados remotamente através de etiquetas RFID (pequeno objeto que pode ser colocado em uma pessoa, animal, equipamento, embalagem, dentre outros, contendo chips de silício e antenas que lhe permite responder aos sinais de rádio enviados por uma base transmissora).

inclusivos. Assim, o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) é capaz de exibir o conteúdo mais adequado a cada perfil de usuário.

Tradicionalmente, na biblioteconomia e na ciência da informação, as ferramentas mais conhecidas e investigadas são os sistemas de classificação, os tesauros, as taxonomias e as ontologias. Em (FIGUEIREDO & SALES, 2016) os autores buscaram investigar os aspectos que dizem respeito à organização do conhecimento concebidos pelos mapas conceituais, de modo a verificá-los como potenciais sistemas.

Na engenharia do conhecimento, ontologias são frequentemente utilizadas para a gestão do conhecimento. Assim, Pinotte *et al.*, (2015) apresentam a arquitetura de um sistema para realizar a transformação de um MC em uma ontologia OWL. Proposta semelhante é encontrada em (GRAUDINA & GRUNDSPENKIS, 2011), em que os autores apresentam um algoritmo dedicado à geração de ontologias OWL a partir de MCs, cujo objetivo é criar automaticamente bases de conhecimento que possam ser utilizadas por outros sistemas inteligentes.

Outro ramo que tem tirado proveito dos MCs é a engenharia de software. Em computação, a usabilidade aborda questões relacionadas à facilidade de uso das aplicações por seus usuários. Se a interface não é amigável, pode desestimular ou prejudicar o desempenho das tarefas a serem realizadas. Weinerth *et al.*, (2014) apresentam uma revisão sistemática da literatura a fim de examinar como a usabilidade tem sido tratada pelos pesquisadores ao conduzirem atividades avaliativas em computador com MCs.

De acordo com os resultados apresentados, dos 119 artigos selecionados, apenas 24 discutiam aspectos de usabilidade em algum nível, o que leva os autores a concluir que o impacto da usabilidade nas avaliações por meio de MCs baseada em computador recebeu atenção insuficiente.

Os MCs também têm sido utilizados para entender e melhorar a qualidade da especificação de requisitos (FAILY *et al.*, 2012), obtendo assim uma melhor compreensão do domínio do problema e seus relacionamentos. O processo de construção do mapa conceitual permite identificar e tratar os requisitos duplicados ou conflitantes, além de tornar explícitas as relações entre os requisitos.

Rodrigues & Cervantes (2013, 2015) analisam a contribuição dos MCs para a visualização das áreas do conhecimento em unidades de informação, e buscam identificar

as semelhanças entre os MCs e o processo de tratamento temático da informação, mais especificamente na atividade de análise de assunto.

### 2.3.3 - Na Educação

Os MCs possuem diversas aplicações no processo de ensino e aprendizagem: permitem identificar o nível de conhecimento de um estudante ou de uma turma acerca de um domínio de conhecimento; promovem a construção do conhecimento e estimulam o pensamento crítico mediante a necessidade de relacionar conceitos. Assim, os MCs têm se mostrado como uma ferramenta de ação pedagógica muito útil para o ensino de diversos temas (DE FREITAS FILHO, 2007), como apresentado a seguir.

Em (BROGGY & MCCLELLAND, 2009) os autores relatam a utilização de MCs no ensino superior, no curso de física. Os módulos estudados eram entregues aos alunos em forma de MCs e, durante cada módulo, os estudantes tinham de elaborar vários mapas, permitindo assim, montar uma trajetória de sua evolução ao longo do curso.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos nas aulas de biologia, como: no ensino de ciências naturais em uma turma do 7º ano (DE AGUIAR *et al.*, 2009); no ensino de biologia celular nos cursos técnicos integrados em informática e agricultura (JÚNIOR & PRINCIVAL, 2014); e buscando identificar os efeitos da utilização de MCs como ferramenta de avaliação da aprendizagem significativa, em turmas do 1º ano do ensino médio (ROSA & LANDIM, 2015).

Os professores de química também perceberam as potencialidades dos MCs, discutindo suas vantagens e aplicações (KILIC & CAKMAK, 2013). Atividades de elaboração e comparação de mapas têm sido desenvolvidas em sala de aula e laboratório, na disciplina de química orgânica, ministrada nos cursos de agronomia, medicina veterinária e zootecnia (DE FREITAS FILHO, 2007).

Também têm sido utilizados na licenciatura em química, na disciplina de metodologia do ensino (DE LORENA STANZANI *et al.*, 2014), como ferramenta metacognitiva no processo de ensino e aprendizagem (TAVARES *et al.*, 2018), como instrumento de ensino e aprendizagem de química orgânica no ensino médio (ALVES *et al.*, 2015) e em aulas de química no ensino médio integrado ao técnico em informática (KAFFER & MARCHI, 2016).

Os mapas também têm sido utilizados em atividades interdisciplinares, como instrumento articulador, com a finalidade de facilitar a generalização do conceito Energia, estudado nas disciplinas de química, física e biologia, em uma turma do curso técnico de eletrônica integrado ao ensino médio na modalidade EJA<sup>5</sup> (MARTINS *et al.*, 2009).

Outro exemplo pode ser encontrado em (ESQUIVEL *et al.*, 2016) que apresenta um trabalho interdisciplinar desenvolvido com alunos do 2º ano do curso técnico em alimentos. Mapas foram elaborados envolvendo conteúdos de química, física e matemática.

Na área da saúde, exemplos podem ser encontrados na educação médica, nas disciplinas do curso de medicina (GOMES *et al.*, 2011) e na fase de estágio curricular (SAEIDIFARD *et al.*, 2014), assim como na formação docente/enfermeiro, com estudantes do 3º e 5º anos do curso de bacharelado e licenciatura em enfermagem (DE CAMARGO *et al.*, 2016).

Nos cursos de humanas, os MCs aparecem como: ferramenta de mediação pedagógica na disciplina de filosofia (MENDES & DE REZENDE, 2013); na aprendizagem da língua portuguesa por deficientes auditivos (DOS SANTOS & FAVERO, 2014); na leitura e interpretação de textos com estudantes em nível mediano de leitura (LIU, 2014); e associados à aprendizagem baseada em problemas no curso de pedagogia (AGAPITO & STROHSCHOEN, 2016).

No curso de biblioteconomia, os MCs são utilizados como ferramentas didático-pedagógicas (FARIAS & DE FARIAS, 2016) e para a organização e representação do conhecimento (CORREA *et al.*, 2018).

Diversas aplicações são encontradas a nível de pós-graduação, como recurso pedagógico na pós-graduação em informática aplicada à educação (OKADA, 2007), associados a criação e manutenção de blogs no curso de especialização em ciências e tecnologias na educação (BETEMPS *et al.*, 2010), como ferramenta de ensino, aprendizado e avaliação no curso de bancos de dados distribuídos (MOEN, 2009), e como organizadores de conhecimento e recurso de avaliação da aprendizagem em um curso técnico de nível pós-médio da área de vestuário (PACHECO & DAMASIO, 2009).

Na formação de professores, os mapas são utilizados como ferramenta para a aprendizagem interativa (LĂCRĂMIOARA, 2015), para a planejamento e execução de cursos online para a formação de professores de línguas (DE FARIA ROZENFELD,

---

<sup>5</sup> Programa de Educação de Jovens e Adultos – PROEJA.

2013), e de ciências biológicas no âmbito da educação a distância (LÂ & LIMA-TAVARES, 2016), na formação de professores de geografia para o uso de geotecnologias e ferramentas de interação na web (DE MORAIS *et al.*, 2016), e como recurso na formação continuada de professores universitários (FONTANINI & BOMFIM, 2016).

Outra abordagem encontrada na literatura é o paradigma aprendendo ensinando (learning by teaching), onde os aprendizes treinam um agente enquanto constroem um MC, que posteriormente desempenhará o papel de uma base de conhecimento. Estudos mostram que quando os aprendizes se preparam para ensinar, há um melhor aprendizado do que quando se preparam para um teste (DAVIS *et al.*, 2003).

Seguindo esta abordagem, é apresentado em (KIM *et al.*, 2005; CHO *et al.*, 2005) o agente inteligente adaptativo KORI. Na interação com o agente, o aprendiz desempenha o papel de tutor, ensinando-o enquanto constrói um MC de um determinado domínio do conhecimento.

Em (DAVIS *et al.*, 2003) é apresentado um sistema baseado em agente chamado Betty. Neste, o aprendiz insere e organiza seu conhecimento sobre um domínio, construindo um MC que posteriormente é utilizado como base de conhecimento pelo agente. Novas versões são apresentadas em (VISWANATH *et al.*, 2004; GUPTA *et al.*, 2005).

Como ferramenta de avaliação, os MCs têm sido utilizados com a finalidade de identificar aspectos cognitivos da alfabetização científica (REISKA *et al.*, 2015), como ferramenta de aprendizagem metacognitiva, colaborativa e de avaliação, a fim de apoiar a interação de ideias complexas (SCHWENDIMANN, 2015), como ferramenta de avaliação por meio de MCs com erros, elaborados pelos professores (CORREIA *et al.*, 2016b), e como recurso didático facilitador da aprendizagem significativa (FELIPA & MENDONÇA, 2016).

#### **2.3.4 - Em Jogos**

Tarefas desafiadoras, diferentes níveis de interação e feedback instantâneo. Estes são apenas alguns dos aspectos dos jogos digitais que, na visão de alguns pesquisadores (HWANG *et al.*, 2013), podem proporcionar aos estudantes experiências de aprendizagem profunda e significativa.

Fazendo conexões entre gêneros de jogos e características e estruturas de ensino, Charsky (2010) destaca aspectos que podem ser aproveitados no design de bons jogos, onde aprendizagem e diversão estão em perfeito equilíbrio. Para o autor, ferramentas que suportam o processo cognitivo, como MCs e organizadores gráficos, podem ser projetados em jogos, se integrando perfeitamente ao jogo e ajudando a atingir metas de aprendizagem.

Uma característica dos MCs é a relação existente entre dois conceitos, expressa de forma clara pelo verbo que compõe a frase de ligação. Observando esse detalhe, (TREANOR *et al.*, 2012) elaboraram uma proposta para a criação de simples jogos a partir de MCs. A ideia consiste em transformar os conceitos em personagens e, partindo da relação existente entre os conceitos, definir a ação de um sobre o outro.

A Figura 2.5 apresenta esta transformação. À esquerda temos o mapa conceitual utilizado como entrada para a criação do jogo, enquanto à direita, temos o jogo gerado. No exemplo, o jogador controla o homem (Man) que deve evitar a colisão com a fome (Hunger), arremessada pelo tempo (Time). O homem encolhe toda vez que é atingido pela fome. Para evitar essa colisão, o jogador deve conduzir o homem para trás do alimento (Food), que destrói a fome.

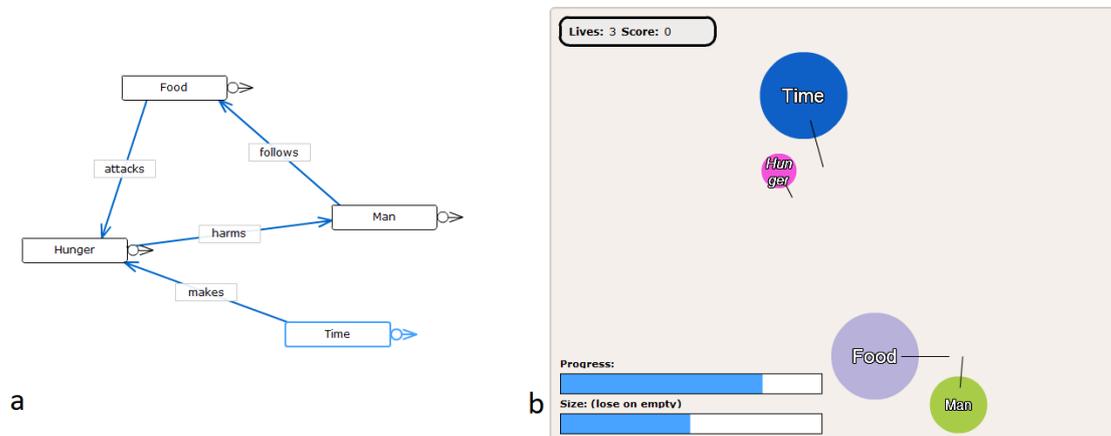


Figura 2.5 - Exemplo de um jogo criado a partir de um MC. Fonte: (TREANOR *et al.*, 2012)

Em outra proposta (HWANG *et al.*, 2013), os MCs são incorporados às missões do jogo, assim, em vez de apresentar ao jogador uma lista de tarefas, é apresentado um mapa que o orienta na coleta de dados, como apresentado na Figura 2.6.

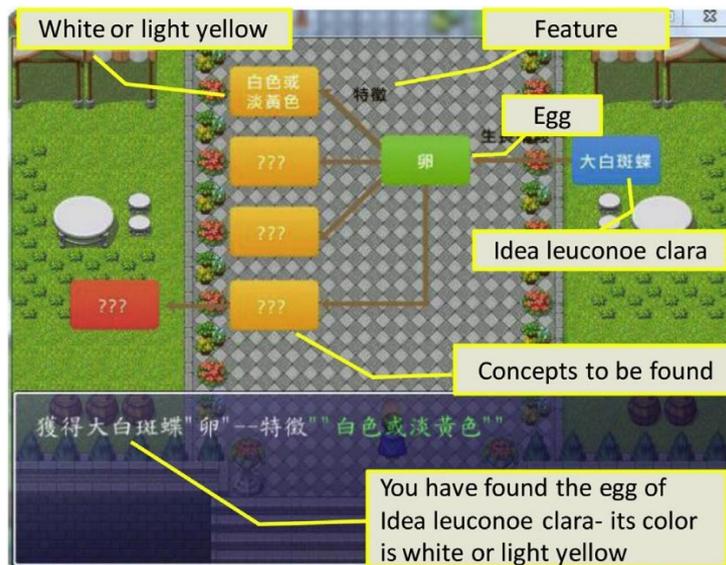


Figura 2.6 - Exemplo de um mapa conceitual inserido na missão do jogo. Fonte: (HWANG *et al.*, 2013)

No experimento descrito, os autores constataram melhorias significativas na aprendizagem dos estudantes que utilizaram a versão do jogo com MCs, assim como diminuição na carga cognitiva desse grupo de estudantes. Estes resultados estão em conformidade com outros estudos da literatura, segundo os autores, que apontam para a eficácia na utilização de MCs, ajudando os estudantes a relacionar novas experiências com seus conhecimentos prévios, de maneira organizada.

Contudo, é necessária atenção ao propor atividades com games e MCs, pois o resultado pode ser oposto ao que se espera, como em (CHARSKY & RESSLER, 2011). Na atividade conduzida pelos autores, foi solicitado aos participantes que, durante o jogo, desenvolvessem MCs baseados no conteúdo do jogo. Os autores esperavam aumentar o valor educacional da atividade e os níveis motivacionais dos alunos, ao inserir MCs no contexto do game, porém, os resultados mostraram menor motivação e pior desempenho quando comparado ao grupo da abordagem convencional, ou seja, a tarefa funcionou como uma interferência e não como um suporte à aprendizagem.

## 2.4 - Mapa Conceitual de Referência

No centro desta proposta encontra-se um MC definido aqui como Mapa Conceitual de Referência (MCR). Definimos como MCR o mapa elaborado pelo professor, contendo os principais conceitos do domínio a ser abordado, segundo seu ponto de vista. Ressaltamos aqui dois aspectos importantes:

- i) Um MCR não é necessariamente o mais completo, mas o que possui os conceitos essenciais para a compreensão de um domínio de conhecimento segundo a avaliação do educador, naquele determinado momento de avaliação da aprendizagem;
- ii) MCRs elaborados por diferentes educadores, com base num mesmo texto, podem e tendem a ser diferentes, uma vez que cada educador tende a priorizar diferentes aspectos num dado momento (CAÑAS & CARVALHO, 2005; DE AGUIAR *et al.*, 2009; BETEMPS *et al.*, 2010).

A ideia de se utilizar um mapa como referência na avaliação já foi apresentada em alguns trabalhos na literatura, como (DE ARAÚJO *et al.*, 2007) onde os autores descrevem a realização de atividades no laboratório de química, com alunos do 1º e 3º anos do ensino médio. Ao final do experimento, duas avaliações foram conduzidas: a comparação dos mapas pré e pós discussão, e a comparação dos mapas dos estudantes com um mapa elaborado pelo professor, identificado pelos autores como mapa de referência.

Em (MARTINS *et al.*, 2009) os autores mencionam a criação de um mapa de referência elaborado por especialistas de química, física e biologia, sobre a integração do conceito Energia, com a finalidade de orientar os estudantes e apresentar as principais interligações do conceito nas referidas disciplinas.

Caldas & Favero (2009) apresentam a proposta de uma ferramenta que realiza uma avaliação quantitativa, atribuindo um score ao mapa do estudante. Nesta avaliação, os mapas dos estudantes são comparados com o que os autores chamam de mapa modelo de referência, elaborado por um especialista.

Em (FATEMEH & MOHAMMAD, 2011) os autores apresentam um sistema onde, para cada capítulo a ser trabalhado, o professor pode criar um MC. Este mapa é definido pelos autores como mapa de referência, completo e correto sobre um determinado tópico, usado para avaliar os mapas dos estudantes e apresentado como encerramento de cada capítulo.

## **2.5 – Os Mapas Conceituais são, de fato, Eficazes?**

Propor novos métodos não é suficiente, faz-se necessário que tais propostas estejam embasadas em estudos e/ou práticas que demonstrem sua real eficácia. Assim, ao longo de

vários anos estudando e trabalhando com MCs, muitos pesquisadores buscaram identificar quais as reais contribuições que os MCs podem proporcionar.

Num estudo de mapeamento da literatura, buscando identificar o potencial das tecnologias de mapeamento conceitual para promover a aprendizagem de ciências (STEVENSON *et al.*, 2017), os autores concluem que os MCs podem:

- i) promover a aprendizagem, melhorando o desenvolvimento de processos cognitivos e fornecendo aos aprendizes uma nova estratégia, que pode ser usada em sua própria aprendizagem;
- ii) aprimorar os processos metacognitivos, tornando visíveis as estruturas de conhecimento e;
- iii) aumentar a motivação de forma geral.

Segundo os autores, o processo de elaboração de um MC por si só é uma estratégia cognitiva, ao promover a visualização de conceitos durante o processo de aprendizagem. De acordo com levantamento junto à literatura, os autores identificaram como benefícios intrínsecos do mapeamento conceitual:

- i) a obtenção de uma estratégia organizacional;
- ii) o estímulo à memorização mediante a visualização;
- iii) a promoção da busca de interconectividade;
- iv) o estímulo ao raciocínio e à resolução de problemas, além de;
- v) promover a aprendizagem colaborativa, independente da tecnologia utilizada.

Os autores perceberam também benefícios na componente cognitivo da aprendizagem quando alguma tecnologia é introduzida. Essa melhoria é atribuída à relativa facilidade de se construir e modificar mapas em meios digitais, além de agregar funcionalidades não aplicáveis quando se usa papel e caneta, como sugerir exemplos ao explicar um conceito, sinalizar uma rota, fornecer feedback, dentre outras.

Em (BOUJAOUDE & ATTIEH, 2008), uma turma do décimo ano foi dividida em dois grupos nas aulas de química. Um teste foi aplicado a ambos os grupos a fim de confirmar que se encontravam no mesmo nível de conhecimento. Assim, durante 6 semanas, um grupo recebeu instrução e atividades tradicionais, enquanto o outro grupo desenvolveu inúmeras atividades com MCs. Ao final das 6 semanas, ambos os grupos realizaram outro teste que avaliava aspectos como nível de conhecimento, compreensão e aplicação.

O grupo que fez uso de MCs obteve um resultado 8% superior no nível de conhecimento. Quando avaliado as atividades extraclasse, 68% dos estudantes que utilizaram MCs obtiveram notas acima da média, contra apenas 47% do outro grupo.

Por fim, os autores concluíram que a utilização de MCs contribui no processo de ensino e aprendizagem, envolvendo o estudante na construção e alteração de suas próprias estruturas de conhecimento. Estudo semelhante desenvolvido com alunos de graduação em química é apresentado em (SINGH & MOONO, 2015).

Moen (2009) descreve a utilização de MCs como ferramenta de aprendizado e avaliação no curso de bancos de dados distribuídos. Dentre as atividades propostas, os estudantes tinham que elaborar mapas semanalmente sobre cada tópico estudado. Em sala, os mapas eram apresentados e discutidos. Apesar do baixo número de alunos matriculados na disciplina, o que impossibilitou a obtenção de provas estatísticas, a autora classifica como notável o efeito que o uso dos MCs causou no aprendizado dos estudantes, apresentando-os como uma ferramenta promissora no processo de ensino e aprendizagem.

Martínez *et al.*, (2013) apresentam um estudo realizado no contexto do curso de engenharia industrial, com a participação de 114 estudantes, compondo aleatoriamente dois grupos com 57 estudantes cada. O mesmo professor conduziu as atividades em ambos os grupos, utilizando MCs no grupo experimental, e a metodologia tradicional expositiva no grupo de controle. Como dois tópicos seriam abordados, um estudo cruzado foi realizado. Assim, o grupo de controle no tópico de fibra ótica passaria a ser o grupo experimental no tópico de partículas fundamentais, e vice-versa.

Para cada tópico estudado, o instrumento de avaliação foi um teste composto de 100 itens, cujos resultados foram submetidos a uma análise estatística descritiva, incluindo a verificação da normalidade e sua distribuição. Os resultados revelaram uma diferença significativa na aprendizagem alcançada pelo grupo experimental, se comparado com o grupo de controle, apresentando um resultado 19% superior.

Estudo semelhante é apresentado em Alshammari (2015), que busca examinar o efeito do uso de MCs no currículo dos cursos da Faculdade de Educação Afif na Arábia Saudita. O grupo experimental obteve uma média de 34,14 no teste final, enquanto o grupo de controle obteve uma média de 25,14. Com base nestes resultados, o autor recomendou a inclusão de mapas conceituais como uma estratégia instrucional na educação e nos planos de aula diários.

Por fim, CORREIA *et al.*, (2016a), no trabalho intitulado “Por Que Vale a Pena Usar Mapas Conceituais no Ensino Superior?”, apresentam como resposta à pergunta formulada no título:

- i) a possibilidade de visualizar a construção do conhecimento;
- ii) o potencial para a aprendizagem profunda, e;
- iii) planejar feedbacks personalizados e frequentes.

É claro que estes benefícios não são restritos ao ensino superior, bastando para tal uma abordagem pedagógica bem definida com a inclusão dos MCs.

## 2.6 – Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo abordou conceitos fundamentais para a compreensão desta pesquisa, apresentando os MCs e o contexto que propiciou sua proposta, assim como seu processo de construção, sua importância e utilização em diversos meios, desde a academia até na indústria.

Apresentou também a definição dada pelos autores ao Mapa Conceitual de Referência (MCR), assim como trabalhos encontrados na literatura que fazem uso de um mapa do especialista como referência na condução de atividades pedagógicas.

Durante a elaboração deste capítulo, também ficou evidente que muitos confundem os vários modelos de representação gráfica existentes, como Mapas Conceituais, Mapas Mentais e Diagramas, não tendo clareza da real diferença entre as representações.

Em (DE FREITAS FILHO, 2007) por exemplo, o autor descreve a realização de uma série de atividades em sala de aula fazendo uso de MCs, no entanto, a maioria das representações gráficas apresentadas se resumem a conceitos conectados por linhas. Assim, a relação entre esses conceitos ficou na mente de seu criador, os leitores não terão certeza do que de fato está expresso ali, a menos que o próprio autor do mapa esclareça. O mesmo ocorre em Pacheco & Damasio (2009).

É importante entender que, a falta de uma frase de ligação impede o entendimento da relação conceitual, produzindo assim um mapa mental, que se limita a apresentar associações entre conceitos, mas não suas relações (DE AGUIAR & CORREIA, 2013).

O capítulo seguinte apresenta, como referencial teórico, trabalhos que visam automatizar, em algum grau, atividades que envolvam o uso de MCs, essencial para a compreensão da proposta aqui apresentada.

## Capítulo 3

### Automatização de Etapas em Atividades Com Mapas Conceituais

---

*Este capítulo apresenta como referencial teórico, trabalhos de pesquisa cuja proposta apresenta algum grau de automatização em atividades como construção, comparação e avaliação de mapas, assim como o contexto em que esta pesquisa está inserida, conceitos essenciais na compreensão e desenvolvimento desta pesquisa.*

*O capítulo está organizado nas seguintes seções: Seção 3.1 trata da automatização de processos em atividades com MCs; Seção 3.2 aborda o contexto em que esta pesquisa está inserida; e a Seção 3.3 apresenta as considerações finais do capítulo.*

#### 3.1 – Automatização de Processos

A ideia de automatizar alguma etapa do processo em atividades que envolvam MCs não é tão recente, estando disponível na literatura inúmeros trabalhos que propõem algum nível de automatização em tarefas como construção de MCs, identificação de erros, comparação e avaliação de mapas, dentre outros, buscando assim, motivar e tornar mais fácil e prático a utilização de MCs no ambiente escolar, especialmente em turmas grandes. Alguns destes trabalhos são apresentados nas subseções seguintes.

##### 3.1.1 – Geração Automática de Mapas a Partir de Texto

Como já mencionado, a construção de MCs é uma tarefa demorada e de alto custo, especialmente em novos domínios de conhecimento ou para iniciantes, tendo uma alta exigência cognitiva de seu construtor. Outra tarefa que pode ser trabalhosa e cansativa, é a leitura e compreensão de um texto extenso e complexo, especialmente se for referente ao um novo domínio de conhecimento, ou ainda não estiver na língua materna do leitor.

Assim, visando tirar proveito das capacidades de representação e organização do conhecimento inerentes aos MCs, muito autores têm proposto a geração automática de mapas a partir de diferentes fontes e formas variadas, como apresentado a seguir.

Em (TSENG *et al.*, 2007) os autores propõem uma abordagem para a construção automática de MCs, usando como fonte de dados, o registro histórico dos alunos

armazenado no ambiente virtual de aprendizagem. Técnicas como teoria dos conjuntos difusos e de mineração de dados são utilizadas no algoritmo heurístico proposto.

Com proposta semelhante, também fazendo uso do registro histórico do estudante armazenado num sistema de aprendizagem adaptativo, Bai & Chen (2008) propõem a construção automática de MCs baseados em regras fuzzy e técnicas de raciocínio fuzzy.

Outra fonte de informação muito utilizada para a geração automática de mapas são os textos. Em (PÉREZ & VIEIRA, 2005) os autores apresentam um protótipo para a extração de informações em textos escritos em Língua Portuguesa do Brasil. Foram utilizadas ferramentas de PLN como o *parser* PALAVRAS, para as etapas de tokenização, processamento léxico-morfológico, e a análise sintática, e o Palavras Xtractor, para conversão da saída do *parser* em arquivos XML. Após concluir a etapa de extração da informação, a etapa seguinte realiza a construção do MC que representa o conhecimento de um dado domínio.

Proposta semelhante é apresentada em Chen *et al.*, (2008) que usando técnicas de mineração de dados, propõem a construção de MCs de um domínio do conhecimento a partir de artigos acadêmicos. O processo é dividido em quatro etapas: recuperação de informação; extração dos conceitos; indexação de palavras chave; e cálculo da força de relação. São utilizadas tecnologias como a linguagem de programação Perl e o software estatístico SPSS.

Lee & Segev (2012) propõe um método automático para a construção de mapas do domínio aplicando técnicas de mineração de dados a um conjunto de documentos. Um algoritmo de ponderação é utilizado para atribuir um peso a cada termo extraído, em seguida, fazem uso do algoritmo TF/IDF para a extração das palavras chaves mais bem classificadas. Extraídas as informações, realizam então a construção do mapa do domínio.

Os livros também têm sido utilizados como rica fonte de informação para sua extração e posterior construção de mapas. Extraíndo dados de livros didáticos, Olney *et al.*, (2011) apresentam um método para extração de informações e geração automática de MCs. Para identificar os termos chaves, os autores se beneficiam dos glossários e índices presentes nos livros. Por meio do analisador LTH SRL2<sup>6</sup>, geram uma análise de dependência anotada com estruturas de predicado/argumento.

---

<sup>6</sup> Analisador e rotulador de função semântica.

Os autores sugerem que estes mapas podem ser utilizados como mapa esqueleto pelos educadores. Um mapa esqueleto é um mapa incompleto, fornecido aos estudantes juntamente com uma lista de conceitos e frases de ligação, para que os estudantes completem as informações faltantes.

Também trabalhando com livros didáticos, Wang *et al.*, (2016) pesquisando sobre a organização de conhecimento para fins educacionais, propõem um framework para a extração de grafos de conhecimento na forma de MCs a partir de livros didáticos. Os índices dos livros são utilizados com a finalidade de extrair os conceitos mais importantes, auxiliados pela hierarquia dos títulos e subtítulos. O conteúdo extraído é enriquecido com informações da web, coletadas na Wikipédia.

Proposta semelhante é apresentada em Berges & Hubwieser (2013), que propõem uma forma semiautomática de análise de texto para exibir a estrutura de conceitos presentes em livros didáticos. A partir dos resultados, uma representação gráfica em forma de um MC é construída e apresentada.

Em (ZUBRINIC & MILICEVIC, 2012), os autores propõem a criação automática de MCs a partir de fontes textuais não estruturadas em linguagens altamente flexionadas, como a língua croata. O método proposto faz uso de técnicas estatísticas e de mineração de dados, enriquecidas com ferramentas linguísticas de PLN para a realização das tarefas de tokenização e lematização.

Em (KOWATA *et al.*, 2009, 2012) os autores propõem uma série de características a serem analisadas em abordagens de construção (semi) automática de MCs, avaliando recursos computacionais para a construção de mapas a partir de conjuntos de dados previamente definidos. A abordagem se apresenta principalmente como forma de superar as dificuldades de se construir um mapa do “zero”, especialmente em grandes domínios de conhecimento ou na aprendizagem de um novo domínio.

A proposta apresentada, chamada de Text2Cmap, tem por base o PLN, utilizando a biblioteca NLTK<sup>7</sup> para a segmentação do texto em sentenças e a tokenização, e o software livre Freeling, para a etiquetagem morfológica, para então realizar a geração automática de mapas a partir de textos em língua portuguesa.

Nos trabalhos (CHEN & BAI, 2010) e (CHEN & SUE, 2013), os autores apresentam um método para a construção automática de MCs para sistemas de

---

<sup>7</sup> NLTK (Natural Language Toolkit) é uma biblioteca Python para Processamento de Linguagem Natural.

aprendizagem adaptativos por meio de técnicas de mineração de dados. Os autores apresentam um exemplo de demonstração com suas respectivas etapas de elaboração, contudo, não especificam quais técnicas de mineração de dados são de fato utilizadas.

Aguiar *et al.*, (2015, 2017) identificam abordagens direcionadas a auxiliar ou mesmo automatizar o processo de construção de mapas, sinalizam suas limitações e melhores características. Como contribuição, propõem um novo método para a geração automática de mapas, utilizando técnicas de mineração de dados e recursos de PLN, propondo assim a sumarização de textos por meio da geração automática de MCs. São utilizados na proposta recursos como a biblioteca OpenIE do ExtroutMap<sup>8</sup>, que implementa um modelo para extração de informações abertas a partir de estruturas linguísticas.

### 3.1.2 - Para Monitorar o Processo de Elaboração do Mapa

Outros trabalhos fazem uso de recursos de software que permitem algum tipo de observação das ações do usuário, acompanhando o processo de construção do mapa e fornecendo feedback a fim de guiar o estudante durante este processo.

Em (FATEMEH & MOHAMMAD, 2011) os autores apresentam uma proposta para a elaboração interativa de MCs. Na abordagem apresentada, o sistema se comunica com o usuário em todas as ações, permitindo assim que o usuário saiba o que está fazendo, qual o resultado de sua ação, e receba alguma recompensa, semelhante a um jogo virtual.

Os mapas dos professores são tomados como referência, sendo usados para avaliar os mapas dos estudantes. Estes, por meio das sessões estudadas, têm acesso ao esqueleto de um mapa retirado do mapa referência do professor, a uma lista de conceitos e uma lista de links. Por meio da ação de clicar e arrastar, o estudante deve completar o mapa, arrastando os conceitos e os links para as posições corretas. O sistema fornece ainda relatórios com a finalidade de informar ao professor os erros cometidos pelos alunos durante a realização das atividades.

Outra proposta semelhante é apresentada em (ASSIS *et al.*, 2014). Os autores identificam os principais erros cometidos por estudantes durante a elaboração de um mapa, como: ausência da frase de ligação; formação de frases longas em vez de proposições; repetição de conceitos; ausência de verbo na frase de ligação; dentre outros.

---

<sup>8</sup> Biblioteca desenvolvida pelos autores para auxiliar em atividades de PLN.

Assim, fazendo uso de ferramentas de Inteligência Artificial (IA) e agentes inteligentes, propõem uma abordagem para a verificação sintática e semântica durante o processo de construção dos MCs, evitando dessa forma, a ocorrência de erros comuns na construção de mapas, especialmente por iniciantes. São utilizados recursos como ontologias, como base de conhecimento, e o VISL, WordNet e VerbNet, como recursos de verificação semântica.

Em Álvarez-Montero *et al.*, (2015), os autores propõem uma ferramenta para fornecer *feedback* imediato (*just-in-time*) aos estudantes, possibilitando assim, que o mesmo tenha uma visão crítica de seu mapa ainda durante seu processo de construção, evitando que os mesmos erros se propaguem por todo o mapa.

Kordaki & Psomos (2015) apresentam uma ferramenta inteligente de mapeamento de conceitos cujo objetivo é diagnosticar e tratar os equívocos dos estudantes. Com o auxílio da ferramenta, o professor pode criar um MC detalhado dos conceitos que estão sendo abordados. Para cada conceito, é possível inserir um questionário interativo de múltipla escolha, além de anexar materiais de aprendizagem que serão indicados a cada estudante, de acordo com os equívocos cometidos.

### 3.1.3 - Para Auxiliar na Avaliação de MCs

Ao se trabalhar com MCs, o processo de avaliação é um dos mais trabalhosos, exigindo muito tempo e esforço cognitivo por parte do avaliador. Assim, pesquisas têm sido desenvolvidas com a finalidade de apoiar, de alguma forma, a avaliação de mapas, como apresentado a seguir.

Em (SCHAAL 2008), os estudantes foram motivados a elaborar mapas pré e pós atividades com o software MaNet (descontinuado) que permite a construção de MCs de forma intuitiva na tela, com ou sem conceitos e relações, permitindo ainda que o educador aplique diferentes esquemas de pontuação de forma automatizada.

O software permite ainda comparar os mapas dos estudantes com o mapa do professor, atribuindo um coeficiente de correspondência que pode variar entre -1 e 1. O valor -1 significa que o mapa do estudante é completamente diferente do mapa de referência do professor, enquanto o valor 1 indica que os mapas são idênticos. O coeficiente será 0 (zero) caso exista a mesma quantidade de ligações erradas e corretas.

Com o objetivo de diminuir a sobrecarga de atividades e otimizar o tempo do professor, Caldas & Favero (2009) apresentam a proposta de uma ferramenta que, por meio de técnicas de IA, realiza uma avaliação quantitativa e qualitativa dos mapas dos estudantes.

A avaliação quantitativa é realizada através do processo de análise de similaridade, utilizando a técnica de N-gramas, que calcula a similaridade entre duplas de bi-gramas e tri-gramas. Por fim, os mapas e os valores de similaridade obtidos são submetidos ao processo de predição do KNN<sup>9</sup>, que atribui um escore para cada MC. Na avaliação qualitativa, um dicionário de sinônimos é utilizado para a comparação dos conceitos e frases de ligação.

O suporte à avaliação de mapas também tem sido proposto em sistemas de gerenciamento de conhecimento por meio de MCs (LIU & LEE, 2013), com a finalidade de observar a mudança de compreensão de um estudante sobre os conceitos estudados ao longo do tempo.

Um *framework* foi desenvolvido para a análise do desempenho individual da aprendizagem e do comportamento cooperativo na acumulação e organização do conhecimento utilizando MCs. O Sistema de Gestão do Conhecimento de Mapa Conceitual mantém versões atuais e históricas dos MCs, assim como registra o histórico de discussão/cooperação durante o processo de desenvolvimento do MC, além de oferecer a oportunidade de aprender e praticar a criação de um MC.

Para professores construtivistas, pode ser importante, durante a avaliação dos mapas dos estudantes, identificar o que Piaget chama de “implicações significantes”, que evoluem de acordo com a natureza semântica das relações conceituais, podendo ser locais, sistêmicas ou estruturais.

Com o objetivo de identificar e colorir estas relações nos mapas dos estudantes, Rios *et al.*, (2015) apresentam um protótipo com a finalidade de apoiar esta avaliação. Os resultados preliminares apresentados pelos autores mostram um acerto de 79,4% para as implicações locais, 75,1% para as implicações sistêmicas e 58,9% para as implicações estruturais.

Numa vertente diferente de avaliação, (PERIN *et al.*, 2014, 2015) apresentam o iMap, uma ferramenta que visa facilitar a análise do conhecimento presente em MCs por

---

<sup>9</sup> K-Nearest Neighbor. É um dos algoritmos de classificação mais simples, que classifica objetos por similaridade com base em um conjunto de treinamento.

meio de perguntas e respostas em linguagem natural. São utilizados na arquitetura proposta recursos de PLN como WordNet, VISL e uma gramática no formato BNF<sup>10</sup>.

Em (GURUPUR *et al.*, 2015) é apresentada uma ferramenta para a avaliação da aprendizagem que faz uso de MCs e cadeia de Markov. Seu principal objetivo é avaliar a compreensão de determinados tópicos por meio de MCs, fazendo uso de técnicas de IA e cadeias de Markov.

A ferramenta, baseada na web, não suporta a criação e edição de mapas, estes são elaborados na ferramenta CmapTools e então exportados no formato XML. Todas as informações referentes à análise dos mapas são apresentadas ao instrutor em forma de gráficos.

### 3.1.4 - Para a Comparação MCs

Comparar mapas de forma manual é uma tarefa demorada, e assim como a avaliação, exige grande esforço cognitivo e atenção na comparação de cada proposição. Estudos também têm sido desenvolvido nesta área, visando auxiliar o professor nas tarefas de comparação de mapas.

Em (Araújo *et al.*, 2002, 2003) os autores discutem a importância do suporte tecnológico ao professor. Uma proposta de comparação de mapas é apresentada com base em algoritmos de identificação de similaridades entre grafos, buscando no mapa do estudante partes (sub-grafos) coincidentes com o mapa do professor.

Outra proposta baseada em grafos é apresentada em (LAMAS *et al.*, 2005; DE SOUZA *et al.*, 2006), onde os autores partem do problema de correspondência em grafos e propõem uma adaptação com a finalidade de realizar a comparação de MCs, fazendo uso da meta-heurística GRASP.

Caldas & Favero (2009) apresentam uma ferramenta que realiza uma avaliação quantitativa, atribuindo um score ao mapa do estudante, comparando-o com o mapa modelo de referência elaborado pelo especialista. A avaliação é realizada através do processo de análise de similaridade utilizando a técnica de N-gramas, que calcula a similaridade entre duplas de bi-gramas e tri-gramas. Por fim, os mapas e os valores de

---

<sup>10</sup> Backus-Naur Form ou Backus Normal Form, é uma metassintaxe usada para expressar gramáticas livres de contexto, isto é, um modo formal de descrever linguagens formais.

similaridade obtidos são submetidos ao processo de predição do KNN, que atribui um escore para cada MC.

Com o objetivo de auxiliar o professor na formação de grupos tomando como base o desempenho cognitivo dos estudantes, Lovati *et al.*, (2017) propõem uma ferramenta para a clusterização de MCs. Os mapas dos estudantes são agrupados segundo sua similaridade, auxiliando assim, na formação de grupos homogêneos ou heterogêneos para aplicação de diferentes estratégias pedagógicas.

Na proposta apresentada, o professor tem diferentes possibilidades para gerar grupos a partir dos mapas elaborados pelos estudantes, podendo gerar grupos homogêneos, pertencentes ao mesmo cluster, para o fornecimento de material instrucional, ou grupos heterogêneos, pertencentes a clusters diferentes, para realização de um debate, por exemplo, ou mesmo tutoria, em que um estudante mais avançado irá auxiliar um estudante com mais dificuldade.

### **3.1.5 - Para a Construção Colaborativa de MCs**

Os MCs também têm conquistado seu espaço em ambientes de aprendizagem colaborativa, fazendo com que pesquisas sejam desenvolvidas com a finalidade de promover a construção colaborativa de MCs, como apresentado a seguir.

Em (KUAN *et al.*, 2003) e (Chua & Lee, 2007) é apresentado o Merlin, um ambiente para a construção colaborativa de MCs. O agente presente no ambiente monitora o conteúdo das discussões a fim de fornecer ajuda sensível ao contexto. Por meio de um botão “ajuda”, os aprendizes podem solicitar dicas, exemplos e explicações, ou seja, é um agente não intrusivo, fornecendo ajuda apenas quando solicitado.

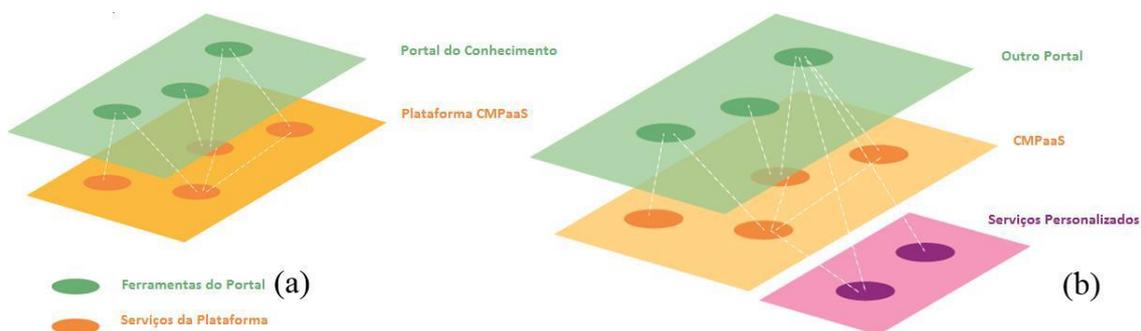
Em (HWANG *et al.*, 2011) os autores apresentam um estudo em ambiente colaborativo para aprendizagem móvel ubíqua baseado em MCs. Um ambiente sensível ao contexto foi criado com redes de comunicação sem fio e RFIDs, identificando cada objeto de aprendizagem. Com o auxílio de dispositivos móveis, os estudantes são guiados até esses objetos a fim de coletarem informações e construir MCs de forma colaborativa.

## 3.2 – Contexto Desta Pesquisa

Esta proposta, como mencionado anteriormente, não surgiu do nada, mas sim da leitura e inspiração de uma série de trabalhos presentes na literatura. Assim, seu desenvolvimento se enquadra em um contexto maior.

Esta pesquisa faz parte de um projeto maior intitulado CMPaaS<sup>11</sup> (PERIN *et al.*, 2015; PERIN & CURY 2016) conduzida por um grupo de pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) com apoio de diversos pesquisadores de diferentes partes do mundo.

Seu principal objetivo é: disponibilizar para a comunidade científica serviços para diversas operações com MCs, que podem ser utilizados inclusive para a proposta de novos serviços mais elaborados; e para a comunidade de forma geral a criação de um portal, chamado de Portal do Conhecimento, por meio do qual a comunidade terá acesso aos diversos serviços de criação e manutenção de MCs propostos por diversos pesquisadores, como apresentado na Figura 3.1.



**Figura 3.1 - Visão de Integração do Portal do Conhecimento com a Plataforma CMPaaS em (a). Visão de Integração de Serviços Externos à Plataforma em (b). Fonte: (PERIN *et al.*, 2015)**

## 3.3 – Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo apresentou propostas encontradas na literatura, que propõem automatizar em algum nível, tarefas que exigem tempo e esforço para sua execução manual, em abordagens pedagógicas que se beneficiam do uso de MCs.

Foram apresentadas propostas para: feedback e avaliação de mapas; comparação de mapas; geração automática de mapas a partir de texto; monitorar o processo de elaboração de um mapa; e construção colaborativa de mapas.

<sup>11</sup> Concept Maps Platform as a Service – Plataforma de Mapas Conceituais como serviço.

As propostas, no geral, são de difícil integração e nem sempre estão disponíveis para uso da comunidade. Assim, ainda é custoso, exigindo muito tempo e esforço cognitivo do professor, fazer uso de MCs com regularidade em sala de aula.

Também foi apresentado o contexto em que esta pesquisa está inserida, fazendo parte de um projeto maior intitulado CMPaaS, que visa prover uma série de serviços para a criação e manutenção de MCs.

O capítulo seguinte apresenta a arquitetura proposta, assim como suas respectivas ferramentas, com a finalidade de apoiar e motivar uma maior utilização dos MCs em sala de aula.

## Capítulo 4

### Modelo Conceitual

---

*Este capítulo apresenta a proposta de uma arquitetura conceitual como forma de integrar serviços para a criação, manutenção e avaliação de MCs, visando apoiar o professor no desenvolvimento de atividades com mapas em sala de aula com maior regularidade.*

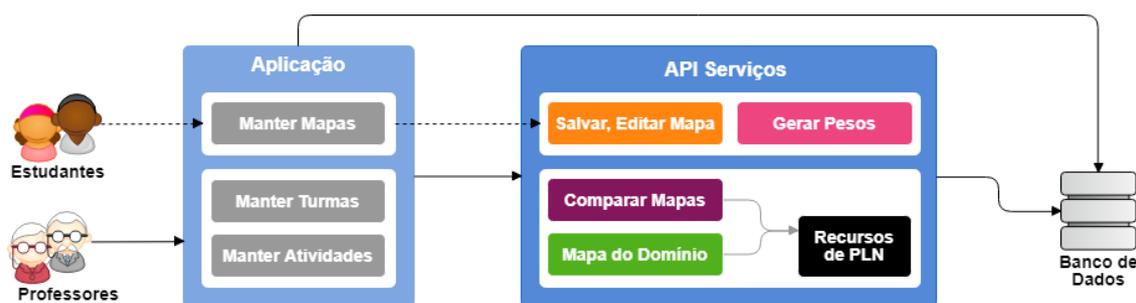
*O capítulo está organizado na forma como segue: a Seção 4.1 apresenta a arquitetura aqui proposta, introduzindo a visão do estudante na subseção 4.1.1 e a visão do professor na subseção 4.1.2. As considerações finais do capítulo são apresentadas na Seção 4.2.*

#### 4.1 - Arquitetura Proposta

Conforme apresentado nos capítulos anteriores, os MCs são amplamente utilizados em diversos setores, especialmente como ferramenta de ensino, avaliação da aprendizagem e na promoção da construção do conhecimento no ambiente escolar. Contudo, as propostas apresentadas são isoladas e de difícil integração, não gerando assim, o impacto esperado no processo de ensino e aprendizagem, especialmente no apoio ao professor, desmotivando assim, o uso dos MCs com maior frequência em abordagens pedagógicas.

Assim, uma arquitetura foi projetada com dois objetivos bem definidos: otimizar o tempo do professor, diminuindo a sobrecarga cognitiva exigida, especialmente em atividades que envolvam a avaliação e a comparação de mapas; e motivar a adoção de MCs com maior frequência em abordagens pedagógicas, como ferramenta para a avaliação e a construção do conhecimento.

Esta arquitetura, apresentada na Figura 4.1, prevê funcionalidades como: manutenção de turmas, atividades e mapas, permitindo assim sua criação e edição; a geração automática de pesos para os conceitos e proposições de um mapa, motivando assim, sua maior utilização em jogos e atividades lúdicas; a construção de MCRs, selecionando conceitos e frases de ligação diretamente a partir de um texto; a geração automática do Mapa Conceitual do Domínio (MCD), por meio da junção de vários mapas; e a comparação dos MCs dos estudantes com o MCR elaborado pelo professor.



**Figura 4.1 - Arquitetura proposta**

Com o objetivo de elaborar uma arquitetura que possa ser expandida futuramente com maior facilidade, e ainda, que suas funcionalidades estejam disponíveis para uso em outros serviços ou recursos de softwares desenvolvidos e mantidos pela comunidade, suas funcionalidades principais, como salvar e editar mapas, geração automática de pesos, geração automática do MCD e comparação de mapas, foram pensadas como serviços. Assim, uma vez desenvolvidos, estes serviços estarão à disposição da comunidade, que poderá então, fazer uso de suas funcionalidades para o desenvolvimento de recursos mais avançados.

Os serviços de comparação de mapas e de geração automática do MCD fazem uso de recursos de PLN, tornando possível assim, identificar a semelhança entre duas proposições. Para cada conceito, é possível a identificação de sinônimos, caso ocorram, e para cada proposição, são possíveis a análise morfológica e a lematização.

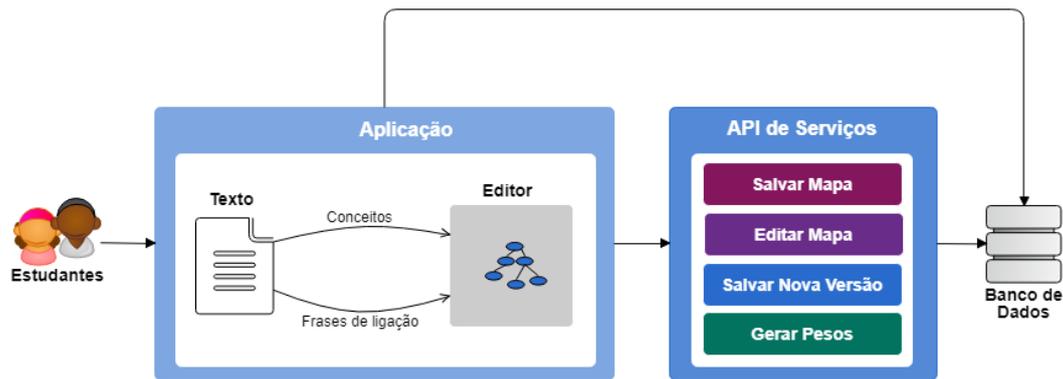
Através da análise morfológica, é possível identificar a classe gramatical de cada termo presente na frase, revelando assim, o verbo presente na frase de ligação, que expressa a relação entre os conceitos conectados.

O processo de lematização auxilia na comparação, uma vez que permite reduzir cada termo a seu lema, ou seja, a palavra sem flexões.

A seguir, é apresentado com mais detalhes a visão do estudante e do professor.

#### 4.1.1 - Ambiente do Estudante

O estudante tem à disposição um ambiente para criação e manutenção de MCs, conforme apresentado na Figura 4.2. Conceitos e frases de ligação podem ser inseridos de duas formas: diretamente no editor de mapas; ou selecionando estas informações no texto fornecido pelo professor, que é apresentado ao lado do editor de mapas. Ao finalizar a etapa de construção e salvar um mapa, este fica associado ao perfil do estudante, permitindo assim, sua edição futura.



**Figura 4.2 - Arquitetura do modelo do aluno**

Uma vez elaborado o mapa, o estudante tem acesso também ao serviço de geração automática de pesos para os conceitos e proposições. Esta é uma funcionalidade que pode ser útil, por exemplo, em atividades lúdicas que envolvam pontuação ou ranking, dependendo da abordagem pedagógica adotada pelo professor. Uma vez gerados os pesos, caso haja a necessidade de destacar algum conceito ou proposição mais importante, atribuindo um peso maior, a interface deve permitir essa alteração individual de peso.

Para Novak & Cañas (2010), o processo de construção de um MC não tem necessariamente um fim, se assemelhando à leitura de um texto em que a cada nova leitura novos aspectos são percebidos e novas relações são formuladas. Assim, um mapa pode possuir inúmeras versões, sendo aprimorado ao longo do tempo e revelando a evolução do aprendiz no decorrer do curso. A arquitetura aqui apresentada permite que, ao editar um mapa, ele seja salvo como uma nova versão, mantendo assim um histórico da evolução do aprendizado do estudante.

#### 4.1.2 - Ambiente do Professor

O ambiente do professor agrega recursos justamente para apoiar e incentivar o uso de mapas em sala de aula com maior frequência. Todo o gerenciamento ocorre por meio do cadastro e manutenção de turmas e atividades. A ideia é que o professor cadastre todas as suas turmas de forma rápida, apenas inserindo um nome que as identifique adequadamente. Para cada turma, o professor pode então criar inúmeras atividades.

Além do gerenciamento de turmas e atividades, o professor tem à sua disposição recursos como: criação do MCR; geração automática de pesos para os conceitos e proposições; geração automática do MCD; e a comparação de mapas, como apresentado na Figura 4.3. A seguir, cada uma destas funcionalidades são apresentadas em detalhes.

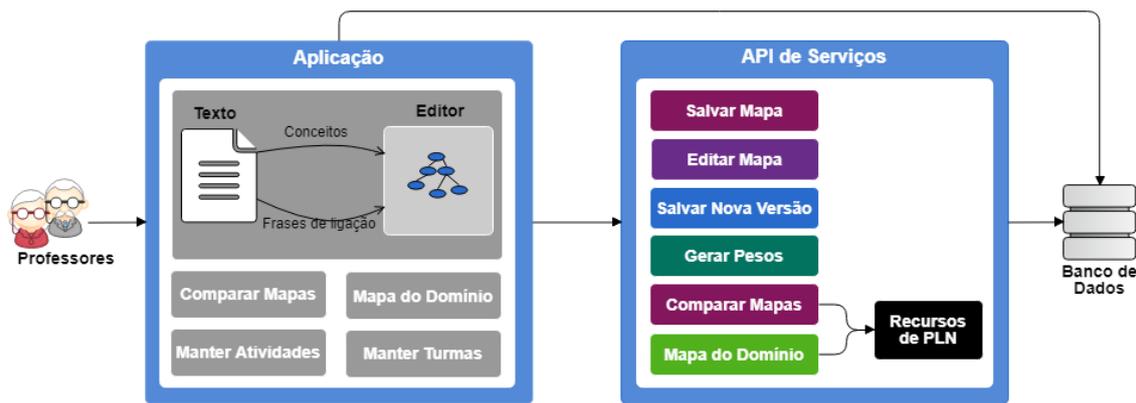


Figura 4.3 - Arquitetura do modelo do professor

#### 4.1.2.1 - Criação do Mapa Conceitual de Referência

Como já mencionado, o MCR não é necessariamente o mapa mais completo, mas um mapa que possui os conceitos mais importantes sobre um tópico segundo a avaliação de seu construtor num dado momento. Cabe ressaltar também que MCs construídos por pessoas diferentes sobre um mesmo tópico normalmente são diferentes, pois cada mapa representa o conhecimento pessoal de seus autores (CAÑAS & CARVALHO, 2005) e cada autor tende a priorizar aspectos diferentes.

Assim, este mapa é crucial nesta pesquisa, pois é com ele que os mapas dos estudantes serão comparados. Para cada atividade o professor pode elaborar quantos MCRs desejar, inserindo os conceitos e frases de ligação diretamente no editor de mapas, ou então selecionando-os diretamente do texto a ser trabalhado com os estudantes, como apresentado na Figura 4.4. Neste caso, a medida que os conceitos e as frases de ligação vão sendo selecionados, uma prévia do mapa em construção é apresentada no editor de mapas.

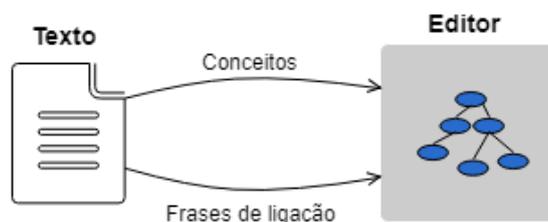


Figura 4.4 - Processo de construção do MCR a partir de um texto

#### 4.1.2.2 - Geração Automática de Pesos

Há na literatura abordagens utilizando MCs e games (TREANOR *et al.*, 2012, HWANG *et al.*, 2013) com a finalidade de unir os benefícios inerentes aos MCs com a dinamicidade e motivação promovida pelos jogos. Pensando nisso, a arquitetura aqui apresentada provê suporte para a geração automática de pesos para os conceitos e

proposições, abrindo novas possibilidades para a utilização dos mapas em atividades lúdicas com os estudantes.

#### 4.1.2.3 - Geração Automática do Mapa Conceitual do Domínio

Na visão de Ausubel, o professor assume o papel de mediador, devendo considerar as experiências e os conhecimentos prévios dos estudantes como ponto de partida para suas ações educativas (RIHS & DE ALMEIDA, 2017). Assim, partir daquilo que os estudantes já conhecem é uma estratégia eficaz para se introduzir novos conceitos (NOVAK & CAÑAS, 2010).

Diversas estratégias podem ser adotadas a fim de determinar o conhecimento prévio de uma turma sobre um assunto específico, uma delas é a construção de MCs antes da introdução do conteúdo. Assim, uma vez que os estudantes tenham construído seus mapas, o professor pode então, de forma automática, gerar um MCD, dispensando assim a necessidade de avaliar o mapa de cada estudante, avaliando apenas o MCD gerado.

A ideia central é, partindo dos mapas individuais de cada estudante, gerar um único mapa que contemple todos os conceitos e relações presentes nos mapas dos estudantes, sem, contudo, apresentar repetições ou redundâncias, como sugere na Figura 4.5.

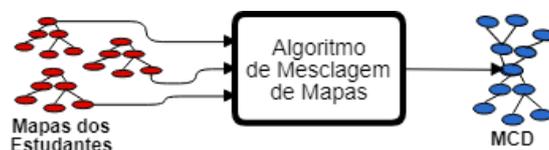


Figura 4.5 - Processo de geração do MCD

A ideia de MCs que representem um domínio de conhecimento já foi apresentada em outros trabalhos encontrados na literatura. Chen *et al.*, (2008) propõem a construção de MCs do domínio a partir de artigos acadêmicos, aplicando técnicas de mineração de texto para a construção automática dos mapas, servindo assim como referência útil para os investigadores novatos.

Proposta semelhante é apresentada em (PÉREZ & VIEIRA, 2005). Os autores apresentam um protótipo para a extração de informação em textos escritos em Língua Portuguesa do Brasil com o auxílio de ferramentas de PLN. Finalizada a etapa de extração das informações, procedem com a construção automática de MCs que representem o conhecimento de um dado domínio.

Em Lee & Segev (2012), visando minimizar as dificuldades de se criar MCs que representem domínios de conhecimento, os autores propõem um método automático para a construção de mapas do domínio usando técnicas de mineração de dados aplicadas a um conjunto de documentos.

Em (AMARAL & QUEVEDO, 2013) os autores apresentaram o uso de MCs para a modelagem de aplicações hipermídia adaptativas, fazendo uso de mapas do domínio de conhecimento a serem adaptados em conteúdo inclusivo. Assim, o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) se torna capaz de exibir sempre o conteúdo mais adequado a cada perfil de usuário.

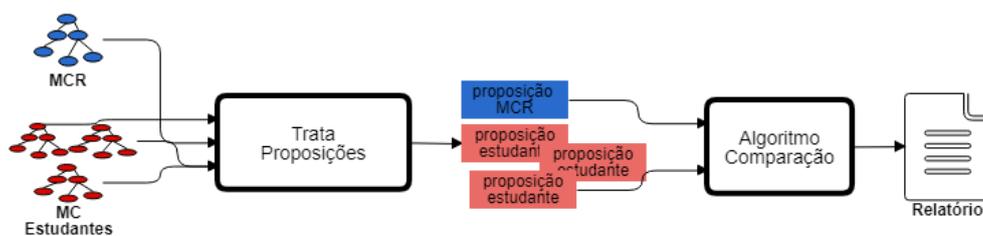
Convém salientar que o mapa do domínio gerado será tão representativo quanto os documentos utilizados em sua geração. Assim, caso os textos, artigos, mapas, utilizados em sua geração representem o domínio de conhecimento de forma parcial, assim também o fará o mapa gerado.

#### 4.1.2.4 - Comparação de Mapas

É importante salientar que não existe um único MC para um determinado conteúdo. Os MCs são elaborados com o objetivo de ser uma avaliação que demonstre evidências de que os estudantes estão aprendendo significativamente o conteúdo, sendo importante mapear as relações e as conexões produzidas pelo educando para a apropriação e a retenção dos saberes (SOUZA & BORUCHOVITCH, 2010a).

Assim, não há um mapa correto ou um mapa errado. Isso não quer dizer, entretanto, que o mapa não deva ser avaliado. Significa dizer que o mesmo não deve ser avaliado de forma tradicional com os conceitos de “certo e errado”. Um bom mapa é aquele que é coerente, criativo e expressivo (DE AGUIAR *et al.*, 2009).

A avaliação de MCs está entre as atividades mais custosas e exigentes desempenhadas por professores que utilizam MCs como ferramenta de avaliação da aprendizagem. Assim, a comparação de mapas visa otimizar o tempo do professor, fornecendo algumas estatísticas sobre a turma e cada estudante individualmente. Esta é feita com base no MCR elaborado pelo professor, ou seja, o objetivo é identificar quantas e quais proposições do MCR aparecem no mapa do estudante, mesmo que em forma de sinônimo, como apresentado na Figura 4.6.



**Figura 4.6 - Processo de comparação de mapas**

Antes da etapa de comparação, uma etapa de pré-processamento é realizada com a finalidade de tratar as proposições. Nesta etapa, uma lista de proposições é obtida de cada mapa. Para cada proposição, são realizadas algumas tarefas como: remoção de espaços desnecessário; remoção de pontuação; busca por sinônimos para os conceitos e; por fim, a identificação dos verbos das frases de ligação.

O resultado da avaliação deve ser apresentado por meio de uma nota em forma de percentual, variando de 0% a 100%, que indica quanto do MCR está presente no mapa do estudante. Estas inferências, como já mencionado, são feitas com o auxílio das ferramentas de PLN para a Língua Portuguesa que, em sua grande maioria, funcionam bem para a sintaxe, mas ainda são bem rudimentares para a semântica. Assim, proposições que um avaliador humano poderá classificar como iguais, poderão ser classificadas como diferentes pelo serviço de comparação de mapas.

Uma análise da turma deve ser gerada, trazendo informações como a média referente a quantidade de conceitos, de ligações, de conceitos iguais, de conceitos sinônimos e de proposições. Também deve ser apresentado um relatório individual por estudante, listando: os conceitos considerados iguais aos conceitos presentes no MCR do professor; os conceitos sinônimos; os conceitos ausentes, presentes no MCR e ausentes no mapa do estudante; e os conceitos diferentes, presentes apenas no mapa do estudante. Como forma de auxiliar o professor na validação da comparação, deve apresentar também quais proposições foram consideradas iguais, assim como seu respectivo par no MCR.

## 4.2 - Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo apresentou a proposta conceitual de uma arquitetura com a finalidade de apoiar o professor na realização de atividades em sala de aula com o uso de MCs, otimizando assim, o tempo necessário para tais atividades e auxiliando especialmente em atividades avaliativas por meio de MCs, que demandam tempo e grande esforço cognitivo por parte do avaliador.

Dentre as principais características da arquitetura proposta, destaca-se as funcionalidades pensadas como serviço, permitindo assim, que sejam utilizadas por terceiros, dispensando a necessidade de nova implementação para os mesmos serviços, ou ainda que sejam utilizados na criação de serviços mais elaborados.

Dentre as funcionalidades, destacam-se recursos como geração automática de pesos para conceitos e proposições, geração automática do **MCD**, comparação automática dos mapas dos estudantes com o **MCR** do professor e a construção assistida do **MCR**.

O capítulo seguinte apresenta o protótipo desenvolvido com base na arquitetura aqui apresentada, assim como as tecnologias adotadas no processo de desenvolvimento.

# Capítulo 5

## Arquitetura Tecnológica

---

*Este capítulo apresenta a arquitetura tecnológica, assim como o protótipo desenvolvido, com base na arquitetura conceitual apresentada no capítulo 4. Descreve as tecnologias adotadas em cada etapa do desenvolvimento, assim como detalha as funcionalidades implementadas.*

*O capítulo está dividido nas seguintes seções: Seção 5.1 apresenta uma visão geral da arquitetura proposta; na Seção 5.2, os componentes tecnológicos utilizados em seu desenvolvimento são detalhados; a Seção 5.3 introduz o protótipo desenvolvido, apresentando a visão do estudante na Subseção 5.3.1, e a visão do professor na Subseção 5.3.2; por fim a Seção 5.4 apresenta as considerações finais do capítulo.*

### 5.1 – Visão Geral

Assim como a arquitetura apresentada no capítulo 4, o protótipo aqui apresentado foi desenvolvido para o ambiente web. Assim, não se faz necessário baixar nem instalar nenhum pacote de software, bastando um computador conectado à internet para sua utilização.

O protótipo foi desenvolvido considerando os princípios da Arquitetura SOA<sup>12</sup>, muito utilizada em sistemas de computação distribuída, podendo encapsular desde simples métodos a grandes processos envolvendo muitos colaboradores (FARIAS *et al.*, 2007). Uma das principais características dessa arquitetura está em sua capacidade de promover a integração (PINOTTE *et al.*, 2015). Com isso, qualquer pessoa em qualquer parte do mundo pode fazer uso dos serviços de edição e manipulação de MCs aqui apresentados, como também desenvolver novos serviços, estendendo essas funcionalidades.

Assim, podemos dizer que esta arquitetura é composta, além da interface para interação com o sistema, de pequenos pedaços de software independentes, que realizam tarefas específicas, como salvar um mapa, comparar mapas, mesclar mapas, dentre outros. A esses pedaços de software é dado o nome de serviço, utilizados por meio de requisições,

---

<sup>12</sup> Service Oriented Architecture (Arquitetura Orientada a Serviço).

que enviam as informações necessárias para seu correto funcionamento, e recebem o retorno ao final de seu processamento.

## 5.2 - Componentes Tecnológicos

Conforme apresentado na Figura 5.1, as seguintes tecnologias foram utilizadas no desenvolvimento do protótipo aqui apresentado.

A interface web, por meio da qual os estudantes e o professor irão interagir com o sistema, foi desenvolvida com as tecnologias HTML, CSS e JavaScript, com PHP versão 5.6.31 para a comunicação com o servidor web. Como sistema gerenciador de banco de dados, foi adotado o MySQL em sua versão 5.7.19, para armazenar todas as informações, inclusive os mapas produzidos.

Os serviços consumidos pela aplicação foram implementados em Java, versão 8, atualização 161. Como ferramentas para o PLN, foram adotadas a ontologia Onto.pt<sup>13</sup> versão 0.6, para a identificação de sinônimos, e o Cogroo<sup>14</sup> versão 4, para realizar a análise morfológica e a lematização das proposições.

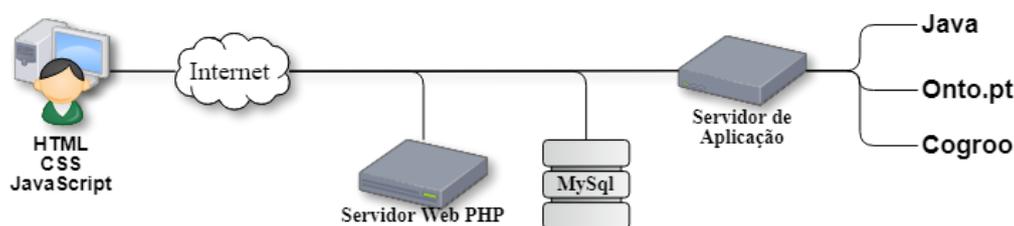


Figura 5.1 - Arquitetura tecnológica

Os serviços são consumidos por meio de requisições Ajax<sup>15</sup> usando o padrão JSON<sup>16</sup>. Toda a lógica de processamento é carregada junto com a página HTML. Quando o usuário faz uma requisição, o envio e recebimento de informações é feito pelo JavaScript, dispensando assim a necessidade de recarregar a página. Um exemplo de requisição AJAX é apresentado na Figura 5.2, requisitando o serviço para salvar um MC.

<sup>13</sup> Ontologia lexical para a Língua Portuguesa disponível em: <http://ontopt.dei.uc.pt/>.

<sup>14</sup> Corretor gramatical disponível em: <http://cogroo.sourceforge.net/>.

<sup>15</sup> Asynchronous Javascript and XML. Torna as páginas Web mais interativas com o usuário.

<sup>16</sup> JavaScript Object Notation. Formato compacto para a troca de dados entre sistemas.

```

307     $.ajax({
308         type: "POST",
309         url: urlLocal + "salvarMapa",
310         dataType: "json",
311         contentType: 'application/json; charset=UTF-8',
312         success: function(data){
313
314         },
315         data: str
316     }).done(function(response){
317
318
319     }).fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown){
320
321     });

```

Figura 5.2 - Requisição AJAX para salvar um mapa

### 5.3 – Protótipo Desenvolvido

Como mencionado, não se faz necessário a instalação de nenhum recurso de software para sua utilização, bastando um computador conectado à internet. A tela inicial do protótipo desenvolvido, chamado MapRef, é apresentada na Figura 5.3, por meio da qual é possível criar uma nova conta e acessar os recursos disponíveis.

The screenshot shows the MapRef web application interface. At the top left is the 'MapRef' logo. To the right are input fields for 'E-mail' and 'Senha', with an 'Entrar' button and a link for 'Esqueceu a senha?'. The main content area is divided into two sections. On the left, there is a heading 'Construção Assistida de Mapas Conceituais de Referência' in red, followed by a paragraph of text: 'Um Mapa Conceitual é uma excelente ferramenta para a representação, organização e construção do conhecimento. Com esta ferramenta, suas atividades podem se tornar mais dinâmicas e divertidas e seu tempo pode ser melhor aproveitado.' On the right, there is a 'Novo Cadastro' section with input fields for 'Nome', 'E-mail', 'Repetir e-mail', 'Senha', and 'Repetir senha'. Below these fields is a checkbox labeled 'Sou professor' and a 'Cadastrar' button. At the bottom of the page, there is a footer: 'Departamento de Informática - Universidade Federal do Espírito Santo - 2018 | Sobre'.

Figura 5.3 - Tela inicial para login e criação de novas contas

#### 5.3.1 – Ambiente do Estudante

Os estudantes têm à disposição um ambiente para criação e manutenção de MCs, conforme apresentado na Figura 5.4. Ao iniciar uma atividade, ele deve informar quem é o professor responsável e, seguindo as instruções deste, escolher a turma e a atividade correspondentes.

Ao escolher a turma e a atividade, os campos *questão focal*, *palavras chaves* e a *área de texto* são automaticamente preenchidas com as informações fornecidas pelo professor no momento do cadastro da referida atividade. Por meio dos botões na parte inferior da página, o estudante pode salvar seu mapa, gerar pesos para os conceitos e proposições, e

ainda gerar e baixar um arquivo de texto contendo todas as proposições presentes em seu mapa.

The screenshot shows the 'MapRef' web application interface. At the top, there is a navigation bar with the logo 'MapRef' and links for 'Mapa', 'Sobre', 'Meus mapas', and 'Sair'. The main heading is 'Construção assistida de Mapas Conceituais'. Below this, there is a section for user input with the following fields:

- Professor(a): [Dropdown menu]
- Turma: [Dropdown menu with 'Organização e Representação do Conhecimento - 2018-']
- Atividade: [Dropdown menu with 'Atividade 1']
- Questão focal: [Text input field with 'As vulnerabilidades dos documentos digitais']
- Palavras chaves: [Section with three dropdown menus containing 'documento digital', 'obsolescência tecnológica', and 'preservação digital']

Below the input fields, there is a large text area on the left containing an introduction text. The text discusses the modern era of information, the demand for digital technologies, and the role of information tools in society. At the bottom of the interface, there are three buttons: 'Gerar Pesos', 'Salvar Mapa', and 'Proposições'.

**Figura 5.4 - Interface do estudante ao efetuar login**

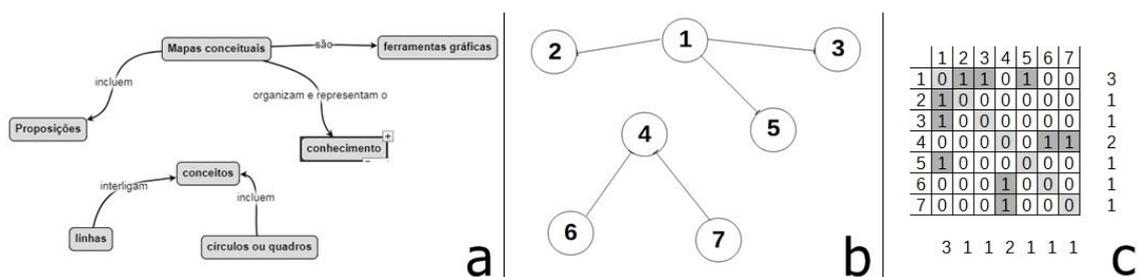
Os conceitos e ligações podem ser criados diretamente no editor de mapas, ou selecionados no texto fornecido pelo professor, apresentado ao lado do editor. Para um conceito formado por uma única palavra, basta dar um click duplo sobre o mesmo e ele será inserido no mapa. Para conceitos compostos, basta clicar e arrastar o mouse, selecionando assim o trecho desejado.

Para inserir uma ligação entre dois conceitos presentes no mapa, basta posicionar a seta do mouse na borda do conceito de onde parte a ligação, quando a seta mudar para o desenho de uma mão, basta clicar, segurar e arrastar até o conceito a que se destina a ligação.

A frase de ligação pode ser inserida de duas formas: por meio de um click duplo sobre a ligação recém inserida, digitando então o texto desejado; ou selecionando a ligação desejada com um click e, em seguida, selecionando o trecho referente à frase de ligação diretamente no texto. Cabe frisar que, caso nenhuma ligação esteja selecionada no mapa, o trecho selecionado no texto será inserido como conceito.

Para a geração automática dos pesos, foi utilizada uma correspondência de grafos na interpretação dos mapas (LAMAS *et al.*, 2005). Cada conceito é mapeado para um vértice, enquanto cada frase de ligação é mapeada para uma aresta. Sua representação em memória faz uso de uma matriz de adjacência (LARANJEIRA & CAVIQUE 2014), o que permite identificar com facilidade o grau de cada vértice (DOS SANTOS & JUSTEL 2015). Assim, o peso de cada conceito será o grau do vértice correspondente, enquanto o peso da proposição será a soma do peso de seus conceitos. Uma vez gerados os pesos, eles podem ser alterados via interface, clicando com o botão direito do mouse sobre o conceito ou ligação que se deseja alterar.

A Figura 5.5 apresenta um exemplo desta correspondência por meio de um mapa simples em (a), seu modelo em grafo em (b), e sua representação computacional por meio de uma matriz de adjacência em (c). Como é possível perceber, a soma de cada linha ou coluna da matriz fornece o grau de cada vértice do grafo, que é utilizado como peso para cada conceito correspondente.



**Figura 5.5 - Correspondência entre um Mapa Conceitual (a), um grafo (b) e sua representação computacional por meio de uma matriz de adjacência (c)**

Um mapa pode possuir inúmeras versões, sendo aprimorado ao longo do tempo e revelando a evolução do aprendiz no decorrer do curso, assemelhando-se à leitura de um texto em que a cada nova leitura novos aspectos são percebidos e novas relações são formuladas (NOVAK & CAÑAS, 2010). O protótipo aqui apresentado permite que, ao editar um mapa, ele seja salvo como uma nova versão.

Todos os mapas elaborados pelo estudante podem ser encontrados na página “meus mapas”, como apresentado na Figura 5.6. Nesta página, todos os mapas são

ordenados por data de criação, do mais recente para o mais antigo. O estudante pode ainda visualizar, editar ou mesmo apagar um mapa.



Figura 5.6 - Tela de perfil do estudante

### 5.3.2 – Ambiente do Professor

O ambiente do professor é mais elaborado, possuindo uma área de trabalho chamada “painel”, como apresentado na Figura 5.7, permitindo a criação e manutenção de turmas e atividades, funções dispostas à esquerda da interface, assim como fornecendo acesso rápido às ferramentas para a criação do Mapa Conceitual de Referência (MCR), do Mapa Conceitual do Domínio (MCD) e a comparação de mapas, funções dispostas na área central e à direita da interface.



Figura 5.7 - Interface do professor

### 5.3.2.1 - Criação do Mapa Conceitual de Referência

A interface para a criação do MCR é semelhante à interface apresentada aos estudantes, conforme apresentado na Figura 5.8. O professor deve indicar a que turma e atividade este mapa pertence. Seu processo de construção é idêntico ao ambiente dos estudantes, descrito na Seção 5.3.1, podendo inserir conceitos e ligações diretamente no editor de mapas, ou selecionando-os no texto que será trabalhado com a turma.

Como no ambiente do estudante, também estão disponíveis ao professor as funções para salvar o mapa, gerar pesos de forma automática e ainda baixar um arquivo de texto contendo todas as proposições presentes no mapa.

Ao editar um mapa, o professor pode escolher salva-lo como uma nova versão, mantendo assim um histórico da evolução do mapa. Vários mapas de referência podem ser criados, de tal forma que cada um represente um estágio mais avançado que o anterior.

MapRef

Painel Sobre Meus mapas Sair

## Construção assistida de Mapas Conceituais de Referência

Veja [aqui](#) como utilizar a ferramenta.

Professor(a):  Turma:  Atividade:

Questão focal:

Palavras chaves:

Mapas Conceituais são estruturas esquemáticas que representam conjuntos de ideias e conceitos dispostos em uma espécie de rede de proposições, de modo a apresentar mais claramente a exposição do conhecimento e organizá-lo segundo a compreensão cognitiva do seu idealizador. Portanto, são representações gráficas, que indicam relações entre palavras e conceitos, desde aqueles mais abrangentes até os menos inclusivos. São utilizados para a facilitação, a ordenação e a sequenciação hierarquizada dos conteúdos a serem abordados, de modo a oferecer estímulos adequados à aprendizagem.

A construção de Mapas Conceituais (Novak & Gowin, 1996) propõe que as temáticas sejam apresentadas de modo diferenciado, progressivo e integrado. Pela diferenciação progressiva, determinados conceitos são desdobrados em outros conceitos que estão contidos em si mesmos, parcial ou integralmente, indo dos conceitos mais globais aos menos inclusivos, conforme pode ser observado na figura abaixo.

Mapas Conceituais

ideias

conceitos

estruturas

rede

são

representam conjuntos de

representam conjuntos de

dispostos em

Gerar Pesos Salvar Mapa Proposições

Figura 5.8 - Interface do professor para a construção do MCR

### 5.3.2.2 - Geração Automática do Mapa Conceitual do Domínio

Por meio deste serviço, o professor pode gerar, de forma automática, um único mapa que represente um domínio de conhecimento ou mesmo o conhecimento de um grupo acerca de um domínio, como apresentado na Figura 5.9.

O professor tem à disposição três diferentes formas para escolher os MCs que irão formar o MCD: na primeira opção, ele pode selecionar mapas por palavras chaves, escolhendo assim os MCs por um assunto específico; na segunda opção, ele pode escolher uma de suas turmas e uma atividade associada, gerando dessa forma, um mapa do domínio a partir dos mapas elaborados pelos estudantes em uma atividade; na terceira opção, ele pode ainda gerar um MCD a partir de seus próprios mapas salvos na base de dados.

The screenshot shows the 'Geração do Mapa do Domínio' interface on the MapRef website. The page has a dark header with the 'mapRef' logo and navigation links for 'Painel', 'Sobre', 'Meus mapas', and 'Sair'. The main content area is titled 'Geração do Mapa do Domínio' and features three options for map selection:

- Opção 1:** Three dropdown menus labeled 'Selecione uma palavra chave' and a blue 'Buscar Mapas' button.
- Opção 2:** Two dropdown menus labeled 'Escolha uma turma?' and a blue 'Buscar Mapas' button.
- Opção 3:** A text label 'Gerar o Mapa do Domínio apenas com os meus mapas.' and a red 'Buscar Mapas' button.

Below the options, there is a section titled 'Escolha quais mapas serão utilizados para gerar o mapa do domínio.' with a 'Selecionar todos' checkbox. A table lists six maps with checkboxes and 'Ver' buttons:

Mapa	Criado em	Ação
<input checked="" type="checkbox"/> Mapa sobre mapa	30/05/18	Ver
<input checked="" type="checkbox"/> nova questão focal	30/05/18	Ver
<input checked="" type="checkbox"/> O papel dos repositórios institucionais e temáticos na estrutura da produção científica	30/05/18	Ver
<input checked="" type="checkbox"/> O papel dos repositórios institucionais e temáticos na estrutura da produção científica (mapa do domínio)	30/05/18	Ver
<input checked="" type="checkbox"/> O papel dos repositórios institucionais e temáticos na estrutura da produção científica	30/05/18	Ver
<input checked="" type="checkbox"/> O papel dos repositórios institucionais e temáticos na estrutura da produção científica	20/06/18	Ver

A blue 'Gerar Mapa do Domínio' button is located at the bottom left of the map selection area.

Figura 5.9 - Interface para a geração automática do MCD

Para a construção do MCD, há uma etapa de pré-processamento, como apresentado na Figura 5.10. Os mapas são convertidos em uma lista de proposições e então são realizados procedimentos como: Limpeza das Proposições, para remover espaços desnecessários, pontuação, parênteses, dentro outros; Busca por Sinônimos, que realiza uma busca na ontologia Onto.pt e retorna os sinônimos referentes ao conceito; Análise Morfológica, que atribui a cada conceito sua classe gramatical; e Lematização, que por meio da ferramenta Cogroo, atribui a cada conceito seu lema. Ao final desta etapa temos um conjunto de proposições melhor estruturadas e prontas para a etapa seguinte de construção do mapa final.

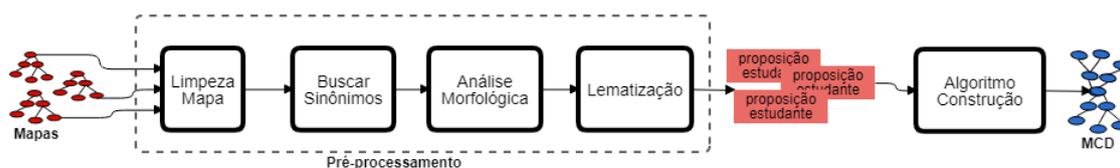


Figura 5.10 - Processo de construção automática do MCD

### 5.3.2.3 - Comparação de Mapas Conceituais

Como já mencionado, o objetivo da comparação de mapas não é comparar aleatoriamente dois MCs, mas sim comparar os mapas elaborados pelos estudantes com o MCR elaborado pelo professor, buscando assim, identificar quais proposições presentes no MCR estão presentes também nos mapas dos estudantes.

A busca pelos mapas se dá por meio da turma e da atividade. O professor pode escolher qual MCR irá utilizar na comparação, caso possua mais de um mapa para a mesma atividade, assim como selecionar todos os mapas dos estudantes ou apenas alguns de forma aleatória, como apresentado na Figura 5.11.

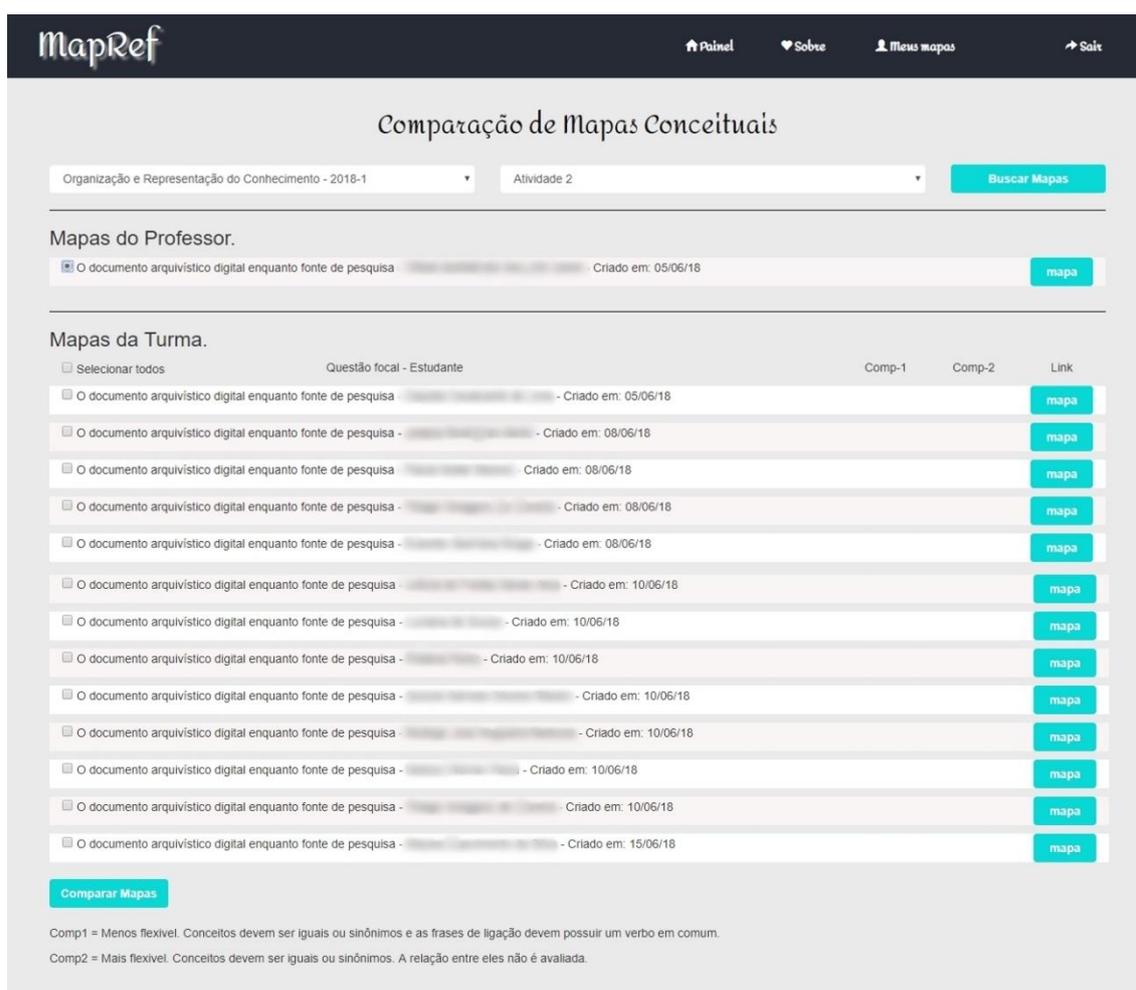
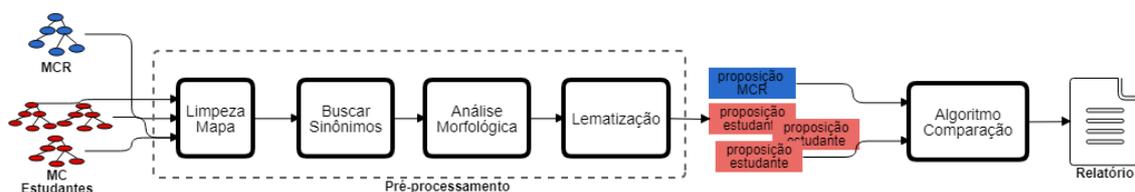


Figura 5.11 - Interface para a comparação do MCR com os mapas dos estudantes

Para o MCR e cada MC dos estudantes, é realizado uma etapa de pré-processamento a fim de garantir maior limpeza às proposições e melhorar o resultado da etapa seguinte de comparação, como apresentado na Figura 5.12.



**Figura 5.12 - Etapas envolvidas no processo de comparação dos mapas**

O mapa do estudante é convertido em uma lista de proposições e então são aplicados os seguintes procedimentos: **Limpeza do Mapa:** para remover espaços desnecessários, pontuação, parênteses, dentro outros; **Busca por Sinônimos:** realiza uma busca na ontologia Onto.pt e retorna os sinônimos referentes ao conceito; **Análise Morfológica:** atribui a cada conceito sua classe gramatical; **Lematização:** por meio da ferramenta Cogroo, atribui a cada conceito seu lema. Ao final desta etapa temos um conjunto de proposições melhor estruturadas e prontas para a etapa seguinte de comparação.

Na etapa de comparação, o MCR é comparado com o mapa conceitual de cada estudante, verificando, para cada proposição presente no MCR, se a mesma ocorre no mapa do estudante. Duas avaliações foram desenvolvidas, uma mais rígida, chamada de Exata, e uma mais flexível, chamada de Aproximada.

Na avaliação Exata, duas proposições são consideradas iguais se seus pares de conceitos forem iguais ou sinônimos, e as frases de ligação possuírem um verbo em comum, o que caracteriza a mesma relação entre os conceitos. Na avaliação Aproximada, duas proposições são consideradas iguais se os respectivos pares de conceitos forem iguais ou sinônimos, independente da frase de ligação.

Ao final desta etapa, o resultado do serviço de comparação é apresentado em duas etapas: por meio de gráficos, apresentando dados estatísticos da turma; e por meio de um relatório individual para cada estudante.

A análise da turma é apresentada em três gráficos: i) gráfico de barras com a média da turma para o número de conceitos, de ligações, de conceitos iguais, de conceitos sinônimos e de proposições iguais para as duas avaliações; ii) gráfico de pizza contendo a distribuição da turma por nota para a avaliação exata; e iii) gráfico de pizza contendo a

distribuição da turma por nota para a avaliação aproximada, como apresentado na Figura 5.13.



**Figura 5.13 - Resultado estatístico da comparação de mapas para a turma**

A avaliação de cada estudante é apresentada por meio de uma nota em forma de percentual, variando de 0% a 100%, como visto na Figura 5.14, que indica quanto do MCR está presente no mapa do estudante.

Mapas da Turma.

Selecionar todos	Questão focal - Estudante	Comp-1	Comp-2	Link
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 05/06/18	39%	63%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 08/06/18	27%	63%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 08/06/18	6%	27%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 08/06/18	54%	57%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 08/06/18	39%	54%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 10/06/18	9%	54%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 10/06/18	18%	45%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 10/06/18	0%	21%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 10/06/18	18%	39%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 10/06/18	54%	45%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 10/06/18	12%	39%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 10/06/18	51%	63%	<a href="#">mapa</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa - [nome] - Criado em: 15/06/18	12%	33%	<a href="#">mapa</a>

**Figura 5.14 - Resultado individual na comparação do mapa do estudante com o MCR**

Clicando sobre a nota do estudante, é apresentado seu relatório individual com quatro áreas distintas, a saber: na área 1 são listados os conceitos considerados iguais aos

conceitos do MCR, os conceitos sinônimos, os conceitos ausentes (presentes no MCR mas ausentes no mapa do estudante) e os conceitos diferentes (presentes apenas no mapa do estudante). Nas áreas 2 e 3 são apresentadas, respectivamente, as proposições consideradas iguais e diferentes para cada uma das duas comparações, exata e aproximada. Por fim, na área 4, é apresentado um gráfico de barras contendo as médias do estudante, como apresentado na Figura 5.15.

MapRef
→ Saiz

**Conceitos Iguais**

- tecnologias da informação
- preservação de tecnologia
- organizações públicas e privadas
- documentos
- documentos em suporte tradicional papel
- documentos digitais
- política organizacional
- política de preservação digital
- informações
- obsolescência tecnológica
- estratégias de preservação digital
- acesso a longo prazo
- software
- hardware
- migração
- refrescamento
- emulação

**Conceitos sinónimos**

**Conceitos ausentes**

- cidadãos
- novos suporte
- envelhecimento

**Conceitos diferentes**

- suporte

**Comparação 1. Resultado: 12%**

**Proposições Iguais**

Proposição MR = Proposição do estudante

- organizações públicas e privadas produzem cada vez mais documentos = organizações públicas e privadas produzem documentos
- documentos podem ser documentos em suporte tradicional papel = documentos podem ser documentos em suporte tradicional papel
- documentos podem ser documentos digitais = documentos podem ser documentos digitais

**Proposições Diferentes**

Proposição do estudante

- Documentos digitais necessitam política organizacional
- política organizacional promovem Estratégias de Preservação digital
- política organizacional necessita tecnologias da informação
- Estratégias de Preservação digital promovem Políticas d e preservação digital
- Documentos em suporte tradicional (papel) precisam ter informações
- informações para acesso a longo prazo
- Documentos em suporte tradicional (papel) suporte suporte
- Estratégias de Preservação digital estabelecem preservação digital
- Estratégias de Preservação digital estabelecem emulação
- Estratégias de Preservação digital estabelecem migração
- Estratégias de Preservação digital estabelecem refrescamento
- Estratégias de Preservação digital estabelecem Preservação de tecnologia
- Preservação de tecnologia Tem com o Base Hardware
- Preservação de tecnologia tem como base Software
- preservação digital formas de evitar obsolescência tecnológica
- emulação formas de evitar obsolescência tecnológica
- refrescamento formas de evitar obsolescência tecnológica
- migração formas de evitar obsolescência tecnológica

**Comparação 2. Resultado: 36%**

**Proposições Iguais**

Proposição MR = Proposição do estudante

- organizações públicas e privadas produzem cada vez mais documentos = organizações públicas e privadas produzem documentos
- documentos contém informações = documentos em suporte tradicional papel precisam ter informações
- documentos podem ser documentos em suporte tradicional papel = documentos podem ser documentos em suporte tradicional papel
- documentos podem ser documentos digitais = documentos podem ser documentos digitais
- política organizacional deve abordar preservação digital = política organizacional promovem estratégias de preservação digital
- preservação digital demanda políticas de preservação digital = estratégias de preservação digital promovem políticas d e preservação digital
- migração é um exemplo de estratégias de preservação digital = estratégias de preservação digital estabelecem migração
- refrescamento é um exemplo de estratégias de preservação digital = estratégias de preservação digital estabelecem refrescamento
- emulação é um exemplo de estratégias de preservação digital = estratégias de preservação digital estabelecem emulação

**Proposições Diferentes**

Proposição do estudante

- Documentos digitais necessitam política organizacional
- política organizacional necessita tecnologias da informação
- informações para acesso a longo prazo
- Documentos em suporte tradicional (papel) suporte suporte
- Estratégias de Preservação digital estabelecem preservação digital
- Estratégias de Preservação digital estabelecem Preservação de tecnologia
- Preservação de tecnologia Tem com o Base Hardware
- Preservação de tecnologia tem como base Software
- preservação digital formas de evitar obsolescência tecnológica
- emulação formas de evitar obsolescência tecnológica
- refrescamento formas de evitar obsolescência tecnológica
- migração formas de evitar obsolescência tecnológica

**Estadísticas do Estudante**

Categoria	Mapa Ref	Estudante
Quant. conceitos	20	18
Quant. Ligações	22	20
Conc. Iguais	19	17
Conc. sinónimos	22	2
Prop. Exatas	22	2
Prop. Aproximadas	22	10

OK

Figura 5.15 - Relatório individual do estudante

## 5.4 - Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo apresentou a arquitetura tecnológica desenvolvida e suas respectivas ferramentas, descrevendo as tecnologias adotadas e como cada uma foi integrada ao projeto.

Foi apresentado em detalhes a interface de trabalho oferecida aos estudantes para a elaboração de seus mapas, assim como a interface e as ferramentas de apoio disponíveis ao professor.

Na visão do professor, foi apresentada em detalhes a funcionalidade dos serviços de elaboração do MCR, de geração automática do MCD e de comparação de mapas.

O capítulo seguinte discute um estudo de caso com a ferramenta em ambiente real de sala de aula, apresentando e discutindo a percepção dos estudantes e os resultados obtidos a partir dos serviços propostos na ferramenta.

# Capítulo 6

## Experimento

---

*Este capítulo apresenta um experimento prático realizado em sala de aula com estudantes de graduação, tendo como principal objetivo, observar a reação dos estudantes ao fazer uso da ferramenta proposta, assim como coletar algumas informações por meio de um questionário.*

*O capítulo está dividido nas seguintes seções: a Seção 6.1 apresenta uma visão geral e o contexto do experimento realizado; a Seção 6.2 descreve a realização do experimento; a Seção 6.3 apresenta e discute os resultados; e a Seção 6.4 apresenta as considerações finais do capítulo.*

### 6.1 – Visão Geral

O experimento contou com alguns objetivos, a saber: observar a reação dos estudantes em um contexto real durante a utilização da ferramenta; obter dados reais a fim de testar a comparação dos mapas dos estudantes com o MCR elaborado pelo professor; testar o serviço de geração automática do MCD; e coletar, por meio de um questionário, a impressão dos estudantes sobre a ferramenta.

### 6.2 – Realização do Experimento

O experimento foi conduzido em uma turma composta por 13 estudantes de cursos diversos na disciplina de Organização e Representação do Conhecimento ministrada para o curso de Arquivologia em nível de graduação. A turma era bem heterogênea, especialmente no que se refere à idade e interação com tecnologia. Um dos estudantes, por exemplo, apresentava dificuldade em coordenar os movimentos com o mouse, ao realizar tarefas que exigiam ações como clicar e arrastar.

O professor já havia desenvolvido no decorrer do período letivo três atividades com MCs. Cada atividade consistia na leitura de um artigo e na elaboração de um MC com o software CMapTools.

Os seguintes artigos foram lidos pelos estudantes:

Atividade 1: SANTOS, H. M. dos; FLORES, D. **As vulnerabilidades dos documentos digitais: Obsolescência tecnológica e ausência de políticas e práticas de preservação digital**. *Biblios: Revista de Bibliotecología y Ciencias de la Información*, Lima, n. 59, p. 45-54, 2015.

Atividade 2: dos Santos, H. M., & Flores, D. **O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa**. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 21(4), 121-137. 2016.

Atividade 3: da Rocha Weitzel, S. **O papel dos repositórios institucionais e temáticos na estrutura da produção científica**. *Em Questão*, 12(1), 51-71. 2006.

Para as duas primeiras atividades, os mapas elaborados por cada estudante foram transcritos para a base de dados utilizando a ferramenta aqui proposta. Para a terceira atividade, os próprios estudantes recriaram seus mapas na ferramenta, durante atividade realizada em sala em horário de aula. Ao final deste processo, um questionário foi aplicado individualmente.

No início da aula o professor explicou o objetivo da atividade, assim como apresentou brevemente a ferramenta, demonstrando sua utilização, em especial a funcionalidade para selecionar elementos diretamente do texto.

Ao final da atividade, espontaneamente alguns estudantes se mostraram entusiasmados com a ferramenta. Habitados com o software CMapTools, a cada mapa produzido, era necessário exportá-lo e enviá-lo por e-mail para o professor. Como a ferramenta proposta foi pensada para o ambiente web, e o professor tem a liberdade para gerenciar turmas e atividades, os estudantes ficaram surpresos ao saberem que, salvando seus mapas na ferramenta, os mesmos já estariam disponíveis para avaliação do professor.

### **6.3 – Avaliação dos Resultados**

São apresentados nesta seção os resultados preliminares da atividade prática desenvolvida em sala de aula. A Seção 6.3.1 apresenta as informações obtidas por meio do questionário, a Seção 6.3.2 apresenta o resultado do processo de comparação dos mapas dos estudantes com o MCR do professor, a Seção 6.3.3 apresenta o resultado do processo de geração automática do MCD, e a seção 6.3.4 apresenta um mapa com pesos gerados automaticamente.

### 6.3.1 - Informações Obtidas por Meio do Questionário

Para verificar a opinião dos estudantes acerca do uso da ferramenta, foi aplicado um questionário após a realização da atividade, disponível no Apêndice A.

Como mencionado, algumas respostas obtidas por meio do questionário confirmaram que era uma turma bem heterogênea, tendo estudantes que haviam elaborado apenas um mapa até aquele momento, enquanto outros, mais experientes, responderam já ter elaborado oito MCs.

Todos os estudantes que responderam ao questionário se consideram iniciantes na tarefa de elaboração de mapas, exceto um, que se considera em nível intermediário.

Quanto às ferramentas utilizadas na elaboração de MCs, 44,4% disseram ter construído mapas apenas no software CMapTools, enquanto 55,6% disseram ter construído mapas também em papel.

Quanto ao recurso que permite selecionar conceitos e ligações diretamente no texto, 33% concordaram ou concordaram totalmente que selecionar elementos no texto tornou mais fácil o processo de construção do mapa, conforme apresentado na Tabela 6.1. Um dos estudantes escreveu:

*“A ferramenta facilitou a elaboração da atividade, visto que o texto ao lado e a capacidade de selecionar os conceitos deixou tudo mais fácil e prático de fazer”.*

**Tabela 6.1 - Tabulação dos dados coletados por meio do questionário**

	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
Achei o sistema fácil de usar	0	22%	22%	22%	33%
Selecionar elementos no texto é mais fácil	0	22%	44%	11%	22%
Prefiro construir mapas no papel	44%	33%	11%	11%	0
Prefiro construir mapas no CmapTool	11%	11%	22%	44%	11%
Prefiro construir mapas no MapRef	0	0	66%	22%	11%

De modo geral, 55% dos estudantes acharam o sistema fácil de usar. Quanto à forma de construção do mapa, 33% acharam mais fácil selecionar conceitos e frases de ligação diretamente no texto. No entanto, vale ressaltar que 22% não gostaram dessa funcionalidade.

Em comparação com o CMapTools, 33% disseram preferir o MapRef pela simplicidade e praticidade, especialmente por permitir a seleção de elementos do texto e salvar o mapa na web. Outros 55% disseram preferir o CMapTools por ser mais completo, enquanto 11% disseram preferir construir mapas no papel.

As principais críticas ao MapRef se concentraram no tamanho reduzido da área de construção do mapa, uma vez que 30% da área da tela é ocupada pelo texto, e ao fato de a ferramenta ainda não suportar ramificação de ligações, como no CMapTools, software ao qual já estavam habituados.

### 6.3.2 - Comparação de Mapas

O resultado da comparação dos mapas dos estudantes com o MCR do professor é apresentado a seguir para as três atividades desenvolvidas em sala de aula.

Na atividade 1, para a avaliação exata, 84,6% dos mapas dos estudantes possuíam entre 0 e 20% das proposições do MCR, enquanto os outros 15,4% possuíam entre 40% a 60% das proposições do MCR, conforme o gráfico da Figura 6.1.

Para a avaliação aproximada, 23,1% dos mapas dos estudantes possuíam até 20% das proposições do MCR, 46,2% dos mapas dos estudantes possuíam entre 20% a 40% das proposições do MCR, 23,1% dos mapas dos estudantes possuíam entre 40% a 60% das proposições do MCR e, por fim, 7,7% dos mapas dos estudantes possuíam entre 60% e 80% das proposições do MCR, como apresentado no gráfico da Figura 6.1.

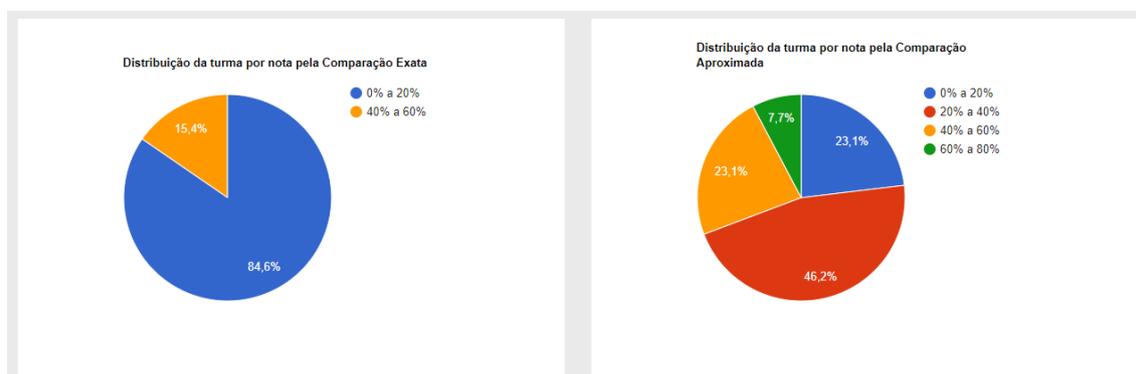
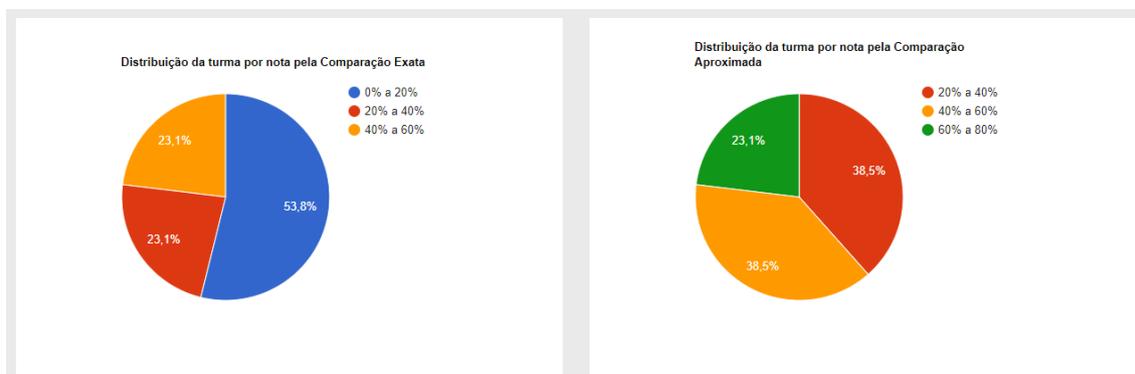
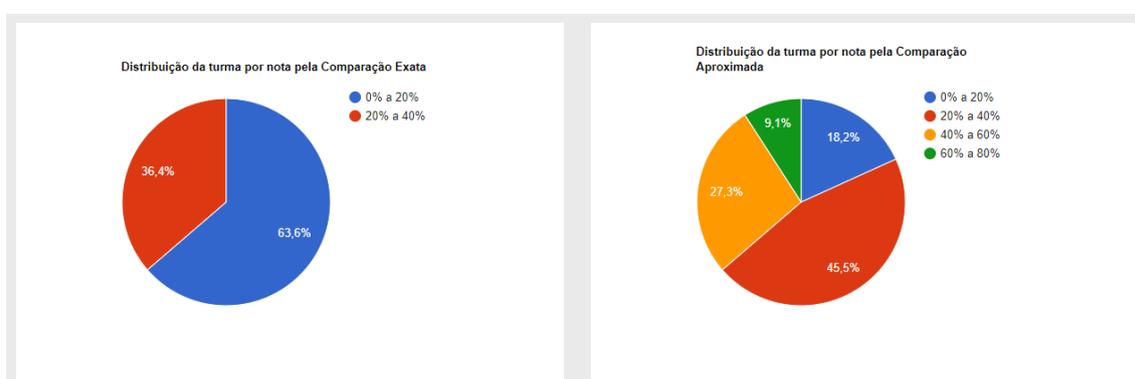


Figura 6.1 - Comparação dos mapas dos estudantes com o MCR do professor para a Atividade 1

O resultado da comparação para a Atividade 2 é apresentado na Figura 6.2, enquanto o resultado para a Atividade 3 é apresentado na Figura 6.3.



**Figura 6.2 - Comparação dos mapas dos estudantes com o MCR do professor para a Atividade 2**



**Figura 6.3 - Comparação dos mapas dos estudantes com o MCR do professor para a Atividade 3**

Com a finalidade de melhor entender os resultados alcançados, uma comparação manual foi conduzida entre os mapas dos estudantes e o MCR do professor para a Atividade 1, apresentando resultados promissores.

Na avaliação das proposições, a avaliação manual identificou uma média de 6,4 proposições do MCR presentes em cada mapa dos estudantes. No processo de comparação automática, a avaliação exata identificou uma média de 1,9 e a avaliação aproximada uma média de 9, conforme apresentado na Figura 6.4.

Na avaliação dos conceitos, a avaliação manual identificou uma média de 17,5 conceitos do MCR presentes nos mapas dos estudantes, enquanto a avaliação exata e aproximada identificou uma média de 17,1, conforme apresentado na Figura 6.4.

## Avaliação Manual versus Automática

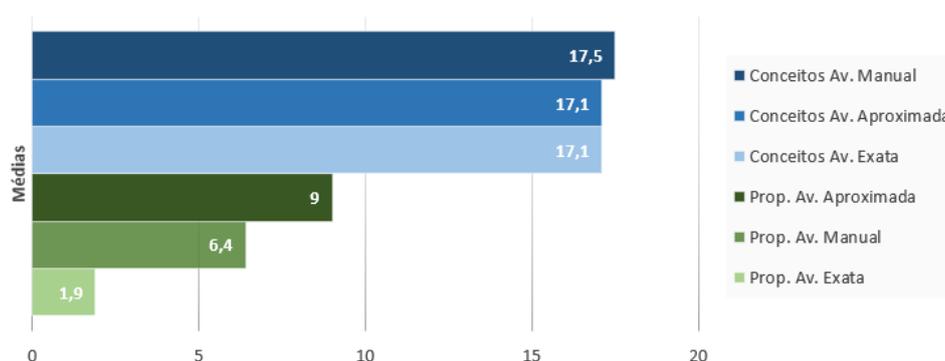


Figura 6.4 - Avaliação manual versus avaliação automática

Para a avaliação dos conceitos, o resultado pode ser classificado como excelente, apresentando um resultado 0,4% inferior à avaliação manual. Contudo, apenas a média aritmética não é suficiente para se ter uma real dimensão da precisão da classificação dos conceitos. Assim, uma avaliação manual foi conduzida a fim de verificar a proporção dos conceitos corretamente classificados.

Do total dos conceitos dos mapas dos estudantes classificados como iguais a algum conceito de MCR do professor, 96,5% foram classificados corretamente. A Tabela 6.2 apresenta os conceitos que compõem os outros 3,5% que foram classificados como sendo iguais a algum conceito do MCR, quando na verdade não são.

Como é possível perceber, os conceitos presentes no MCR fazem parte dos conceitos presentes nos mapas dos estudantes, no entanto, estes são mais extensos, possuindo em sua maioria, outros conceitos associados.

Tabela 6.2 - Conceitos classificados como iguais quando de fato não são.

Conceito mapa estudante	Conceito MCR
<u>Tecnologias</u> adequadas	<u>Tecnologias</u> da informação
A longevidade <u>da informação</u> digital	Tecnologias <u>da informação</u>
Sociedade <u>da informação</u>	
Manutenção dos <u>documentos digitais</u>	<u>Documentos digitais</u>
Acessibilidade dos <u>documentos digitais</u>	
Fragilidade dos <u>documentos digitais</u>	
Gera inúmeras <u>informações</u>	<u>Informações</u>

Ainda sobre os conceitos, também foi avaliada a precisão dos conceitos classificados como ausentes, ou seja, presentes no MCR mas ausentes no mapa do estudante.

A avaliação manual identificou que 64,1% foi classificado corretamente, não possuindo nenhum par correspondente no mapa do estudante, porém, 35,9% foram classificados incorretamente, possuindo um par equivalente no mapa do estudante. A Tabela 6.3 apresenta os conceitos classificados incorretamente e seu correspondente no mapa do estudante.

Duas situações chamam a atenção nestes dados. Novamente fazendo uso da estatística, 64,2% das classificações incorretas foram para o mesmo conceito, “suporte”, frequente nos mapas dos estudantes, e presente no MCR como “novo suporte”.

A segunda situação chama atenção pelo motivo que gerou a classificação incorreta. Conforme apresentado, as demais ocorrências se devem ao fato de um dos termos está grafado de forma errada, faltando alguma letra ou acento, ou ainda com o plural incorreto, impossibilitando assim compará-lo, encontrar seu lema, ou mesmo sinônimos.

**Tabela 6.3 - Conceitos iguais classificados como diferentes**

<b>Conceito mapa estudante</b>	<b>Conceito MCR</b>
Os cidadãos	cidadãos
Obsolescência tecnologica	Obsolescência tecnológica
Obsolescência tecnologica	
Encapsulamento	Encapsulamento
Política organizacional	Política organizacional
suporte	Novo suporte
suporte	

Para as proposições, conforme constatado nos mapas, uma das causas da diferença na avaliação, especialmente na avaliação exata, se deve ao fato de as frases de ligação do MCR e do mapa do estudante possuírem verbos diferentes, apesar de manterem o mesmo sentido.

A Figura 6.5 ilustra esta situação, apresentando duas proposições presentes em mapas dos estudantes (a, c), e as proposições equivalentes no MCR (b). Outro exemplo é apresentado na Figura 6.6, ilustrando as proposições do mapa do estudante em “a” e as do MCR em “b”.

Na avaliação manual, constatou-se que mantinham o sentido e coerência da proposição, sendo consideradas assim, iguais às do MCR, situação em que apenas uma avaliação sintática não é suficiente para a correta identificação, exigindo também uma avaliação semântica, mais difícil do posto de vista computacional.

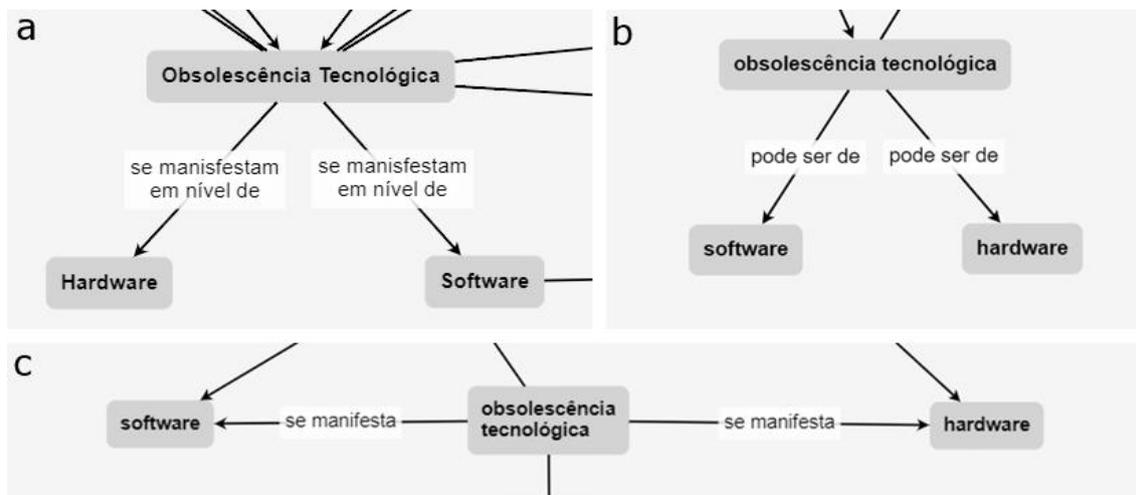


Figura 6.5 - Proposições equivalentes não identificadas na avaliação exata. Mapa dos estudantes em (a, c) e MCR em (b)

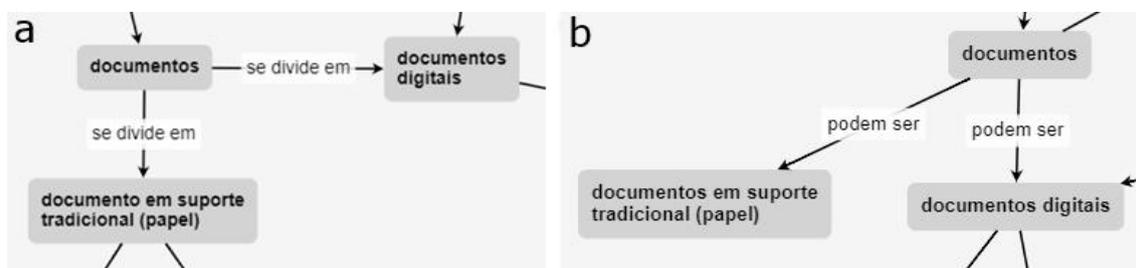
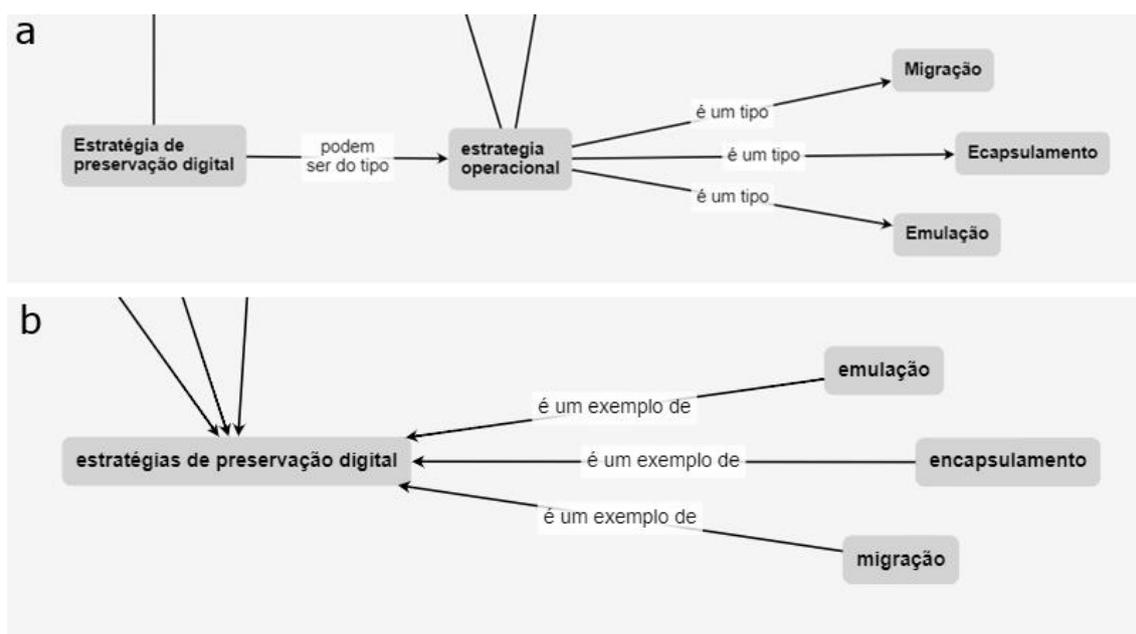


Figura 6.6 - Proposições equivalentes não identificadas na avaliação exata. Mapa do estudante a esquerda (a) e MCR a direita (b)

Outro aspecto que acentuou a diferença na avaliação, foi o fato de que uma proposição presente no MCR do professor pudesse ser expressa em mais de uma proposição no mapa do estudante, e vice versa.

Como o processo de comparação leva em consideração as proposições, sem observar sua posição na estrutura hierárquica, ou a quantidade de níveis, isso ocasionou a não identificação dessas proposições. Um exemplo desta ocorrência é mostrado na Figura 6.7, apresentando parte do mapa do aluno (a) e parte do MCR (b).



**Figura 6.7 - Proposições do MCR em (b) representadas com mais de um nível hierárquico no mapa do estudante em (a)**

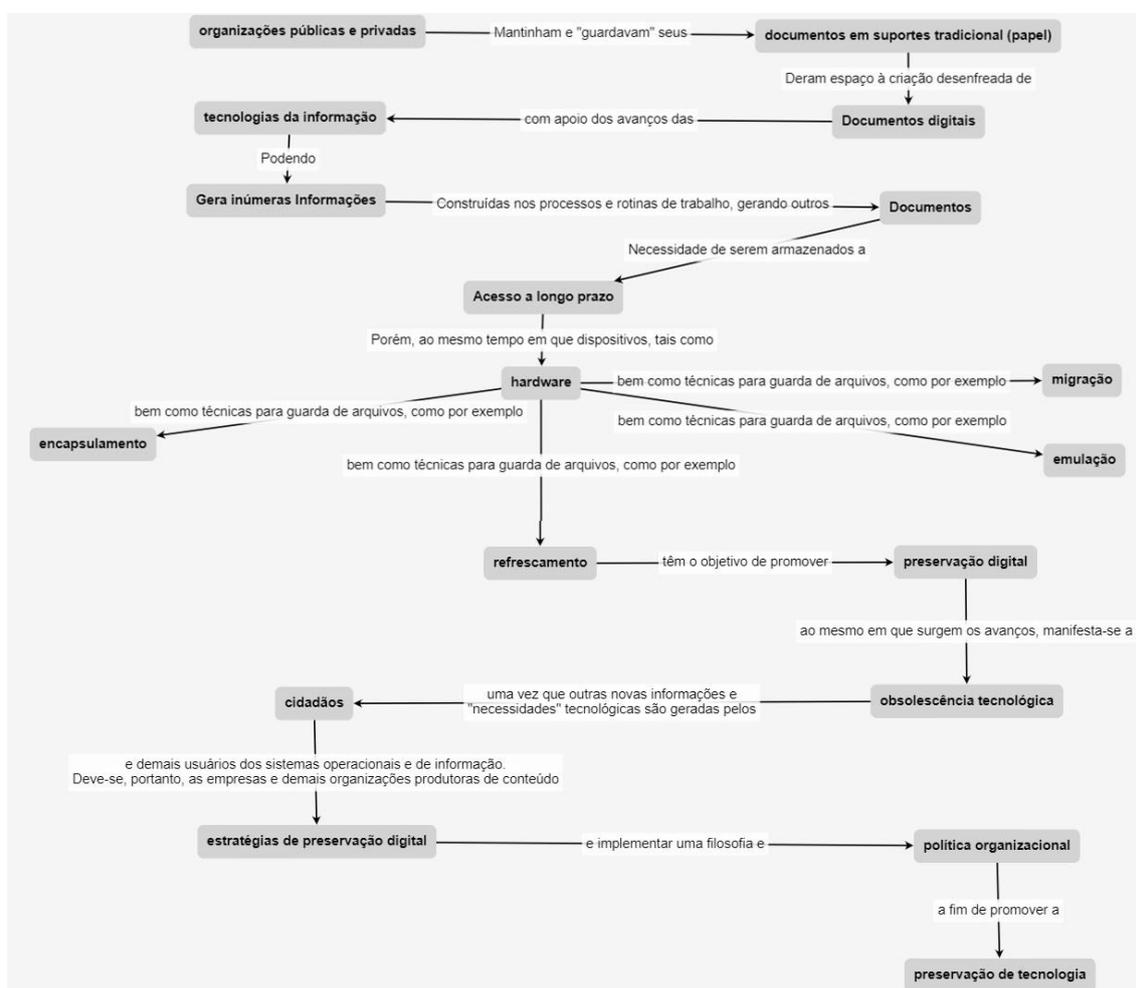
Outro aspecto que pode ajudar a entender a diferença nos resultados da avaliação diz respeito à estrutura dos mapas. Analisando os mapas elaborados pelos estudantes, observamos a existência de: proposições sem a frase de ligação; sem a presença de um verbo ou ainda com uma frase longa, que poderia ser transcrita em mais de uma proposição. Assim, foi possível uma boa classificação pela avaliação aproximada, que não considera a frase de ligação, mas a avaliação exata teve seu desempenho prejudicado.

Estes aspectos tornam mais difícil a avaliação computacional realizada com recursos de PLN, em contrapartida, demonstra também que os estudantes podem não ter adquirido a habilidade necessária à elaboração de bons mapas.

Segundo Novak, o processo de construção de um MC é trabalhoso e demanda esforço cognitivo por parte do construtor, uma vez que exige a identificação de conceitos e como eles se relacionam. Esse processo exercita a aprendizagem significativa defendida por

David Ausubel, que é trabalhosa e difícil, especialmente para estudantes habituados com a aprendizagem mecânica, que exercita a repetição de informações, como ilustra o mapa da Figura 6.8.

Ao fazer a leitura das proposições deste mapa, é possível perceber que se tratam de trechos do texto separados em partes a fim de compor conceitos e frases de ligação. Outro aspecto que demonstra a aprendizagem mecânica é a própria disposição do mapa, em forma de linha, quando o normal é se parecer com uma teia ou uma rede. Mapas em linha não apresentam relações entre os diversos conceitos do mapa, possuindo, em sua maioria, relações unitárias e conceitos com grau 2.



**Figura 6.8 - Mapa com características da aprendizagem mecânica**

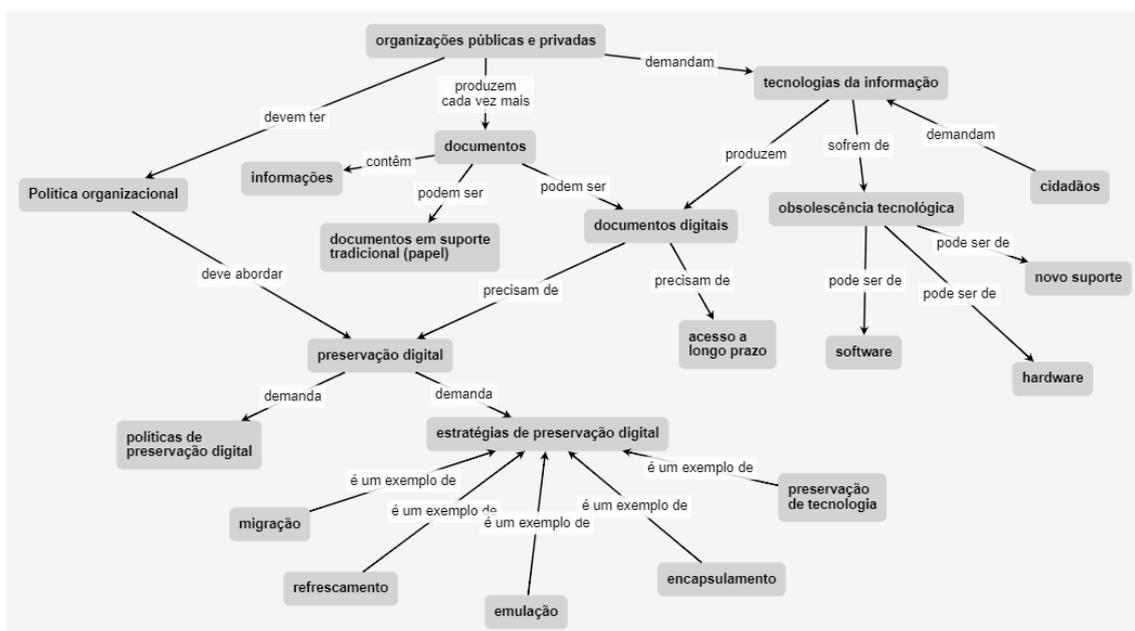
Por fim, como já mencionado, apenas a média pode não representar corretamente a realidade das informações. Assim, uma verificação manual foi conduzida a fim de verificar, dentre as proposições classificadas como pertencentes ao MCR, quais de fato pertenciam.

Para a avaliação exata, que considera os conceitos e a frase de ligação, 100% das proposições classificadas como pertencentes ao MCR estavam corretas.

Para a avaliação aproximada, 61,4% possuíam uma proposição correspondente no MCR, no entanto, 38,6%, apesar de possuir um par correspondente aos conceitos, a frase inserida pelo estudante não era condizente com o sentido da proposição do MCR, ou ainda a ausência da frase de ligação impedia sua real compreensão.

### 6.3.3 - Geração Automática do Mapa do Domínio

Para as três atividades descritas anteriormente, o professor elaborou três MCR apresentados nas Figuras 6.9, 6.10 e 6.11, um para cada atividade, contendo os principais conceitos e relações dos textos trabalhados segundo sua avaliação. Assim, estes três mapas foram utilizados para a geração de um mapa do domínio, apresentado na Figura 6.12, com a finalidade de testar o serviço de geração automática do MCD.



**Figura 6.9 - MCR 1 que responde a seguinte questão focal: As vulnerabilidades dos documentos digitais.**

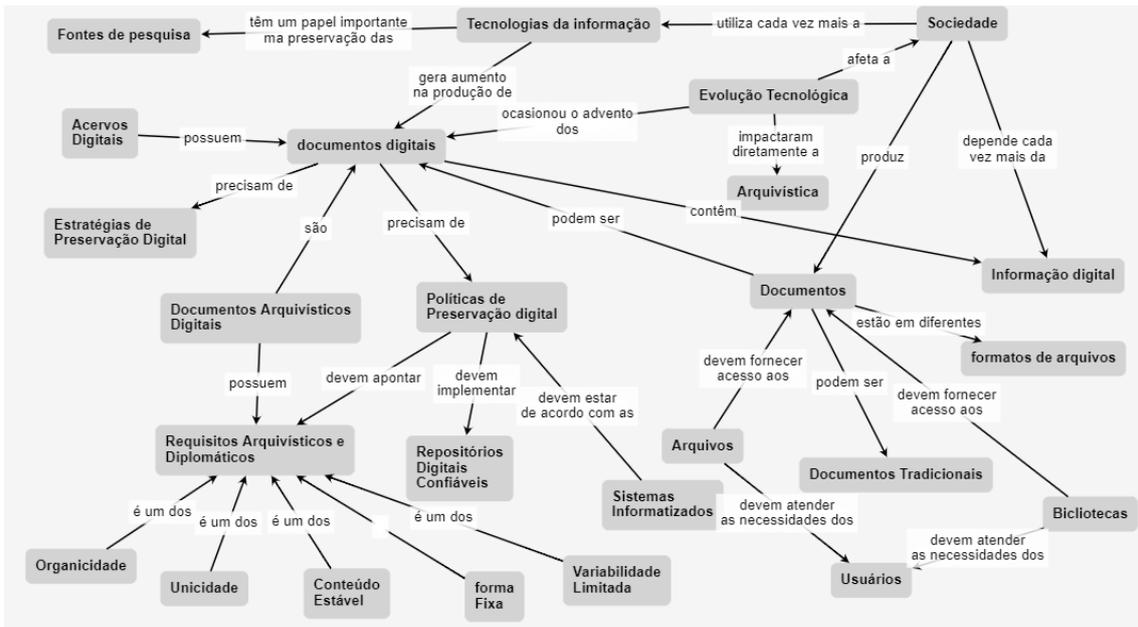


Figura 6.10 - MCR 2, que responde a seguinte questão focal: O documento arquivístico digital enquanto fonte de pesquisa.

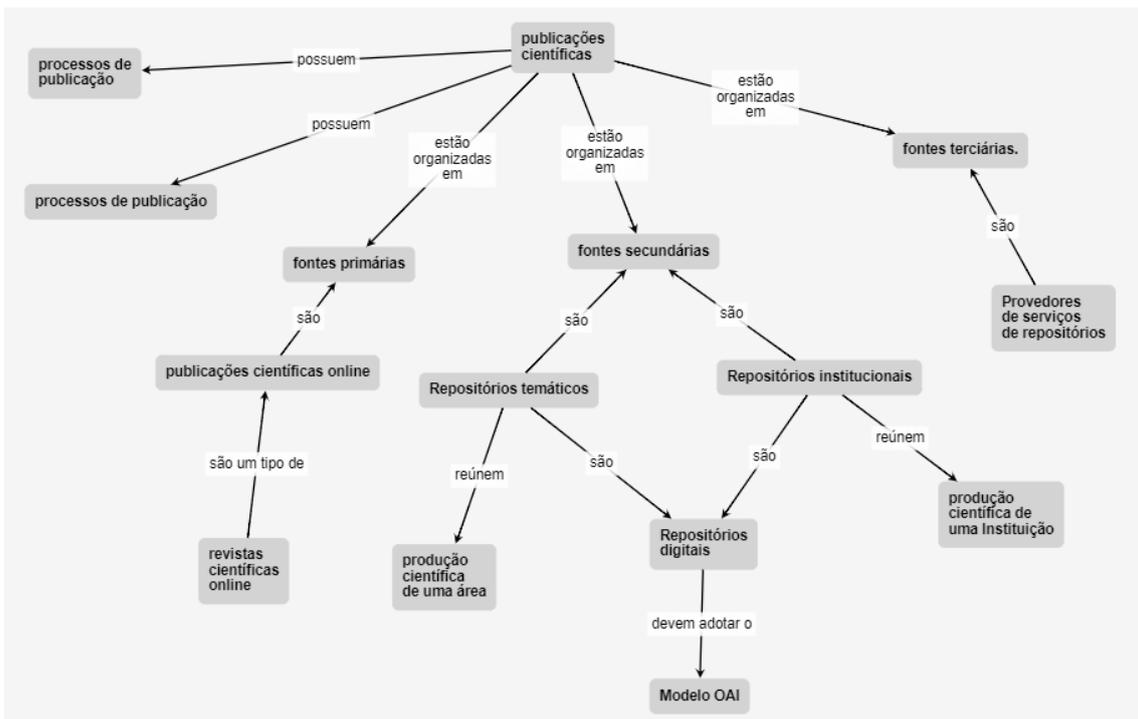


Figura 6.11 - MCR 3, que responde a seguinte questão focal: O papel dos repositórios institucionais e temáticos na estrutura da produção científica.



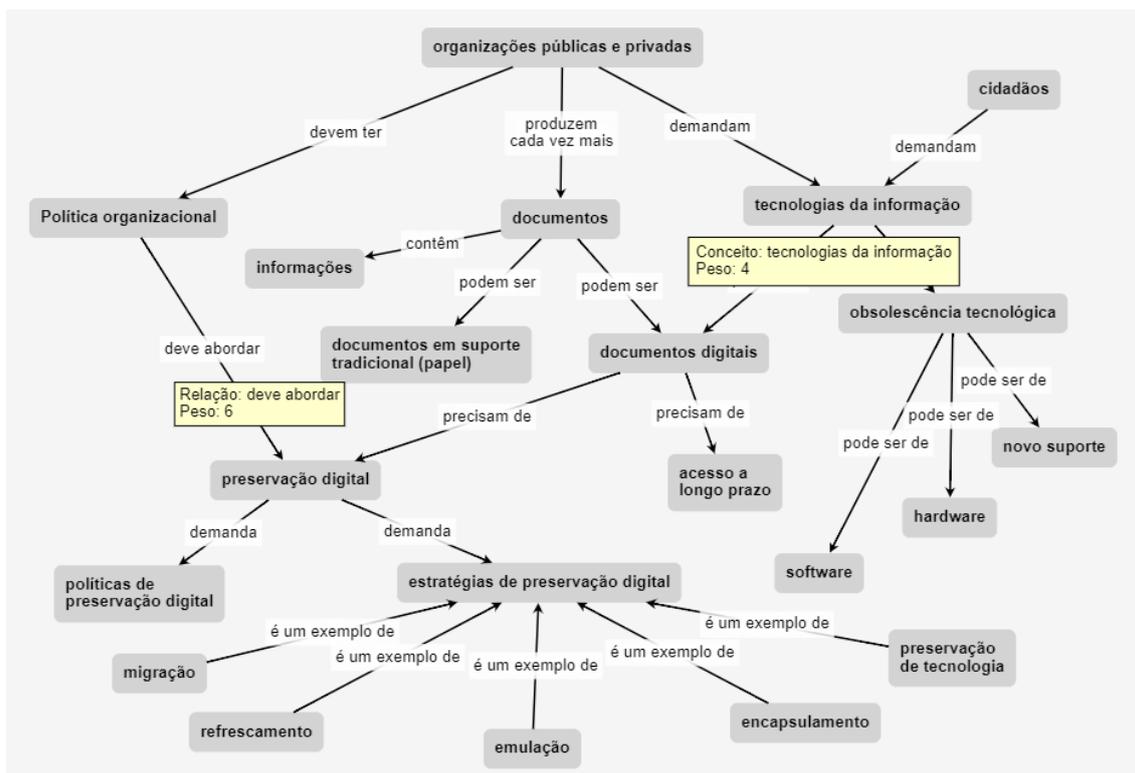


Figura 6.13 - Geração automática de pesos para os conceitos e ligações

## 6.4 – Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo apresentou os resultados obtidos por meio de uma atividade prática em sala de aula, visando observar a utilização da ferramenta em ambiente real, coletar informações dos estudantes por meio de um questionário e gerar dados reais na base de dados com a finalidade de testar os serviços de comparação de mapas, geração automática do mapa do domínio, e geração automática de pesos.

Os resultados obtidos são promissores, apresentando um mapa com pesos coerentes com o número de ligações para os conceitos e proposições, um mapa consistente obtido a partir da junção dos três MCR elaborados pelo professor, e resultados promissores para a comparação dos mapas dos estudantes com o MCR do professor.

No processo de comparação, foi atingido um índice de acerto de 96,5% para os conceitos considerados iguais aos conceitos do MCR. Para as proposições, a avaliação exata obteve um índice de acerto de 100%, enquanto a avaliação aproximada, um índice de acerto de 61,4%. Nesta, 38,6% das proposições, apesar de seus conceitos estarem presentes no MCR, a frase de ligação ou mesmo sua ausência as tornavam diferentes das proposições do MCR.

O processo de comparação deixou evidente a necessidade de mapas bem elaborados e coerentes para a obtenção de bons resultados, assim como revelou uma situação até então não pensada pelos pesquisadores, que foi o fato de uma única proposição do MCR ser representada corretamente pelo estudante em seu mapa, porém possuindo conceitos intermediários em sua composição, apresentando uma hierarquia diferente.

O capítulo seguinte destaca as principais contribuições desta pesquisa.

# Capítulo 7

## Principais Contribuições

---

*Este capítulo apresenta as principais contribuições desta pesquisa para a comunidade.*

*O capítulo está organizado nas seguintes seções: a Seção 7.1 apresenta as contribuições desta pesquisa, cobrindo aspectos científicos na subseção 7.1.1 e aspectos tecnológicos na subseção 7.1.2, e a Seção 7.2, que apresenta as considerações finais do capítulo.*

### 7.1 – Contribuições desta Pesquisa

Toda pesquisa tem como principal objetivo melhorar algum processo ou propor um novo método para solucionar algum problema, se apropriando de parte de um corpo de conhecimento já estabelecido, como ponto de apoio, e então, gerando algum tipo de contribuição, mesmo que seja algo do tipo : “mil e uma maneiras que não funcionam para se resolver o problema x”.

Assim, esta pesquisa se apoiou em inúmeras pesquisas anteriores em diversas áreas, como MCs, tecnologias na educação, grafos, engenharia de software, serviços web, tecnologias web e jogos na educação, com a finalidade de compreender as propostas, mas também estendê-las de alguma forma.

Assim, as subseções seguintes apresentam as principais contribuições desta pesquisa.

#### 7.1.1 – Do Ponto de Vista Científico

Em aspectos científicos, elencamos como principais contribuições desta pesquisa: a revisão da literatura; o estudo acerca dos MCs; a definição proposta para o Mapa Conceitual de Referência (MCR); a arquitetura conceitual; um estudo de caso e três publicações em congressos.

Um estudo da literatura é importante quando se deseja conhecer o estado atual das pesquisas conduzidas em um determinado domínio de conhecimento. Assim, contribuiu com o desenvolvimento da pesquisa aqui apresentada, como pode também contribuir para quem estiver iniciando pesquisas nesta mesma linha ou área correlata.

Os MCs têm sido objeto de estudo em muitos trabalhos de pesquisa conduzidos em diversas partes do mundo. O capítulo 2 aqui apresentado é consistente neste aspecto, apresentando o contexto em que os MCs foram desenvolvidos, seu processo de elaboração, características presentes em bons mapas, uma série de estudos em diversas áreas que endossam sua utilização no dia a dia, assim como pesquisas que buscam evidências de seus benefícios como ferramenta de ensino, avaliação e aprendizagem.

No contexto dos MCs, muitos trabalhos utilizam mapas elaborados por especialistas como parâmetro para atividades avaliativas, no entanto, não havia uma definição formal acerca deste mapa. Assim, foi proposta uma definição para MCRs, caracterizando-os não como um mapa completo, mas como um mapa que possui os conceitos fundamentais acerca de um domínio segundo a visão de seu construtor num dado momento de avaliação.

Essa compreensão se faz importante, uma vez que, um MCR utilizado em uma turma na primeira semana de aula certamente será mais conciso que um MCR utilizado na última semana de aula, porém, ambos os mapas são MCRs, porém, em momentos diferentes.

Uma arquitetura conceitual não é pautada em tecnologias, mas em ideias e processos. Assim, a arquitetura aqui proposta pode ser implementada de diferentes formas com diferentes tecnologias, assim como pode ser estendida, funcionando como base em novos estudos neste domínio de conhecimento.

Estudos de caso são importantes pois embasam propostas conceituais e revelam suas principais limitações. O estudo de caso aqui apresentado produziu resultados animadores, mostrando que é possível e viável um ambiente que integre diversos serviços para se trabalhar com MCs, apoiando o professor desde o momento da elaboração de mapas até o momento da avaliação.

Por fim, esta pesquisa produziu três artigos aceitos em congressos, conforme apresentado na Seção 1.9 do Capítulo 1, reforçando assim sua importância e a necessidade de pesquisas que busquem apoiar o professor em suas abordagens pedagógicas em sala de aula, estudando, apoiando e propondo a inserção de tecnologias no ambiente educacional.

### **7.1.2 - Do Ponto de Vista Tecnológico**

Nos aspectos tecnológicos, as principais contribuições são: a arquitetura tecnológica; o protótipo apresentado; os serviços desenvolvidos para salvar mapas,

comparar mapas, gerar automaticamente um MCD, gerar automaticamente pesos para os conceitos e ligações e o experimento com os estudantes.

Desenvolver uma arquitetura conceitual, integrando diversas tecnologias, é desafiador. Por meio da arquitetura tecnológica aqui proposta, apresentamos uma opção de integração de diversas tecnologias a fim de implementar uma versão da arquitetura conceitual proposta.

O protótipo apresentado tem duas finalidades. Por um lado, demonstra a viabilidade da proposta conceitual, uma vez que foi possível sua materialização por meio de códigos e tecnologias, por outro lado, permitiu experimentos práticos em ambiente real, que possibilitou a coleta de dados e a obtenção de feedback dos estudantes.

Os serviços desenvolvidos também apresentam duplo benefício: sendo utilizados no protótipo apresentado; e estando disponíveis para a comunidade de pesquisadores e desenvolvedores. Estes, podem não apenas utiliza-los, mas também estender estas funcionalidades, podendo assim, implementar serviços mais avançados para se trabalhar com MCs. Informações mais detalhadas sobre os serviços implementados no decorrer desta pesquisa podem ser encontrados no Apêndice B.

Por fim, o experimento com os estudantes foi uma importante etapa na validação da proposta, apresentando boa receptividade da ferramenta, em especial por ser simples de usar, possibilitar a seleção de elementos diretamente do texto e salvar o mapa na web.

## **7.2 - Considerações Finais do Capítulo**

Este capítulo apresentou as principais contribuições desta pesquisa para a comunidade, destacando como principais contribuições científicas: a revisão da literatura; o estudo acerca dos MCs; a definição proposta para Mapa Conceitual de Referência (MCR); a arquitetura conceitual; um estudo de caso e três publicações em congressos.

Como principais contribuições tecnológicas destacou: a arquitetura tecnológica; o protótipo apresentado; os serviços desenvolvidos para salvar mapas, comparar mapas, gerar automaticamente um MCD, gerar automaticamente pesos para os conceitos e ligações e o experimento com os estudantes.

O capítulo seguinte apresenta as conclusões desta pesquisa assim como algumas oportunidades para trabalhos futuros.

# Capítulo 8

## Conclusão e Trabalhos Futuros

---

*Este capítulo apresenta algumas considerações finais sobre a pesquisa aqui desenvolvida, assim como trabalhos futuros que podem estender ou mesmo dar continuidade à proposta aqui apresentada.*

*O capítulo está organizado nas seguintes seções: a Seção 8.1 apresenta as conclusões desta pesquisa e a Seção 8.2 apresenta algumas possibilidades vislumbradas para trabalhos futuros.*

### 8.1 - Conclusões

Os MCs são excelentes ferramentas para apoiar o processo de ensino e avaliação da aprendizagem, contribuindo diretamente no processo de construção do conhecimento do estudante. Contudo, atividades envolvendo MCs são extremamente trabalhosas, exigindo muito tempo do professor e grande esforço cognitivo, especialmente em atividades que envolvam a avaliação e a comparação de mapas.

Esta pesquisa apresentou os MCs como ferramenta de ensino e avaliação da aprendizagem, abordando sua proposta, os passos necessários para a elaboração de bons mapas, e apresentando diversos trabalhos disponíveis na literatura que apresentam atividades desenvolvidas em ambientes reais de sala de aula com diversas aplicações.

Identificando a necessidade de apoio tecnológico, esta pesquisa apresentou a proposta de uma arquitetura tecnológica com a finalidade de apoiar o professor e motivar uma maior utilização de MCs em sala de aula, uma vez que atividades de avaliação e comparação de mapas exigem muito tempo e esforço cognitivo por parte do professor, especialmente em turmas grandes.

Um protótipo da arquitetura proposta foi desenvolvido para o ambiente web, fazendo uso de recursos de PLN como a ontologia Onto.pt e o Cogroo. Sua principal característica reside no fato de suas funcionalidades terem sido desenvolvidas como serviços, permitindo assim, sua utilização pela comunidade e que serviços mais elaborados sejam desenvolvidos a partir destes.

Para o estudante, consiste numa plataforma para criação e manutenção de MCs, que podem ser criados a partir da seleção de elementos diretamente de um texto. Para o professor, consiste num ambiente de apoio à atividades com MCs, auxiliando na elaboração do MCR, na geração automática do MCD, na comparação dos mapas dos estudantes com seu MCR, e ainda na geração automática de pesos para os conceitos e ligações do mapa.

No experimento realizado foi observado boa aceitação por parte dos estudantes. Enquanto alguns disseram preferir o CMapTools, pela quantidade de recursos disponíveis, outros disseram preferir o MapRef justamente pela simplicidade e facilidade de uso. A principal característica que chamou a atenção foi a possibilidade de selecionar elementos diretamente no texto, enquanto a principal crítica recaiu sobre o fato de a ferramenta ainda não suportar ramificação de ligações.

A comparação do MCR com os mapas dos estudantes apresentou resultados promissores, mostrando que é possível uma avaliação automática confiável que apresente um retrato aproximado da realidade da turma. Em contrapartida, deixou claro a dependência de mapas bem estruturados, com conceitos e frases de ligação bem definidos, uma vez que todo o processo é feito com o uso de recursos de PLN.

Na comparação dos conceitos, o processo automático de comparação apresentou um excelente resultado, apresentando apenas 0,4% de diferença da avaliação manual e 96,5% de acerto. Na comparação das proposições, o método de comparação exata identificou uma média de 1,9 proposições do MCR presente nos mapas dos estudantes e acerto de 100%, o método de comparação aproximada identificou uma média de 9 proposições do MCR presentes nos mapas dos estudantes e acerto de 61,4%, enquanto a comparação manual identificou uma média de 6,4.

As principais dificuldades que impactaram no processo de comparação das proposições foi a ocorrência de conceitos e frases de ligação longas, que poderiam ser desmembradas, formando novas proposições, e ainda o fato de uma proposição do MCR ser representada nos mapas dos estudantes com mais de um nível hierárquico, apresentando um ou mais conceitos intermediários.

Um MCD foi gerado automaticamente a partir dos três MCR elaborado pelo professor. O mapa obtido se mostrou um mapa consistente, não apresentando repetição de conceitos ou ligações, não possuindo proposições que não possuam uma frase de ligação

no mapa de origem, nem duplicando proposições repetidas, mostrando-se assim como um método confiável para a mesclagem de mapas e geração de um mapa do domínio.

Apesar de não ter sido desenvolvida nenhuma atividade que fizesse uso de pesos, o serviço foi testado nos MCRs elaborados pelo professor, apresentando ao final do processo um mapa com pesos para cada conceito e cada ligação do mapa, respeitando o grau de cada conceito, como definido no processo de geração automática de pesos.

### 8.1.1 - Questões Norteadoras

Ao longo desta pesquisa foram respondidas as questões norteadoras apresentadas na Seção 1.4, apresentadas de forma resumida a seguir.

(i) Como os MCs são utilizados atualmente em sala de aula?

Como apresentado nos Capítulos 2 e 3, os MCs são utilizados de diferentes formas, como:

- Leitura de textos e elaboração de mapas;
- Revisão de conteúdo;
- Avaliação da aprendizagem;
- Apresentação de conteúdo;
- Técnica de estudo e revisão;
- Comparados com o mapa de referência elaborado por um especialista;

(ii) Há na literatura trabalhos que façam referência à MCR? Como são utilizados?

Há na literatura, conforma apresentado na Seção 2.4, trabalhos que visam a comparação, realizada manualmente, dos mapas elaborados pelos estudantes com um mapa elaborado por um especialista ou mesmo vários especialistas. A esse mapa, os autores chamam de mapa referência ou mapa modelo, considerando-o como um mapa completo e correto sobre um determinado domínio do conhecimento.

(iii) É possível atribuir peso aos conceitos e ligações a fim de quantificar a importância de cada um no mapa de referência?

Sim. No estudo da estrutura matemática chamada grafo, há o conceito de grau de um vértice. O grau de um vértice é representado pela quantidade de ligações que o mesmo possui. Assim, se um vértice possui uma ligação, seu respectivo grau será 1, se um vértice

possui cinco ligações, seu respectivo grau será 5, evidenciando assim, a importância do vértice no grafo.

Por meio de um mapeamento entre um MC e a estrutura matemática grafo, é possível interpretar cada conceito como sendo um vértice, calculando assim seu grau. Uma vez que cada conceito possui seu peso, estes então são utilizados para gerar o peso da ligação. Como o grau está diretamente associado a quantidade de ligações, evidencia assim a importância do conceito no MC, uma vez que um conceito que possui muitas ligações tende a ser mais importante que um conceito que possui poucas ligações.

(iv) Como ferramentas de PLN para a Língua Portuguesa podem contribuir em atividades com MCs?

Como apresentado ao longo do trabalho, as ferramentas de PLN permitem marcações como a análise morfológica, lematização e a obtenção de listas de sinônimos, permitindo assim, a identificação de proposições similares ou mesmo iguais, essenciais em atividades automáticas ou semiautomáticas de construção, comparação e avaliação de MCs.

## 8.2 - Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, há algumas melhorias que podem ser feitas no protótipo apresentado, assim como novos recursos que podem ser implementados.

O primeiro aspecto a ser melhorado recai sobre a principal crítica feita pelos estudantes, implementando no editor de mapas o recurso para ramificação de ligações, melhorando a conexidade do mapa, sua organização visual, e facilitando seu processo de elaboração.

Na sequência, se faz necessário um estudo da hierarquia dos MCs e como incorporar esta verificação no processo de comparação de mapas. O processo de comparação não identificou no mapa do estudante proposições presentes no MCR por possuírem níveis hierárquicos diferentes, com conceitos secundários intermediários, mas que mantinham o sentido quando lidas.

Duas integrações com outros serviços do mesmo grupo de pesquisa também estão previstas: integrar a ferramenta com o serviço de geração automática de mapas a partir de texto, sendo mais um facilitador para o professor que dispõe de pouco tempo; e a integração com o serviço de limpeza de mapas, que visa auxiliar na identificação de diversas inconsistências em MCs, produzindo assim um mapa mais consistente.

Visando tornar a ferramenta mais abrangente, é possível também a inserção de agentes inteligentes, acompanhando o processo de elaboração do mapa. Por exemplo, fornecendo feedback em tempo real, evitando assim que pequenos equívocos se propaguem por todo o mapa, ou ainda consultando dicionários e repositórios na web e fornecendo dicas de conceitos relacionados ao texto trabalhado.

Este agente pode ainda proceder com a correção gramatical do texto inserido pelo estudante, identificando assim, erros gramaticais que podem prejudicar o processo de comparação e mesclagem de mapas.

Outra possibilidade reside na etapa de comparação do mapa dos estudantes com o MCR, onde um relatório também pode ser endereçado a cada estudante e não apenas ao professor, assim, o estudante tem a oportunidade de verificar o que pode ser melhorado. Nesta etapa, identificações visuais também podem ser implementadas, indicando de forma visual nos mapas as partes coincidentes.

Ainda sobre feedback, também é interessante abrir espaço para que o professor possa inserir suas observações sobre o mapa de cada estudante, uma vez que estudos apontam como sendo de fundamental importância para o estudante aprimorar suas habilidades de elaboração de bons mapas (BOUJAOUDE & ATTIEH, 2008).

Fazendo uso dos pontos gerados automaticamente, recursos gamificados podem ser inseridos, promovendo atividades colaborativas e campeonatos online.

Por fim, também se faz interessante adicionar opção de importação e exportação de mapas em diferentes formatos, especialmente no formato adotado pelo CMapTools, software mais utilizado atualmente para se trabalhar com MCs.

## Referências

---

- ABREU, K. C. K. **História e usos da Internet**. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/abreu-karen-historia-e-usos-da-internet.pdf>. 2009. Acesso em: 13 de março de 2018.
- AGAPITO, F. M., & STROHSCHOEN, A. A. G. **Aprendizagem baseada em problemas e mapa conceitual: uma experiência com alunos do Curso de pedagogia**. Revista Signos, 37(2). 2016.
- AGUIAR, C. Z. (2017) **Concept Maps Mining for Text Summarization**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: [http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_11160\\_CamilaZacche\\_dissertacao\\_final.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_11160_CamilaZacche_dissertacao_final.pdf). Acessada em: 23/07/2018.
- AGUIAR, C. Z., & CURY, D. **A categorization of technological approaches to concept maps construction**. In Learning Objects and Technology (LACLO), Latin American Conference on (pp. 1-9). IEEE. 2016.
- AGUIAR, C. Z., CURY, D., & GAVA, T. **Um Estudo sobre Abordagens Tecnológicas para a Geração de Mapas Conceituais**. In XX Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE). 2015
- AGUIAR, C. Z., CURY, D., & GAVA, T. **Uma Abordagem Tecnológica para a Construção de Mapas Conceituais**. In XX Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE). 2015.
- AGUIAR, C. Z., CURY, D. & ZOUAQ, A. **Mineração de Mapas Conceituais para Sumarização de Textos**. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE). p. 57. 2017.
- ALSHAMMARI, M. K. **The Effect Of Conceptual Maps Strategy In Teaching Foundations Curriculum On The Achievement Of Students Of Afif Education College In Saudi Arabia**. British Journal of Education, 3(4), 37-47. 2015.
- ÁLVAREZ-MONTERO, F.J., SÁENZ-PÉREZ, F., & VAQUERO-SÁNCHEZ, A. **Using Datalog to provide just-in-time feedback during the construction of concept maps**. Expert Systems with Applications. v. 42, n. 3, p. 1362-1375. 2015.

- ALVES, S. C., REIS, E., CAVALCANTE, D. A., & SILVA, M. G. V. **Mapas Conceituais Como Ferramenta Facilitadora Da Aprendizagem Do Ensino De Química Orgânica.** *Conexões-Ciência e Tecnologia*, 9(4), 98-104. 2015.
- AMARAL, M. A., E QUEVEDO, S. R. P. **Modelagem em um ambiente virtual de aprendizagem inclusivo: uso de mapas conceituais.** *InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação*, 10(2), 137-156. 2013.
- AMORIM, M. T. C. F., CURY, D., & MENEZES, C. S. D. **Sobre a aplicação de ontologias para orientar agentes a responder perguntas.** *Revista brasileira de informática na educação*. Florianópolis. Vol. 22, n. 3, p. 1-12. 2014.
- ANDRADE, J. P. B., OLIVEIRA, M., GONÇALVES, E. J. T., & MAIA, M. E. F. **Uma Abordagem com Sistemas Multiagentes para Controle Autônomo de Casas Inteligentes.** XIII Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional (ENIAC). 2016.
- ARAÚJO, A. M. T., DE MENEZES, C. S., & CURY, D. **Um ambiente integrado para apoiar a avaliação da aprendizagem baseado em mapas conceituais.** *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)* (Vol. 1, No. 1, pp. 49-59). 2002.
- ARAÚJO, A. M. T., DE MENEZES, C. S., & CURY, D. **Apoio automatizado à avaliação da aprendizagem utilizando mapas conceituais.** *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. (Vol. 1, No. 1, pp. 287-296). 2003.
- ASSIS, D. V., PERIN, W. A., CURY, D., & VASSOLER, G. A. **VMAP: Caracterização de uma Abordagem Para Verificação Sintática e Semântica de Mapas Conceituais.** In *Proceedings of the Sixth Int. Conference on Concept Mapping (CMC)*. p. 514-521. 2014.
- BAI, S. M., E CHEN, S. M. **Automatically constructing concept maps based on fuzzy rules for adapting learning systems.** *Expert systems with Applications*, 35(1-2), 41-49. 2008.
- BETEMPS, M. A., MANZKE, V. B., BOBROWSKI, V. L., FREITAG, R. A., & BUSS, C. D. S. **A Utilização de Mapas Conceituais na Compreensão de Novas Tecnologias na Educação.** *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. João Pessoa/PB. Anais do, 21. 2010.

- BERGES, M., & HUBWIESER, P. **Concept specification maps: displaying content structures.** In Proceedings of the 18th conference on Innovation and technology in computer science education (pp. 291-296). ACM. 2013.
- BOUJAOUDE, S., & ATTIEH, M. **The Effect of Using Concept Maps as Study Tools on Achievement in Chemistry.** Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 4(3). 2008.
- BOWEN, B. L. & MEYER, M. M. **Applying Novak's New Model of Education to Facilitate Organizational Effectiveness, Professional Development and Capacity-Building for the New Teacher Alliance.** Proc. of the Third Int. Conference on Concept Mapping (CMC). Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland. 2008.
- BREMGARTNER, V., NETTO, J. F., & DE MENEZES, C. **Explorando arquiteturas pedagógicas recomendadas por meio de agentes e ontologia de modelo do aluno em ambientes virtuais de aprendizagem.** In Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). Vol. 26, No. 1, p. 1157. 2015.
- BROGGY, J. & MCCLELLAND, G. **Integrating Concept Mapping into Higher Education: A Case study with Physics Education Students in an Irish University.** British Educational Research Association Annual Conference, University of Manchester. 2009.
- CALDAS, V. M., & FAVERO, E. L. **Uma Ferramenta de Avaliação Automática para Mapas Conceituais como Auxílio ao Ensino em Ambientes de Educação a Distância.** In Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). Vol. 1, No. 1. 2009.
- CAÑAS, A. J., COFFEY, J. W., CARNOT, M. J., FELTOVICH, P., HOFFMAN, R. R., FELTOVICH, J., & NOVAK, J. D. **A summary of literature pertaining to the use of concept mapping techniques and technologies for education and performance support.** Report to the Chief of Naval Education and Training. 2003.
- CAÑAS, A. J., & CARVALHO, M. M. **Mapas Conceituais e IA: uma união improvável?** Brazilian Journal of Computers in Education, 13(1). 2005.
- CAVONE, D., DE CAROLIS, B., FERILLI, S., & NOVIELLI, N. **An Agent-based Approach for Adapting the Behavior of a Smart Home Environment.** In WOA (pp. 105-111). 2011.

- CHARSKY, D. **Making a connection: game genres, game characteristics, and teaching structures.** In R. Van Eck (Ed.), *Gaming and cognition: Theories and perspectives from the learning sciences* (pp. 189-212). Hershey, PA: IGI Global. 2010.
- CHARSKY, D. e RESSLER, W. **“Games are made for fun”: Lessons on the effects of concept maps in the classroom use of computer games.** *Computers & Education*, 56(3), 604-615. 2011.
- CHEN, S. M., & BAI, S. M. **Using data mining techniques to automatically construct concept maps for adaptive learning systems.** *Expert Systems with Applications*, 37(6), 4496-4503. 2010.
- CHEN, S. M., E SUE, P. J. **Constructing concept maps for adaptive learning systems based on data mining techniques.** *Expert Systems with Applications*, 40(7), 2746-2755. 2013.
- CHEN, N. S., KINSHUK, WEI, C. W., & CHEN, H. J. **Mining e-Learning domain concept map from academic articles.** *Computers & Education*, 50(3), 1009-1021. 2008.
- CHO, K., KIM, S. I., & YUN, S. H. **The design and implementation of an active peer agent providing personalized user interface.** In *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems* (pp. 62-68). Springer, Berlin, Heidelberg. 2005.
- CHUA, F. F., & LEE, C. S. **The effects of learning goals and modelling on virtual collaboration: a case study on the Merlin agent-assisted collaborative concept map.** *International Journal of Web Based Communities*, 3(2), 229-248. 2007.
- COGO, A. L. P., PEDRO, E. N. R., SILVA, A. P. S. S. D., & SPECHT, A. M. **Avaliação de mapas conceituais elaborados por estudantes de enfermagem com o apoio de software** *Texto & contexto enfermagem*. Florianópolis. Vol. 18, n. 3 (jul./set.), p. 482-488. 2009.
- CORREA, E. C. D., LUCAS, E. R. D. O., & MULLER, V. F. **Conexão entre competência em informação e as disciplinas fontes de informação e serviço de referência: um mapa conceitual.** *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação (RDBCI)*. 16(2), 501-521. 2018.

- CORREIA, P., CABRAL, G., & AGUIAR, J. **Cmaps with Errors: Why not? Comparing Two Cmap-Based Assessment Tasks to Evaluate Conceptual Understanding.** In International Conference on Concept Mapping (pp. 1-15). Springer, Cham. 2016a.
- CORREIA, P. R. M.; AGUIAR, J. G.; VIANA, A. D. & CABRAL, G. C. P. **Por Que Vale a Pena Usar Mapas Conceituais no Ensino Superior?** Revista de Graduação USP, 1(1), 41-51. 2016b.
- CUNHA, M. M., CUNHA, S. N., & DOMINGUES, A. S. D. O. L. **Contribuição dos textos, imagens, recursos audiovisuais, mapas conceituais e jogos eletrônicos no processo de explicação de conteúdos.** Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional, 9(1). 2016.
- DAVIS, J., LEELAWONG, K., BELYNNE, K., BODENHEIMER, B., BISWAS, G., VYE, N., & BRANSFORD, J. **Intelligent user interface design for teachable agent systems.** In Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces (pp. 26-33). ACM. 2003.
- DE AGUIAR, L., GONÇALVES, K., & MENEZES, A. P. **O Mapa Conceitual Como Método De Avaliação No 7º Ano Do Ensino Fundamental.** Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências, 2(4), 128-136. 2009.
- DE AGUIAR, J. G., & CORREIA, P. R. M. **Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento.** Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências, 13(2), 141-157. 2013.
- DE CAMARGO, R. A. A., GONÇALVES, M. F. C., & SILVA, M. A. I. **A Articulação De Conhecimentos Pedagógicos Pelo Mapa Conceitual Na Formação Docente Em Enfermagem: Uma Abordagem Histórico Cultural.** Proc. of the Seventh Int. Conference on Concept Mapping. 2016.
- DE CASTRO, R. N., PERIN, W. A., & CURY, D. **Layouts Automáticos para Mapas Conceituais - Um serviço integrado a uma plataforma de serviços web.** In XX Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE). 2015.
- DE FARIA ROZENFELD, C. C. **Planejamento de cursos online para professores de alemão: parâmetros em mapa conceitual.** Pandaemonium Germanicum, 16(22), 279-303. 2013.

- DE FREITAS FILHO, J. R. **Mapas conceituais: estratégia pedagógica para construção de conceitos na disciplina química orgânica.** Ciências & Cognição, 12. 2007.
- DE LIMA, D. P., NETTO, J. F., & GASPAR, W. **Um Sistema Multiagente que Caracteriza as Relações Sociais entre Alunos de um Ambiente Virtual de Aprendizagem.** In Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). Vol. 25, No. 1, p. 1163. 2014.
- DE LORENA STANZANI, E., BROIETTI, F. C. D., BEBER, S. Z. C., & MARCOLINI, G. A. M. **Mapas Conceituais e a Abordagem dos Três Momentos Pedagógicos: Integrando Estratégias Para o Ensino de Química.** Disponível em: <http://www.sinect.com.br/anais2014/anais2014/artigos/ensino-de-quimica/01407847693.pdf> Último acesso em: 14/08/2018. 2014.
- DE MARINS, M. C. E. P., DA SILVA MACUCH, R., & LUCENA, T. F. R. **Mapas Conceituais Como Objetos De Aprendizagem Na Prática Docente No Campo Da Saúde.** Disponível em: [https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2015/wp-content/uploads/sites/65/2016/07/maria\\_carolina\\_escorica\\_pereira\\_de\\_marins\\_1.pdf](https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2015/wp-content/uploads/sites/65/2016/07/maria_carolina_escorica_pereira_de_marins_1.pdf) Último acesso em: 14/08/2018. 2015
- DE MEDEIROS, L. F., MOSER, A., & DOS SANTOS, N. **Assistente de conhecimento conceitual como um sistema intencional para processos tutoriais em educação a distância.** Perspectivas em Gestão & Conhecimento, 5(1), 155-168. 2015.
- DE MORAIS, M. A., HIRANO, F. W., DE ARAUJO, T., & DE NERY, G. **Use of Concept Maps as a strategy for Teaching-Learning and Assessment Tool in Geography Lessons.** Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/13ef/9c9600c5324c530d360bd5c9a7be7a2011e8.pdf> Último acesso em: 14/08/2018. 2016.
- DE SOUZA, F. S. L., BOERES, M. C. S., CURY, D., DE MENEZES, C. S., & CARLESSO, G. **Uma Abordagem para Comparação de Mapas Conceituais utilizando Correspondência de Grafos.** RENOTE, 4(2). 2006.
- DOS SANTOS, M. A. R., & FAVERO, E. L. **Mchq-alfa: Uma proposta de ferramenta para aprendizagem da língua portuguesa na educação de surdos utilizando o potencial das histórias em quadrinhos mediada por mapa conceitual.** RENOTE, 12(1). 2014

- ESQUIVEL, A. L., PAIXÃO, V. V., ALMEIDA, J. L., DA SILVA, M. L., DOS SANTOS, L. D., & CRUZ, M. C. P. **Mapas conceituais como ferramenta de ensinagem para os conteúdos de química no ensino técnico.** Revista Vivências em Educação Química (Reveq), 2(2), 58-69. 2016.
- FAILY, S., LYLE, J., PAUL, A., ATZENI, A., BLOMME, D., DESRUELLE, H., & BANGALORE, K. **Requirements sensemaking using concept maps.** In International Conference on Human-Centred Software Engineering. pp. 217-232. Springer, Berlin, Heidelberg. 2012.
- FARIAS, A. F., AGOSTINHO, L., FAINA, L. F., GUIMARÃES, E. G., CARDOZO, E. & COELHO, P. R. **Um Framework para Web Labs SOA aplicado em um Domínio de Serviços Diferenciados.** In Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). v. 18, n. 1, p. 127-130. 2007.
- FARIAS, M. G. G. & DE FARIAS, G. B. **Aplicação de mapas conceituais como ferramentas didático-pedagógicas na área de recursos e serviços de informação.** Biblios, n. 63, p. 13-27. 2016.
- FATEMEH, H., AHMAD, K., & MOHAMMAD, D. M. **ICMAP: An interactive tool for concept map generation to facilitate learning process.** Procedia Computer Science. N. 3, p. 524-529. 2011.
- FELIPA, P. R. A. S. & MENDONÇA, C. A. S. **O Mapa Conceitual Como Recurso Didático Facilitador Da Aprendizagem Significativa De Conceitos Sobre O Tema Nutrição.** Revista Internacional de Aprendizaje en Ciencia, Matemáticas y Tecnología, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 39-54, abr. 2016. ISSN 2386-8791.
- FERNANDES, E. **David Ausubel e a Aprendizagem Significativa.** Disponível em: <http://historias.interativas.nom.br/aulas/wp-content/uploads/2017/03/AprendizagemSignificativa.pdf> Último acesso em 24/07/2018. 2011.
- FERNANDES, F. A. **VisAr3d-Dynamic: Uma Abordagem para Apoiar a Compreensão do Comportamento Dinâmico de Software por meio de Realidade Virtual.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/publicacao/2772.pdf> . Último acesso em: 23/07/2018. 2017.

- FERNANDES, R. C. A. & MEGID NETO, J. **Modelos educacionais em 30 pesquisas sobre práticas pedagógicas no ensino de ciências nos anos iniciais da escolarização.** *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.17, n.3, p. 641-662, 2012.
- FIGUEIREDO, L. A. A., & SALES, R. D. **Mapas conceituais na perspectiva instrumental da organização do conhecimento.** XVII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (XVII ENANCIB). 2016.
- FONTANINI, C. A., KRASST, J., & BOMFIM, E. L. **A Utilização Dos Mapas Conceituais Na Formação Continuada Dos Professores Universitários.** *Revista Competência*, 9(2), p. 37-52. 2016.
- FREITAS, N. C. A., DE MOURA, C. D. G., & DOS SANTOS SILVA, M. P. **Sistema Multiagente para Mineração de Imagens de Satélite.** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. p. 7351-7358. 2015.
- GIL, A. C., **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6°. ed. São Paulo. Atlas. 2008.
- GOMES, A. P., DIAS-COELHO, U. C., CAVALHEIRO, P. D. O., & SIQUEIRA-BATISTA, R. **O Papel dos Mapas Conceituais na Educação Médica.** *Revista Brasileira de Educação Médica*, 35(2), p. 275-282. 2011.
- GOMES, F. D., VASQUES, D. G., JARAMILLO, J. F. G., DOS SANTOS, G. S., ANUNCIÇÃO, P. F., BAIOCO, G. B., & ZAMBON, A. C. **Uso de Métodos de Representação do Conhecimento e Estilos de Aprendizagem na Elaboração de Estratégias de Ensino.** In VII Congresso Mundial de Estilos de Aprendizagem. 2016.
- GONÇALVES, W. R., & ALVES, G. V. **Smart Parking: Mecanismo de Leilão de Vagas de Estacionamento Usando Reputação Entre Agentes.** In Anais do IX Workshop-Escola de Sistemas de Agentes, seus Ambientes e Aplicações (WESAAC). 2015.
- GRAUDINA, V., & GRUNDSPENKIS, J. **Algorithm of concept map transformation to ontology for usage in intelligent knowledge assessment system.** In Proceedings of the 12th International Conference on Computer Systems and Technologies. p. 109-114. ACM. 2011.
- GUERRA, J. H. L. **Utilização do Computador no Processo de Ensino-Aprendizagem: uma Aplicação em Planejamento e Controle da Produção.** Dissertação (Mestrado). P. 173. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. 2000.

- GUPTA, R., WU, Y., & BISWAS, G. **Teaching about Dynamic Processes a Teachable Agents Approach.** In AIED. p. 241-248. 2005.
- GURUPUR, V. P., JAIN, G. P., & RUDRARAJU, R. **Evaluating student learning using concept maps and Markov chains.** Expert Systems with Applications, v. 42, n. 7, p. 3306-3314. 2015.
- HALL, A., & VIRRANTAU, K. **Visualizing the workings of agent-based models: Diagrams as a tool for communication and knowledge acquisition.** Computers, Environment and Urban Systems, 58, 1-11. 2016.
- HWANG, G. J., KUO, F. R., CHEN, N. S., & HO, H. J. **Effects of an integrated concept mapping and web-based problem-solving approach on students' learning achievements, perceptions and cognitive loads.** Computers & Education, 71, p. 77-86. 2014.
- HWANG, G. J., SHI, Y. R., & CHU, H. C. **A Concept Map Approach to Developing Collaborative Mindtools for Context-Aware Ubiquitous Learning.** British Journal of Educational Technology, 42(5), p. 778-789. 2011.
- HWANG, G. J.; YANG, L. H. & WANG, S. Y. **A Concept Map-Embedded Educational Computer Game for Improving Students' Learning Performance in Natural Science Courses.** Computers & Education, 69, p. 121-130. 2013.
- JOHNSON, S. **Como chegamos até aqui.** Ed. Zahar. 2015.
- JÚNIOR, A. J. V., & PRINCIVAL, G. C. **Modelos didáticos e mapas conceituais: biologia celular e as interfaces com a informática em cursos técnicos do IFMS.** HOLOS, 2, p. 110-122. 2014.
- KAFER, G. A., & MARCHI, M. I. **Aprendizagem sobre soluções por meio de atividades experimentais e construção de mapas conceituais.** Ciência e Natura, 38(1). 2016.
- KIM, S. I., YUN, S. H., YOON, M. S., SO, Y. H., KIM, W. S., LEE, M. J., CHOI D. S. E LEE, H. W. **Design and implementation of the KORI: Intelligent teachable agent and its application to education.** In International Conference on Computational Science and Its Applications. p. 62-71. Springer. 2005.
- KILIC, M., & CAKMAK, M. **Concept Maps as a Tool for Meaningful Learning and Teaching in Chemistry Education.** International journal on new trends in education and their implications, 4(4), p. 152-164. 2013.

- KORDAKI, M., & PSOMOS, P. **Diagnosis and Treatment of Students' Misconceptions with an Intelligent Concept Mapping Tool.** *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 191, p. 838-842. 2015.
- KOWATA, J. H., CURY, D., & BOERES, M. C. S. **Caracterização das Abordagens para Construção (Semi) Automática de Mapas Conceituais.** In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. Vol. 1, No. 1. 2009.
- KOWATA, J. H., CURY, D., & BOERES, M. C. S. **Em direção à construção automática de Mapas Conceituais a partir de textos.** *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 20(1), 33. 2012.
- KUAN, C. L., LEE, C. S., & HO, C. K. **Agent-Assisted Collaborative Concept Map.** In *Advanced Learning Technologies*. IEEE. p. 282-283. 2003.
- LĂCRĂMIOARA, O. C. **New Perspectives About Teacher Training: Conceptual Maps Used for Interactive Learning.** *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 180, p. 899-906. 2015.
- LAMAS, F., BOERES, C., CURY, D., & DE MENEZES, C. S. **Comparando mapas conceituais utilizando correspondência de grafos.** In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. Vol. 1, No. 1, p. 24-27. 2005.
- LAQUEY, T. & RYER, J. **O manual da internet: um guia introdutório para acesso às redes globais.** Rio de Janeiro. Campus, 1994.
- LÂ, R. B. P. & LIMA-TAVARES, D. A. **A Formação De Professores De Ciências Biológicas No Âmbito Da Educação A Distância (EAD): Um Estudo Do Currículo Na Abordagem Dos Mapas Conceituais.** *Revista da SBEnBio*. N. 9. 2016.
- LEE, J. H., & SEGEV, A. **Knowledge Maps For E-Learning.** *Computers & Education*, 59(2), p. 353-364. 2012.
- LIU, P. L. **Using Eye Tracking To Understand Learners' Reading Process Through The Concept-Mapping Learning Strategy.** *Computers & Education*, 78, p. 237-249. 2014.
- LIU, S. H., & LEE, G. G. **Using A Concept Map Knowledge Management System To Enhance The Learning Of Biology.** *Computers & Education*, 68, p. 105-116. 2013.
- LOVATI, M.; CURY, D.; AGUIAR, C. & AZEREDO, R. **Clusterizando Mapas Conceituais para Identificar Desempenho Cognitivo em Grupos.** In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. Vol. 28, No. 1, p. 1397. 2017.

- MACEDO, R. C. C. G. **O Uso de SMS em Sala de Aula de Língua Inglesa: Limites e Possibilidades.** Dissertação (Mestrado em Linguística Letras e Artes) - Universidade Federal de Uberlândia. 2008.
- MACHADO, V. B., GROEN, R. & BREDEWEG, B **Towards Support in Building Qualitative Knowledge Models.** Proceedings of the 19th Workshop on Qualitative Reasoning. 2005.
- MARCONDES, C. H. & GOMES, S. L. R. **O Impacto da Internet nas Bibliotecas Brasileiras.** Transinformação, V. 9, n° 2, p. 57-68, maior/agosto. 1997.
- MARRIOTT, R. D. C. V., & TORRES, P. L. **Mapas Conceituais Uma Ferramenta Para A Construção De Uma Cartografia Do Conhecimento.**
- MARTÍNEZ, G., PÉREZ, Á. L., SUERO, M. I., & PARDO, P. J. **The Effectiveness of Concept Maps in Teaching Physics Concepts Applied to Engineering Education: Experimental Comparison of the Amount of Learning Achieved With and Without Concept Maps.** Journal of Science Education and Technology, 22(2), p. 204-214. 2013.
- MARTINS, R., & MENEGUZZI, F. **A Smart Home Model Using Jacamo Framework.** In Industrial Informatics (INDIN). 12th IEEE International Conference. p. 94-99. 2014.
- MARTINS, R. L. C., DOS SANTOS SOUZA, N., PAMPLONA, M. H., DE PAULA BASTOS FILHO, R., DA COSTA PEIXOTO, K. C. Q., & LINHARES, M. P. **Mapas Conceituais Em Aulas De Biologia, Física E Química: Uma Abordagem Integrada Do Conceito Energia.** VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (Enpec).2009.
- MATOS, M. A. **Behaviorismo metodológico e behaviorismo radical.** Psicoterapia comportamental e cognitiva: pesquisa, prática, aplicações e problemas, p. 27-34. 1995.
- MENDES, A. A. P., & DE REZENDE, E. T. **O uso de mapas conceituais para leitura de textos filosóficos em sala de aula no Ensino Médio.** Revista do NESEF, v. 3, n. 3, p. 35-48, Jun./Jul./Ago./Set. 2013.
- MOEN, P. **Concept Maps as a Device for Learning Database Concepts.** In 7th Workshop on Teaching, Learning and Assessment in Databases. 2009.

- MOLINARI, G. **From Learners' Concept Maps of Their Similar or Complementary Prior Knowledge to Collaborative Concept Map: Dual Eye-Tracking and Concept Map Analyses.** *Psychologie française*. 2015.
- MORFIDI, E.; MIKROPOULOS, A. & ROGDAKI, A. **Using Concept Mapping To Improve Poor Readers' Understanding Of Expository Text.** *Education and Information Technologies*, 23(1), p. 271-286. 2017.
- MORESI, E. **Apostila de metodologia da pesquisa.** Universidade Católica de Brasília, 2003.
- NORVIG, P. & RUSSELL, S. **Inteligência Artificial.** 3º Ed. Editora Campus. 2013.
- NOVAK, J. D. & CAÑAS, A. J. **The Origins Of The Concept Mapping Tool And The Continuing Evolution Of The Tool.** *Information visualization*, v. 5, n. 3, p. 175-184, 2006.
- NOVAK, J. D. & CAÑAS, A. J. **The Theory Underlying Concept Maps And How To Construct And Use Them.** 2008.
- NOVAK, J. D. & CAÑAS, A. J. **A Teoria Subjacente aos Mapas Conceituais e Como Elaborá-los e Usá-los.** *Práxis Educativa*, Volume 5, p. 9-29. 2010.
- NOVAK, J. D. **Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations.** *Journal of e-Learning and Knowledge Society* Vol. 6, n. 3, p. 21-30. ISSN: 1826-6223 | eISSN: 1971-8829. 2010.
- OKADA, A. **Mapas Conceituais em Projetos e Atividades Pedagógicas.** Disponível em: <http://oro.open.ac.uk/41744/1/c11lpronto2008.pdf> Último acesso em: 13/07/2018. 2007.
- OLNEY, A. M., CADE, W. L., & WILLIAMS, C. **Generating Concept Map Exercises From Textbooks.** In *Proceedings of the 6th workshop on innovative use of NLP for building educational applications*. p. 111-119. 2011.
- PACHECO, S. M. V., & DAMASIO, F. **Mapas Conceituais e Diagramas V: Ferramentas Para o Ensino, a Aprendizagem e a Avaliação no Ensino Técnico.** *Ciências & Cognição*, 14(2), p. 166-193. 2009.
- PÉREZ, C. C. C., & VIEIRA, R. **Mapas Conceituais: Geração e Avaliação.** In *Anais do III Workshop em Tecnologia da Informação e da Linguagem Humana (TIL)*. p. 2158-2167. 2005.

- PERIN, W. D. A., CURY, D., & MENEZES, C. S. **NLP-Imap: Integrated Solution Based on Question-Answer Model in Natural Language for an Inference Mechanism in Concepts Maps**. In Proceedings of the 14th International Conference on Concept Mapping (CMC). 2014.
- PERIN, W. D. A., CURY, D., & MENEZES, C. S. **iMap & CMPaaS - De Ferramenta à Plataforma de Serviços para Mapas Conceituais**. Revista Brasileira de Informática na Educação, 24(3). 2015.
- PERIN, W., & CURY, D. **Uma Plataforma de Serviços para Mapas Conceituais**. In Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). Vol. 27, No. 1, p. 230. 2016.
- PINOTTE, G. N., CURY, D., & ZOUAQUE, A. **OntoMap: De Mapas Conceituais a Ontologias OWL**. In XX Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE). p. 172-180. 2015.
- PINOTTE, G. N. **Uma Abordagem Ontológica Para Representação e Construção de Conhecimento a Partir de Mapas Conceituais**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. 2016.
- REISKA, P., SOIKA, K., MÖLLITS, A., RANNIKMÄE, M., & SOOBARD, R. **Using Concept Mapping Method for Assessing Students' Scientific Literacy**. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 177, p. 352-357. 2015.
- RIHS, A. A. & DE ALMEIDA, C. F. **A Teoria Da Aprendizagem Significativa - O Enfoque De David Ausubel**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro (Unipac). ISSN 2178-6925. 2017.
- RIOS, P. T., CURY, D., & DUTRA, Í. M. **Automatizando Uma Argumentação Construtivista por Meio dos Mapas Conceituais**. In XX Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE). v. 11, p. 157-162. 2015.
- RODRIGUES, M. R., & CERVANTES, B. M. N. **Os Mapas Conceituais Para a Visualização de Conceitos de Áreas do Conhecimento em Unidades de Informação**. Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, 18(1), p. 752-776. 2013.

- RODRIGUES, M. R., & CERVANTES, B. M. N. **Análise de Assunto e Mapas Conceituais: Semelhanças nos Processos.** *Perspectivas em Ciência da Informação*, 20(4), p. 35-56. 2015.
- ROLLANDE, R., & GRUNDSPENKIS, J. **Personalized Planning of Study Course Structure Using Concept Maps and Their Analysis.** *Procedia Computer Science*, 104, p. 152-159. 2017.
- ROSA, I. S. C., & LANDIM, M. F. **Mapas Conceituais no Ensino de Biologia: Um Estudo Sobre Aprendizagem Significativa.** *Scientia Plena*, 11(3). 2015.
- SAEIDIFARD, F., HEIDARI, K., FOROUGH, M., & SOLTANI, A. **Concept Mapping as a Method to Teach an Evidence-Based Educated Medical Topic: A Comparative Study in Medical Students.** *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 13(1), p. 86. 2014.
- SAMPIERI, R. H., COLLADO, C. F. & LUCIO, P. B. **Metodologia de pesquisa.** 3º ed. Editora McGraw-Hill, 2006.
- SANTOS, L. M. A., & TAROUCO, L. M. R. **A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica.** *RENOTE*, 5(1). 2007.
- SCHAAL, S. **Concept Mapping in Science Education Assessment: An Approach to Computer-Supported Achievement Tests in an Interdisciplinary Hypermedia Learning Environment.** In *Proceedings of the 3rd International Conference on Concept Mapping (CMC)*. 2008.
- SCHWENDIMANN, B. A. **Concept Maps as Versatile Tools to Integrate Complex Ideas: from Kindergarten to Higher and Professional Education.** *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL)*, 7(1), p. 73-99. 2015.
- SGOBBI, F. S., NUNES, F. B., & TAROUCO, L. M. R. **A Utilização de Agentes Inteligentes no Apoio ao Autocuidado de Idosos.** *RENOTE*, 12(2). 2014.
- SILVA, C. L., SOARES, A. D. S., ARGOLLO, E. M., FRIAS, D., SIMÕES, M. A., & DE SOUZA, J. R. **Uma Abordagem Multiagentes para Sistema Defensivo em um Time de Futebol de Robôs Bípedes.** *Revista de Sistemas e Computação-RSC*, 5(1). 2015.

- SINGH, I. S., & MOONO, K. **The Effect of Using Concept Maps on Student Achievement in Selected Topics in Chemistry at Tertiary Level.** *Journal of Education and Practice*, 6(15), p. 106-116. 2015.
- SOUZA, N. A. D., & BORUCHOVITCH, E. **Mapa Conceitual: Seu Potencial Como Instrumento Avaliativo.** Pro-Posições. 2010a.
- SOUZA, N. A. D., & BORUCHOVITCH, E. **Mapas Conceituais: Estratégia de Ensino/Aprendizagem e Ferramenta Avaliativa.** *Educação em Revista*. 2010b.
- STANGE, R. L., CEREDA, P. R. M., & NETO, J. J. **Agentes Adaptativos Reativos: Formalização e Estudo de Caso.** In *Memórias do XI Workshop de Tecnologia Adaptativa (WTA)*. p. 63-71. 2017.
- STEVENSON, M. P.; HARTMEYER, R. & BENTSEN, P. **Systematically Reviewing the Potential of Concept Mapping Technologies to Promote Self-Regulated Learning in Primary and Secondary Science Education.** *Educational Research Review*, 21, p. 1-16, 2017.
- TAVARES, L. C., MÜLLER, R. C. S., & FERNANDES, A. C. **O Uso de Mapas Conceituais Como Ferramenta Metacognitiva no Ensino De Química.** *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 14(29), p. 63-78. 2018.
- TIC DOMICÍLIOS **Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros.** São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil. Disponível em: [http://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC\\_DOM\\_2016\\_LivroEletronico.pdf](http://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_DOM_2016_LivroEletronico.pdf) Último acesso em: 14/03/18.
- TIC EDUCAÇÃO **Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras.** São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2016. Disponível em: [http://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC\\_EDU\\_2016\\_LivroEletronico.pdf](http://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_EDU_2016_LivroEletronico.pdf) Último acesso em: 14/03/18.
- TREANOR, M.; BLACKFORD, B.; MATEAS, M. & BOGOST, I. **Game-O-Matic: Generating Videogames that Represent Ideas.** In *Proceedings of the The third workshop on Procedural Content Generation in Games*. p. 11. ACM. 2012.

- TSENG, S. S., SUE, P. C., SU, J. M., WENG, J. F., & TSAI, W. N. **A New Approach for Constructing the Concept Map.** *Computers & Education*, 49(3), p. 691-707. 2007.
- VIANA, W. D. S., OLIVEIRA, E. H., & GASPAR, W. **Sistema Multiagente para Apoiar a Realização de Atividades Locativas em Ambientes Virtuais de Aprendizagem.** In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. Vol. 25, No. 1, p. 1043. 2014.
- VIEIRA, A. R. L., RIOS, P. P. S., & MARTINS, A. M. **Aprendizagem Significativa Potencializada a Partir da Construção de Mapas Conceituais como Tecnologia Aplicada à Educação de Jovens e Adultos.** *Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional*, 9(1). 2016.
- VISWANATH, K., BALACHANDRAN, R., KRAMER, M., & BODENHEIMER, B. **Interface Design Issues for Teachable Agent Systems.** In *EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology*. p. 4197-4204. 2004.
- WANG, S., ORORBIA, A., WU, Z., WILLIAMS, K., LIANG, C., PURSEL, B., & GILES, C. L. **Using Prerequisites to Extract Concept Maps From textbooks.** In *Proceedings of the 25th International Conference on Information and knowledge Management*. p. 317-326. ACM. 2016.
- WAZLAWICK, R. S. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação.** 1º ed. Editora Elsevier/Campus, 2009.
- WEI, W., & YUE, K. B. **Using Concept Maps To Teach And Assess Critical Thinking.** In *IS Education*. AMCIS. 2016.
- WEINERTH, K., KOENIG, V., BRUNNER, M., & MARTIN, R. **Concept Maps: A Useful and Usable Tool for Computer-Based Knowledge Assessment? A Literature Review with a Focus on Usability.** *Computers & Education*, 78, p. 201-209. 2014.
- YOSHIMOTO, E. M.; YOSHIMOTO, G. M. F.; DOS SANTOS, G. J. F. & OLIVEIRA, M. M. **Mapa Conceitual, Um Gênero Textual Escolar: Uma Proposta de Retextualização de Textos Didáticos de História.** *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 97(247), p. 619-636. 2016.
- ZUBRINIC, K., KALPIC, D., & MILICEVIC, M. **The Automatic Creation of Concept Maps from Documents Written Using Morphologically Rich Languages.** *Expert systems with applications*, 39(16), p. 12709-12718. 2012.

# Apêndice A

## Questionário Aplicado ao Final do Experimento

---

Avaliação do protótipo MapRef

1) Quantos mapas você já elaborou? .....

2) No domínio de Mapas Conceituais você se considera no nível:

Iniciante                       Intermediário                       Avançado

3) Quais meios você já utilizou para elaborar Mapas Conceituais além do MapRef?

CmapTools                       Papel e lápis                       Outro. Qual?

.....  
 .....

4) Como esta ferramenta contribuiu para a elaboração da atividade?

.....  
 .....

5) Com base nas respostas anteriores, qual forma de construção você utilizaria e por quê?

.....  
 .....

6) No MapRef, o que você não gostou ou acha que deveria ser diferente?

.....  
 .....

Para as questões abaixo, assinale com a X a opção que melhor represente sua opinião.

	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
4) Achei o sistema fácil de usar.					
5) Selecionar conceitos e ligações no texto é mais fácil.					
6) Prefiro construir mapas no papel.					
7) Prefiro construir mapas no CmapTools.					
8) Prefiro construir mapas no MapRef.					

# Apêndice B

## Serviços Desenvolvidos

---

### 1 - Para Salvar um Mapa

**Url:** <http://extroutmap.lied.inf.ufes.br:80/mapaReferencia/salvarMapa>

**Parâmetros:** idUsuario, questaoFocal, plc1, plc2, plc3, idProfessor, idTurma, idAtividade, proposicoes. Observações: plcx se refere aos três campos para as palavras chaves; o campo “proposicoes” deve conter o mapa no formato json fornecido pela biblioteca Go.js.

**Retorno:** mapa completo, incluindo o id do mapa gerado no banco.

**Exemplo de uso:**

```
var proposicoes = myDiagram.model.toJson();
var sendInfo = {
    "idMapa": idMapa,
    "idUsuario": idUsuario,
    "questaoFocal": questaoFocal,
    "plc1": plc1,
    "plc2": plc2,
    "plc3": plc3,
    "idProfessor": idProfessor,
    "idTurma": idTurma,
    "idAtividade": idAtividade,
    "proposicoes": 111111
}

var str = JSON.stringify(sendInfo);
str = str.replace("111111", proposicoes);

$.ajax({
    type: "POST",
    url: url + "salvarMapa",
    dataType: "json",
    contentType: 'application/json; charset=UTF-8',
    success: function(data){
        console.log("idMapa salvo: " + data.idMapa);
    },
    data: str
}).done(function(response){
    //alert("Mapa salvo com sucesso:");
}).fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown){

});
```

## 2 - Para Atualizar um Mapa

**Url:** <http://extroutmap.lied.inf.ufes.br:80/mapaReferencia/atualizarMapa>

**Parâmetros:** idUsuario, questaoFocal, plc1, plc2, plc3, idProfessor, idTurma, idAtividade, proposicoes. Observações: plc se refere aos três campos para as palavras chaves; o campo “proposicoes” deve conter o mapa no formato json fornecido pela biblioteca Go.js.

**Retorno:** mapa completo.

**Exemplo de uso:**

```
var proposicoes = myDiagram.model.toJson();

var sendInfo = {
  "idMapa": idMapa,
  "idUsuario": idUsuario,
  "questaoFocal": questaoFocal,
  "plc1": plc1,
  "plc2": plc2,
  "plc3": plc3,
  "idProfessor": idProfessor,
  "idTurma": idTurma,
  "idAtividade": idAtividade,
  "proposicoes": 111111
}

var str = JSON.stringify(sendInfo);
str = str.replace("111111", proposicoes);

$.ajax({
  type: "POST",
  url: url + "atualizarMapa",
  dataType: "json",
  contentType: 'application/json; charset=UTF-8',
  success: function(data){

    console.log("Mapa atualizado: " + data.proposicoes);

  },
  data: str
}).done(function(response){

  //alert("Mapa salvo com sucesso:");

}).fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown){

});
```

### 3 - Para Buscar um Mapa

**Url:** http://extroutmap.lied.inf.ufes.br:80/mapaReferencia/buscarMapaId?id=X

**Parâmetros:** id do mapa que se deseja buscar.

**Retorno:** mapa completo.

**Exemplo de uso:**

```
$.ajax({
  type: "GET",
  url: url + "buscarMapaId?id=" + id,
  dataType: "json",
  contentType: 'application/json; charset=UTF-8',
  success: function(data){

    idMapa = data.idMapa;
    console.log("idMapa: " + idMapa);
    console.log("Mapa: " + data.proposicoes);

  },
}).done(function(response){

  //alert("Mapa carregado com sucesso:");

}).fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown){

});
```

### 4 - Para Buscar uma Lista de Mapas

**Url:** http://extroutmap.lied.inf.ufes.br:80/mapaReferencia/buscarMapaDominio?id=x,y,z

**Parâmetros:** uma lista de ids dos mapas que se deseja buscar.

**Retorno:** uma lista de mapas completos.

**Exemplo de uso:**

```
$.ajax({
  type: "GET",
  url: url + "buscarMapaDominio?ids=" + indices,
  dataType: "json",
  contentType: 'application/json; charset=UTF-8',
  success: function(data){

    //console.log("idMapa: " + data.idMapa);
    console.log("ListaDeMapa: " + JSON.stringify(data));

  },
}).done(function(response){

  //alert("Mapa carregado com sucesso:");

}).fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown){

});
```

## 5 - Para Gerar o Mapa do Domínio

**Url:** <http://extroutmap.lied.inf.ufes.br:80/mapaReferencia/gerarMapaDominio>

**Parâmetros:** uma lista de mapas que pode ser obtida com o serviço anterior.

**Retorno:** um mapa.

**Exemplo de uso:**

```
$.ajax({
  type: "POST",
  url: url + "gerarMapaDominio",
  dataType: "json",
  contentType: 'application/json; charset=UTF-8',
  success: function(data){

      console.log("Mapa do domínio gerado: " +
JSON.stringify(data));

    },
    data: JSON.stringify(data)
  }).done(function(response){

      console.log("Mapa do Domínio gerado com sucesso:");
  }).fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown){

  });
```

## 6 - Para Comparar Mapas

**Url:** <http://extroutmap.lied.inf.ufes.br:80/mapaReferencia/compararMapas>

**Parâmetros:** uma lista de mapas que pode ser obtida com o serviço apresentado no item 4.

Observação importante: o MCR do professor deve ser o primeiro mapa da lista.

**Retorno:** dados estatísticos e textuais em formato json.

**Exemplo de uso:**

```
$.ajax({
  type: "POST",
  url: url + "compararMapas",
  dataType: "json",
  contentType: 'application/json; charset=UTF-8',
  success: function(data){

      console.log("Dados: " + JSON.stringify(data));

    },
    data: JSON.stringify(listaMapas)
  }).done(function(response){

  }).fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown){

  });
```

## 7 - Para Gerar Pesos

**Url:** <http://extroutmap.lied.inf.ufes.br:80/mapaReferencia/gerarPesos>

**Parâmetros:** campo “proposicoes” contendo o mapa no formato json fornecido pela biblioteca Go.js.

**Retorno:** json contendo o mesmo mapa com os respectivos pesos gerados.

**Exemplo de uso:**

```
var proposicoes = myDiagram.model.toJson();

var sendInfo = {
  "idMapa": 0,
  "questaoFocal": 0,
  "plc1": 0,
  "plc2": 0,
  "plc3": 0,
  "idProfessor": 0,
  "idTurma": 0,
  "idAtividade": 0,
  "proposicoes": 1111
}

var str = JSON.stringify(sendInfo);
str = str.replace("1111",proposicoes);

$.ajax({
  type: "POST",
  url: url + "gerarPesos",
  dataType: "json",
  contentType: 'application/json; charset=UTF-8',
  success: function(data){

    myDiagram.model = go.Model.fromJson(data.proposicoes);
    modelo = myDiagram.model;

  },
  data: str
}).done(function(response){

}).fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown){

});
```