

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

Rodrigo Ruy Boguski

TOM: TUTOR INTELIGENTE
ORIENTANDO A CONSTRUÇÃO DE MAPAS
CONCEITUAIS

VITÓRIA-ES, BRASIL

2019

Rodrigo Ruy Boguski

TOM: Tutor Inteligente Orientando a Construção de Mapas Conceituais

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

VITÓRIA-ES, BRASIL

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

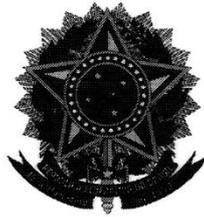
Boguski, Rodrigo Ruy, 1984-
B674t TOM: Tutor Inteligente Orientando A Construção De
Mapas Conceituais / Rodrigo Ruy Boguski. - 2019.
168 f. : il.

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

1. Sistemas de Tutores Inteligentes. 2. Tutor Inteligente. 3.
Mapas Conceituais. 4. Regras de Associação. 5. Mineração de
Dados. 6. Aprendizagem Assistida. I. Cury, Davidson. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III.
Título.

CDU: 004

Mestrando Rodrigo Ruy Boguski



***TOM: TUTOR INTELIGENTE
ORIENTANDO A CONSTRUÇÃO DE MAPAS
CONCEITUAIS***

Rodrigo Ruy Boguski

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Informática.

Aprovada em 07 de fevereiro de 2019:



Prof. Dr. Davidson Cury
Orientador



Prof. Dr. Credine Silva de Menezes
Membro Interno



Prof. Dr. Sergio Crespo Coelho da Silva Pinto
Membro Externo

“É o Senhor quem dá sabedoria; de sua boca procedem o conhecimento e o discernimento”

Provérbios 2:6

Dedico esse trabalho à minha esposa, Dani.

Agradecimentos

Agradecimentos são sempre importantes, porque nessa vida, raramente é possível fazer algo substancial sozinho.

Conseguir terminar um mestrado em informática enquanto trabalhava foi desafiador porque exigiu muita dedicação e horas de sono perdidas, empenhadas no desenvolvimento de pesquisa.

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus. É Dele que procedem todo entendimento e sabedoria, assim como o querer e o efetuar, à Ele tributo louvor e honra! Muito obrigado por fazer parte disso, te amo.

Também sou profundamente grato à minha família, em especial, minha esposa Dani que foi suporte e motivação diária durante esses dois anos, nós sabemos que não foi fácil e você foi essencial para pudesse concluir esse trabalho. À você pertence meu amor.

Agradeço aos meus tutores Dede Cury e Crediné Menezes pela oportunidade de aprender com vocês conteúdo, não apenas programático, mas algo que pudesse mudar minha maneira de pensar. Muito obrigado pela dedicação! A postura e comportamento de vocês, me ensinou mais que as palavras ditas.

Sou muito grato também ao Wagner Gaspar (Waguinho) e Camila Aguiar por me ajudarem em momento muito difíceis, aqueles em que precisa mesmo de ajuda. Vocês foram muito importantes para conclusão deste trabalho.

No mais, dedico minha gratidão a todos amigos e colegas com quem convivi durante esses anos, vocês foram instrumentos de aprendizado, contribuindo para que eu pudesse crescer como pessoa.

Muito obrigado a todos vocês!

Resumo

A tutoria é um método para interação pedagógica utilizada a milhares de anos. Nessa interação o tutor avalia o aprendizado do aluno durante o curso das experiências de aprendizagem, sana dúvidas, acompanha sua frequência, aferi sua motivação e fornece suporte, geralmente tempestivo, para que a sobrecarga cognitiva, decorrente do próprio processo de aprendizagem, seja minimizada, a fim de tornar esse momento agradável e satisfatório. Ter o conhecimento das necessidades dos alunos é ainda um grande desafio para os professores indistintamente, isso porque, é o primeiro passo para fornecer uma ajuda relevante de modo a contribuir para seu aprendizado.

Sob essa perspectiva desenvolvemos uma técnica baseada em regras de associação da mineração de dados a fim de identificar as falhas conceituais em estudantes para que, uma vez conhecida essa lacuna do conhecimento, ela seja preenchida de modo a potencializar o processo cognitivo.

Com o objetivo de testar essas regras, construímos um sistema tutor inteligente capaz de usá-las e assim, orientar o aluno na construção de mapas conceituais a partir de um tema proposto, tendo como principal diretriz o mapa referência do professor e as respectivas regras de associação que cada conceito deste mapa possui.

Assim, a informação faltante ao aluno não é apresentada de modo desestruturado, mas com diferentes níveis de granularidade, similaridades e na sequência mais apropriada para catalisar o aprendizado. Este método possui como questão subjacente uma abordagem pedagógica que utiliza aspectos da teoria da aprendizagem significativa defendida por Ausubel e complementada por Novak.

Palavras-Chaves: tutor, sistemas tutores inteligentes, mapas conceituais, mineração de dados, regras de associação, aprendizagem assistida.

Abstract

Tutoring is a method for pedagogical interaction used for thousands of years. In this interaction, the tutor evaluates the student's learning during the course of the learning experiences, heals his doubts, follows his frequency, assists his motivation and provides support, usually in a timely manner, so that the cognitive overload resulting from the learning process itself is minimized, order to make that moment pleasant and satisfying. Having the knowledge of the needs of the students is still a great challenge for the teachers, because this is the first step to providing relevant help in order to contribute to their learning.

From this perspective we develop a technique based on rules of association of data mining in order to identify the conceptual flaws in students so that, once this knowledge gap is known, it is filled in order to potentialize the cognitive process.

In order to test these rules, we constructed an intelligent tutor system capable of using them and thus guide the student in the construction of conceptual maps from a proposed theme, having as main guideline the teacher's reference map and the respective rules of association that each concept of this map has.

Thus, the missing information to the student is not presented in a destructured way, but with different levels of granularity, similarities and in the most appropriate sequence to catalyze learning. This method has as its underlying question a pedagogical approach that uses aspects of the theory of meaningful learning defended by Ausubel and complemented by Novak.

Keywords: tutor, intelligent systems, concept maps, data mining, association rules, assisted learning.

Lista de Figuras

Figura 1.1.Método de pesquisa.....	21
Figura 1.2.Processo de pesquisa	23
Figura 2.1.Arquitetura clássica de um STI.....	28
Figura 2.2.Abordagem de coreografia	29
Figura 2.3.Exemplo de mapa conceitual	44
Figura 3.1.Construção de um k-itemset candidato a partir de itemsets de tamanho $k - 1$	61
Figura 3.2.Fase de poda utilizando o princípio da antimonotonia.....	62
Figura 3.3.Mapa conceitual referência construído pelo professor.....	64
Figura 3.4.Mapa conceitual construído pelo aluno sobre o tema plantas medicinais	65
Figura 3.5.Região semântica delimitada pelo contexto.....	70
Figura 3.6.Caminho escolhido de itemsets	72
Figura 3.7.Conceitos associados com $\beta = 1$	73
Figura 3.8.Conceitos associados com $\beta \geq 0,8$	73
Figura 3.9.Conceitos associados com $\beta \geq 0,6$	74
Figura 3.10.Conceitos associados com $\beta \geq 0,4$	74
Figura 3.11.Mapa conceitual de nível 2	78
Figura 3.12.Mapa conceitual de nível 2	78
Figura 3.13.Mapa conceitual de nível 3	78
Figura 4.1.Modelo Conceitual	84
Figura 4.2.Tela de preparação de aula	87
Figura 4.3.Tela de criação de mapas conceituais.....	94
Figura 4.4.Preparação da Tutoria (normalização de conceitos)	98
Figura 4.5.Arquitetura do serviço de mineração de dados.....	100
Figura 4.6-Arquitetura tecnológica do tutor	104
Figura 4.7.Relacionamento da biblioteca PHP-AI/PHP-MI na arquitetura.....	106
Figura 4.8.Arquitetura de comunicação agente-aluno e agente-agente.....	107
Figura 4.9.Digrama da máquina de estados do tutor	110
Figura 5.1.Tela de preparação de aula	124
Figura 5.2.Tela de login do MapRef	125
Figura 5.3.Tela inicial do MapRef para o perfil do aluno	126
Figura 5.4.Tela de construção do mapa conceitual inicial	127
Figura 5.5.Tela de preparação de tutoria.....	129

Figura 5.6.Normalização de conceitos	131
Figura 5.7.Caminhos de itemsets	134
Figura 5.8.Sequência de conceitos.....	136
Figura 5.9.Seleção da opção de aprendizagem assistida	136
Figura 5.10.Exemplo da primeira interação do usuário com o tutor	138
Figura 5.11.Exemplo da interação de retorno do usuário com o tutor	138
Figura 5.12.Critério de pontuação para construção do mapa	142
Figura 5.13.Mapa referência para a atividade “Toracotomia de Emergência”	143
Figura 5.14.Mapa do aluno 3 para a atividade “Toracotomia de Emergência”	143
Figura 5.15.Distribuição da avaliação por critério utilizado.....	147
Figura 6.1.Alteração do critério 2 de avaliação.....	154
Figura 6.2.Exemplo de erro pelo uso livre da ferramenta	156

Lista de Tabelas

Tabela 3.1.Objetos de aprendizagens da disciplina Estrutura de Dados	52
Tabela 3.2.Banco de dados de transações das interações de alunos	52
Tabela 3.3.Suporte de alguns itemsets	53
Tabela 3.4.Representação de cada conceito do mapa conceitual referência	67
Tabela 3.5.Normalização dos conceitos dos mapas conceituais dos alunos	67
Tabela 3.6.Conjunto de Itemsets referentes aos conceitos de mapas conceituais	68
Tabela 3.7.Resultado a partir da variação do suporte	71
Tabela 3.8.Classificação segundo o nível	76
Tabela 4.1.Entradas na atividade Preparação de aula	86
Tabela 4.2.Componentes do Tutor Engine.....	105
Tabela 4.3.Transição de estados da máquina de estados do tutor	109
Tabela 5.1.Texto tema.....	122
Tabela 5.2.Relação de conceitos normalizados	130
Tabela 5.3.Itemsets dos alunos.....	132
Tabela 5.4.Caminhos de itemsets	133
Tabela 5.5.Tabela de Itemsets	134
Tabela 5.6.Sequência calculada para cada aluno.....	135
Tabela 5.7.Tela de resultados na versão consolidada.....	144
Tabela 5.8.Tela de resultados na versão analítica	144
Tabela 5.9.Pontuação detalhada por critério de avaliação para o aluno 3	145
Tabela 5.10.Pontuação detalhada por critério de avaliação para o aluno 1	146
Tabela 5.11.Pontuação detalhada por critério de avaliação para o aluno 2	146
Tabela 5.12.Pontuação detalhada por critério de avaliação para o aluno 4	146
Tabela 5.13.Indicadores para a atividade “Toracotomia de Emergência”.....	147
Tabela 5.14. Desvio padrão e média para a atividade “Toracotomia de Emergência”	147
Tabela 5.15.Quesitos avaliados no questionário	149
Tabela 6.1.Indicadores para a atividade “Toracotomia de Emergência” após critério de ajuste	155
Tabela 6.2. Média e desvio padrão antes e depois da iteraçãode aprendizagem.....	155
Tabela 6.3.Visão holística da avaliação do experimento de aprendizagem	155
Tabela 6.4.Visão da iteração da avaliação do experimento de aprendizagem.....	155

Conteúdo

1.	Capítulo 1 Introdução	16
1.1.	Contexto	16
1.2.	Motivação.....	19
1.3.	Hipótese da pesquisa.....	19
1.4.	Questões da pesquisa.....	20
1.5.	Objetivo da pesquisa.....	21
1.6.	Método de pesquisa	21
1.7.	Processo de pesquisa	23
1.8.	Contribuição da pesquisa	24
1.9.	Produção científica	24
1.10.	Organização dessa dissertação	25
2.	Capítulo 2 A tutoria e o processo cognitivo de aprendizado	26
2.1.	O desafio do ensino individualizado.....	26
2.2.	Os sistemas tutores inteligentes	27
2.3.	A construção do conhecimento.....	31
2.4.	A aprendizagem significativa.....	33
2.5.	Estratégias pedagógicas de ensino.....	37
2.6.	Os mapas conceituais	43
2.7.	Considerações sobre o capítulo	47
3.	Capítulo 3 Usando regras de associação para a identificação de falhas conceituais	48
3.1.	A lacuna conceitual do ensino	48
3.2.	Mineração de dados	49
3.3.	Regras de associação	51
3.4.	Transação, itemset, suporte e confiança.....	53
3.5.	Mineração de regras de associação.....	54
3.5.1.	Conjunto de itens grandes.....	56

3.6.	O algoritmo Apriori.....	57
3.6.1.	As fases de Apriori.....	59
3.6.2.	A fase da geração dos candidatos de tamanho k	60
3.6.3.	Fase da poda dos candidatos	61
3.5.3.	Fase do cálculo do suporte.....	63
3.7.	Identificação de falhas conceituais.....	63
3.8.	Análise de divergências (outliers).....	70
3.9.	Variando o suporte e a confiança.....	71
3.10.	Escolha dos conceitos ausentes	75
3.11.	Considerações sobre o capítulo.....	79
4.	Capítulo 4 O Modelo Conceitual.....	80
4.1.	O conhecimento prévio do aluno.....	80
4.2.	O modelo conceitual.....	82
4.2.1.	Contexto	84
4.3.	A preparação da aula.....	85
4.3.1.	Objetivo	85
4.3.2.	Escolha do texto da atividade	88
4.3.3.	Construção do mapa conceitual referência	88
4.3.4.	Escolha de sinônimos	89
4.3.5.	Escolha de conceitos relevantes.....	90
4.3.6.	Descrição da granularidade conceitual.....	90
4.4.	Construção do mapa do aluno	92
4.5.	Preparação da tutoria.....	95
4.5.1.	Definir conceitos normalizados.....	95
4.5.2.	Cálculo da apresentação de conceitos.....	99
4.6.	Tutoria.....	101
4.6.1.	O tutor inteligente	102
4.6.2.	A arquitetura tecnológica	103
4.6.3.	O Tutor Engine	104
4.6.4.	O Tutor API.....	105

4.6.5.	A comunicação entre os agentes	106
4.6.6.	A máquina de estados finitos do tutor	107
4.6.7.	O comportamento do tutor.....	119
4.7.	Considerações sobre o capítulo	119
5.	Capítulo 5 A prova de conceito.....	120
5.1.	Visão geral.....	120
5.2.	Contexto.....	121
5.3.	O experimento	121
5.4.	Pré-condições.....	123
5.5.	Primeira atividade: A construção do mapa conceitual inicial	125
5.6.	Segunda atividade: Intervalo (A Preparação da Tutoria)	128
5.7.	Segunda atividade: Intervalo (Cálculo de itemsets frequentes e regras de associação)	133
5.8.	Terceira atividade: A Aprendizagem Assistida.....	137
5.9.	Verificação de Resultados.....	139
5.10.	Questionário.....	148
5.11.	Considerações sobre o capítulo.....	151
6.	Capítulo 6 Conclusão.....	152
6.1.	Sobre o experimento	152
6.2.	Sobre a técnica	157
6.3.	Sobre o tutor.....	158
6.4.	Sobre a perspectiva do professor.....	158
6.5.	Trabalhos Futuros.....	159
	Referências	161
	Apêndice A	166

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta uma visão geral da pesquisa realizada no decorrer deste trabalho, explicando ideias sobre contexto, motivação, hipóteses, questões, objetividades, métodos, processos, contribuições e produções. Essas explicações e discussões guiarão todos os capítulos subsequentes.

Este capítulo está assim organizado: Seção 1.1.Contexto; Seção 1.2.Motivação; 1.3.Hipótese da Pesquisa; Seção 1.4.Questões da Pesquisa; Seção 1.5.Objetivo da Pesquisa; Seção 1.6.Método de Pesquisa; Seção 1.7.Processo de Pesquisa; Seção 1.8.Contribuição da Pesquisa.

1.1. Contexto

Cognição é o ato ou processo da aquisição do conhecimento por meio da percepção, atenção, associação, memória, raciocínio, juízo, imaginação, pensamento e análise de um determinado assunto do mundo exterior, capacitando o partícipe do processo cognitivo à solução de problemas. Dessa forma, aprender significa criar representações do mundo, independente e externo, através da assimilação de novas experiências (Magro, 1999) e (Krogh & Roos, 1995). O processo cognitivo para a construção do conhecimento possui inúmeras abordagens, podendo ser categoricamente classificadas em seus vieses dominantes das ciências cognitivas baseadas no objetivismo, sendo elas o cognitivismo e connexionismo (Salomão Venâncio, 2006). O cognitivismo considera a mente como um computador, preocupando-se na forma como percebemos e armazenamos as representações obtidas da fronteira. Em contrapartida, o connexionismo baseia-se na biologia e ao contrário do cognitivismo, cujas bases estão na física, ele propõe que aprendemos segundo as experiências adquirida através das interações com o meio.

Diferentemente das abordagens cognitivas anteriores, que via organismos como sistemas abertos, têm-se nas últimas décadas abordado organismos como sistemas fechados com particular arcabouço estrutural em que o processo cognitivo é influenciado por fatores além da percepção do mundo exterior, mas também pela forma como interpretamos, compreendemos e reorganizamos a estrutura interior existente, de modo que ela, metamorficamente, evolua a partir da contribuição sensorial percebida do exterior (Maturana & Varela, 2001).

O advento do boom da internet, alterou semanticamente o processo de cognição como o conhecemos (Mazzochi & Maraschin, 2000), transformando profundamente a maneira como pensamos, agimos, lembramos e nos relacionamos com o mundo exterior, trazendo implicações no processo de reorganização do arcabouço estrutural de cada organismo de modo que o processo de aprendizado é facilitado pela observação sob múltiplas perspectivas de um mesmo assunto utilizando para isso diferentes mídias (Hammes & Junior, 2018). A nova era da internet (Smart, Heersmink, & Clowes, 2016), (Seely Brown, 2000), (Roy Williams, 2011) proporcionou facilidades de acesso à informação, mergulhando-nos num ambiente ubíquo em que estamos, a todo tempo e em todo lugar (Salomão Venâncio, 2006), (Saadatmand, 2018), conectados a uma inextricável teia multidisciplinar de conhecimento, recebendo e enviando estímulos a esse grande ambiente conceitual, trocando informações e reagindo a partir de interações a fim de estabelecer um processo construtivista de conhecimento.

Essas facetas da internet nas quais mergulhamos e são, tantas vezes, utilizadas de forma natural pelo fato de estarem tão entranhadas na forma como nos relacionamos, propiciam discussões sobre como as tecnologias tão reais e presentes como web social, web de dados, computação móvel, computação em nuvem e os dispositivos portáteis podem corroborar para construção de um ambiente ecologicamente propício (Jackson, 2013) para que o processo cognitivo seja maximizado e potencializando, permitindo ao aprendiz uma melhor experiência de rendimento na jornada em direção ao conhecimento, em vez de confundi-lo em meio a esse mar tecnológico que pode tornar-se por vezes difuso.

Todos nós estamos envolvidos em um processo de construção de nicho cognitivo, envolvidos ativamente na construção e configuração de um nexos bio-externo de recursos materiais que ajudam a influenciar o curso do nosso

processamento cognitivo e definir os limites das nossas capacidades cognitivas (Clark, 2008), cabe a nós contribuir com o que podemos para aprimoramento das ecologias cognitivas a fim de ampliar nossas capacidades cognitivas individuais e coletivas.

Neste contexto, oferecer ensino adaptado ao perfil cognitivo do aprendiz é um grande desafio ainda não resolvido em sua completude, porque deve considerar, dentre muitos fatores, aquilo que o aluno conhece sobre um determinado assunto, além do encargo de segregar de forma essencial qual é a informação relevante dentre a massa de conceitos existentes.

O sistema de ensino tradicional, estruturado a partir de uma metodologia de ensino unidirecional, atribui na maioria das vezes, a um único personagem, o professor, o papel de conduzir e gerenciar o processo de aprendizado dentro da sala de aula.

Isso tem se mostrado ineficiente (Freeman, et al., 2014) uma vez que é muito difícil fornecer tratamento coletivo adequado sem comprometer ou prejudicar a particularidade de cada aluno. Soma-se a isso a necessidade de promover mais oportunidades aos participantes dos eventos de aprendizagem, de interação social (Vygotsky, A formação social da mente., 1988) a fim de proporcionar a construção do conhecimento de modo a otimizar sua fundamentação na mente do aluno. De todo modo, aprendemos enquanto organismos por meio de interações (Piaget J. ..., 1976), (Piaget J. , Epistemologia Genética, 1978), (Piaget J. , Os Pensadores - A Epistemologia Genética, 1978), assimilando, acomodando e reformulando a complexa rede conceitual que compõe o nosso arcabouço conceitual.

Estamos a todo tempo aprendendo! Quando conversamos, nos relacionamos e enfrentamos dificuldades ao realizarmos tarefas da maneira diferente da que habitualmente fazemos para resolução de problemas. Isso é importante pois nos permite refletir sobre assuntos, perspectivas, objetos do mundo, conceitos e as relações existentes entre eles.

Diferentemente da abordagem conteudista, em que é valorizada a aglomeração e cumprimento de conteúdo, é emergente a necessidade de um método que valorize a aferição de conhecimento, contribuindo para uma mudança da velha forma de ensinar para um novo modelo (Luther, 2000).

Por isso, é de muita importância a necessidade da valorização de trabalhos (Sena & Finatti, 2011), (Real, Maraschin, & Axt) que promovam novas metodologias de ensino, uma vez que, a abordagem utilizada pelas escolas tradicionais, com todos seus métodos, artifícios e engrenagens, mesmo sendo importantes para nos trazer onde estamos, não refletem mais as necessidades de aprendizado da nova sociedade vigente, sendo necessário outro caminho que satisfaça essa questão.

1.2. Motivação

Conduzir o processo de aprendizagem de modo a potencializar a cognição do aluno em meio às novas ecologias cognitivas pertencentes à vigente cultura digital, requer um mecanismo que o possibilite assimilar conceitos de forma direcionada dentro de um contexto, uma vez que a grande quantidade de informação produzida e disponível pode, por vezes, confundir e atrapalhar este processo, dificultando a aquisição eficiente de conhecimento. Assim, ainda que um novo conceito possa ser adquirido de forma eficaz estamos preocupados se esse processo pode ser realizado de forma mais eficiente, de modo a otimizar o processo cognitivo.

1.3. Hipótese da pesquisa

Sempre que aprendemos um novo conceito é necessário anexá-lo à nossa arquitetura conceitual pré-existente, ligando-o à conceitos subsunçores que, conjuntamente, estabeleçam um sentido semântico.

Dessa forma, podemos encontrar um método que possibilite satisfazer essas ligações mais eficientemente, tendo em vista catalisar o processo cognitivo, permitindo a construção de um mapa conceitual composto pela melhor organização de conceitos, considerando a associação entre eles, de modo a facilitar todo esse processo.

A partir dessa associação conceitual, podemos extrair estratégias para melhor sequenciar a apresentação de novos elementos conceituais, assim como, verificar o progresso de aprendizagem do aluno a partir da interação dele com o meio.

1.4. Questões da pesquisa

Essa pesquisa ajuda a responder a seguintes questões principais:

- (i) É possível apoiar a construção de mapas conceituais a partir de um texto, de tal maneira que o aluno consiga captar todos os conceitos de forma essencial?
- (ii) É possível encontrar uma associação entre conceitos que satisfaça um melhor sentido semântico do conhecimento que eles representam?
- (iii) É possível ordenar uma lista de conceitos visando apresentá-los na construção de mapas conceituais numa sequência em que façam mais sentido em sua associação?
- (iv) É possível medir o progresso na construção de mapas conceituais a partir de interações que trabalhem conceitos faltantes ao aluno?
- (v) É possível realizar um trabalho individual a fim de conduzir toda a turma a um mesmo patamar de aprendizado na associação entre conceitos?
- (vi) É possível identificar os conceitos não percebidos pelo professor para um dado tema, entretanto que foram percebidos pelos alunos?

1.5. Objetivo da pesquisa

- Desenvolver uma técnica que contribua para construção do arcabouço conceitual do aluno a partir da associação entre conceitos em mapas conceituais.
- Determinar a sequência de apresentação de conceitos faltantes ao aluno mais adequada, a fim de contribuir para o processo de aprendizado.
- Conduzir a turma de forma assíncrona a um mesmo nível mínimo de entendimento conceitual, a partir da associação entre conceitos ensinados por um tutor inteligente.
- Medir o progresso de aprendizado do aluno a partir da comparação de conceitos aprendidos sobre um determinado tema.

1.6. Método de pesquisa

O objetivo da pesquisa é encontrar respostas para perguntas por meio da aplicação de métodos científicos (Gil, 2008) e (Richardson R. J., 2015). Nesse sentido esta pesquisa apresenta as seguintes características, classificadas em diferentes seções: Natureza, Abordagem do Problema, Objetivo, Procedimentos Técnicos, Científicos e Pesquisa. Essa classificação é sintetizada na Figura 1.1 e explicada abaixo.

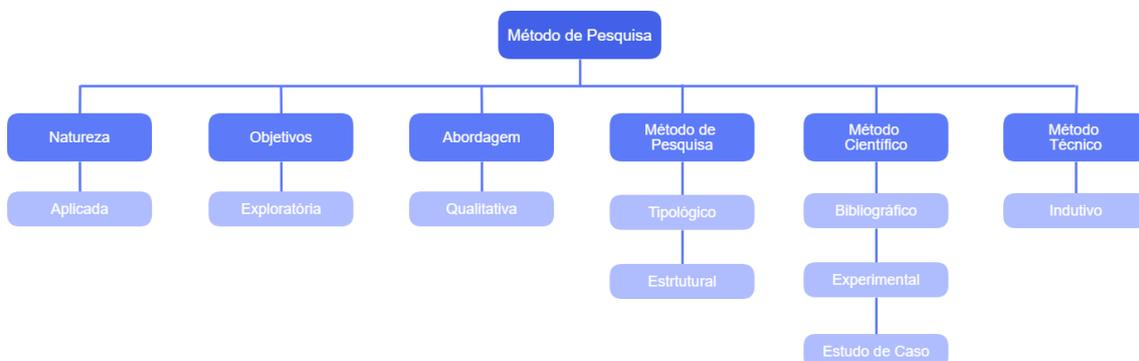


Figura 1.1. Método de pesquisa

Esta pesquisa é de natureza **Aplicada** uma vez que, reúne um corpo de conhecimento e ferramentas tecnológicas, com objetivo em sua aplicação prática, utilização e avaliação de suas consequências (GIL, 2008) em ambiente real, buscando soluções para problemas de ordem prática no mundo real, a fim de solucionar os problemas com objetivos anteriormente definidos.

Quanto aos objetivos, pode ser classificada como **Exploratória**, proporcionando uma visão mais ampla e aprofundada da área a ser estudada, permitindo uma maior familiaridade entre o pesquisador e o tema pesquisado, uma vez que este é ainda pouco conhecido e explorado. Isto é reforçado pelo estudo de caso aplicado, em consonância com as referências apresentadas.

Sua abordagem é **Qualitativa** visto que não busca quantificar dados, mas obter o valor qualitativo do resultado da assistência à aprendizagem a partir do processo de ensino direcionado às necessidades do aluno, focando assim, no processo e em seu significado.

Quanto aos métodos científicos, esta pesquisa pode ser classificada como **Indutivo**, conforme proposto por Marconi & Lakatos (Marconi & Lakatos, 2004), pois considera o conhecimento empírico e a partir da experiência, são extraídas soluções. Assim, realiza-se observações concretas sobre o processo e, em seguida, generaliza-se a solução em conclusões prováveis.

Em relação ao método técnico, segundo a classificação proposta por Gil (Gil, 2008), é definido como **Bibliográfico, Experimental e Estudo de Caso**, pois utiliza referências teóricas para coletar informações, aplicar variáveis para observação de efeitos durante o desenvolvimento da abordagem e estudar a influência das regras de associação sobre mapas conceituais na aprendizagem assistida.

Por fim, quanto ao método de pesquisa, seguindo a classificação proposta por Marconi & Lakatos (Marconi & Lakatos, 2004) que possui uma visão mais prática com um propósito restrito, ele é definida como **Tipológico**, já que determina as características de uma nova abordagem a partir da classificação e comparação de abordagens semelhantes e **Estrutural**, com a investigação do fenômeno concreto na assistência à aprendizagem por meio de tutor com o apoio de regras de associação, chegando a um nível abstrato através da arquitetura conceitual, e retornando à concreta implementando a solução.

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.

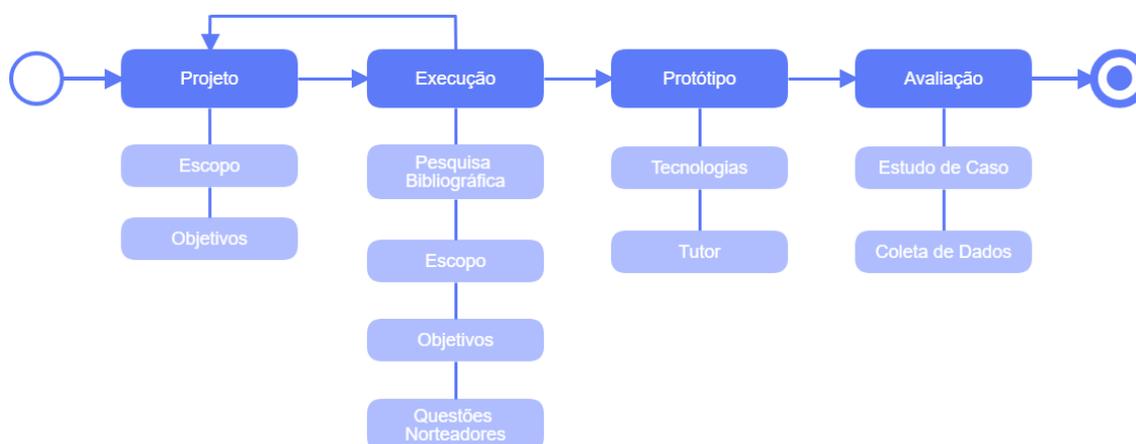


Figura 1.2. Processo de pesquisa

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 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 quais ferramentas para construção de bots de ensino poderiam ser utilizadas na assistência à aprendizagem. Depois, uma arquitetura foi desenvolvida e um protótipo construído.

Na quarta e última fase, Avaliação, o protótipo foi utilizado em um ambiente de sala de aula. Informações foram coletadas a fim de atestar a validade da solução e obter ponto de vista e interpretações dos estudantes.

1.8. Contribuição da pesquisa

Essa pesquisa resultou nas seguintes contribuições, tanto para a comunidade acadêmica quanto para a comunidade científica:

- (i) Tutor para aprendizagem assistida por meio de mapas conceituais*
- (ii) Método para elicitación e apresentação otimizada de conceitos ainda não conhecidos pelo aluno.*
- (iii) Uma arquitetura conceitual para apoiar atividades com mapas conceituais.*
- (iv) Uma ferramenta para planejamento de aulas que utilizam mapas conceituais como estratégia.*
- (v) Um método para medição do aprendizado baseado em mapas conceituais*
- (vi) Uma extensão para a ferramenta MapRef, utilizada na construção assistida de mapas conceituais de referência e apoio na realização de atividades com mapas conceituais.*
- (vii) API que provê serviços para se trabalhar com mapas conceituais.*

1.9. Produção científica

Boguski, R.R. & Cury, D. (2018). Usando regras de associação para a identificação de falhas conceituais. VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2018). Fortaleza: Brasil, DOI: 10.5753/cbie.sbie.2018.1443.

1.10. Organização dessa dissertação

A pesquisa desenvolvida no decorrer desta dissertação é dividida em seis capítulos. Os capítulos que seguem esta introdução são:

Capítulo 2: Este capítulo realiza uma explanação sobre o processo cognitivo de aprendizado abordando questões como teorias de aprendizagem, fatores que influenciam a cognição, sistemas tutores inteligentes e como se relacionam de modo a contribuir para aprimoramento da construção do conhecimento.

Capítulo 3: Explora técnicas de mineração de dados aplicadas a mapas conceituais com a finalidade de obter a melhor sequência de apresentação de conceitos a ser aplicada num evento de aprendizagem a fim de que o aprendiz estruture seu arcabouço conceitual de maneira otimizada.

Capítulo 4: Descreve o modelo conceitual para realização da aprendizagem assistida por meio de sistema tutores inteligentes, abordando técnicas, ferramentas, arquitetura e estratégias utilizadas.

Capítulo 5: Discorre sobre o experimento realizado para a validação do modelo conceitual apresentando no capítulo 4, apresentando o contexto, condições e pré-requisitos necessários.

Capítulo 6: Apresenta conclusões sobre o experimento realizado, incluindo análises sobre o modelo conceitual, a ferramenta, a técnica e a abordagem pedagógica utilizados.

Apêndice A: Apresenta o questionário criado para avaliação da experiência de aprendizagem assistida, considerando aspectos tecnológicos e pedagógicos.

Capítulo 2

A tutoria e o processo cognitivo de aprendizado

Estamos aprendendo a todo tempo quer seja por meio das interações realizadas com outras pessoas da escola, trabalho ou família ou pela autorreflexão e aprimoramento daquilo que já conhecíamos previamente. Neste capítulo discutimos uma visão de como construímos o conhecimento em nossa mente abordando alguns fatores que influenciam esse processo diretamente, teorias de aprendizagem que o suportam e estratégias pedagógicas de ensino.

Este capítulo está assim organizado: Seção 2.1. O desafio do ensino individualizado; Seção 2.2. Os sistemas tutores inteligentes; 2.3. A construção do conhecimento; 2.4. A aprendizagem significativa; Seção 2.5. Estratégias pedagógicas de ensino; Seção 2.7. Os mapas conceituais; Seção 2.7. Considerações sobre o capítulo

2.1. O desafio do ensino individualizado

A tutoria é um método para interação pedagógica (Tébar, 2011), (Moran, Masetto, & Behrens, 2000), (Aragón, 2016) utilizada há milhares de anos. Nessa interação o tutor avalia o aprendizado do aluno durante o curso das experiências de aprendizagem, sana dúvidas, acompanha sua frequência, afere sua motivação e fornece suporte, geralmente tempestivo, para que a sobrecarga cognitiva, decorrente do próprio processo de aprendizagem, seja minimizada, a fim de tornar esse momento agradável e satisfatório.

Este acompanhamento por sobre os ombros necessita de uma estrutura predeterminada, ou seja, utiliza uma referência a partir da qual guia o tutorado no caminho para que possa aprender, sem que se perca com distrações e ruídos oriundos do ambiente ou de suas próprias dúvidas e questionamentos.

A tutoria é uma abordagem muito eficaz e com resultados relevantes, uma vez que o acompanhamento se dá individualmente, respeitando as

particularidades do aluno, como suas potencialidades, limites, debilidades e tempo.

Seria excelente se esse modelo pudesse ser aplicado em grande escala, entretanto, por limitações de economia, tempo e interesse, foi viabilizado na maior parte nos casos de ensino individual ou ainda para pequenos grupos.

2.2. Os sistemas tutores inteligentes

Nesse contexto e como uma tentativa de suprir essa demanda foram desenvolvidos ainda na década de 60 (Richardson & Polson, 1989), os primeiros sistemas para ajuda ao ensino. Eram as primeiras tentativas para automatização de ensino e baseavam-se em apresentar o conteúdo selecionado pelo professor de forma estruturada e em sequências pré-determinadas, reproduzindo assim a metodologia de ensino aplicada nas escolas, só que agora de forma automatizada. Essa arquitetura foi denominada de CAI (Computer Assisted Instruction).

Entretanto, foi em meados da década de 70 que se ouviu falar pela primeira vez nos sistemas tutores inteligentes. Como propostos, eram sistemas de computador que visavam guiar, assim como um professor particular, o aprendiz na direção dos passos de aprendizado de forma personalizada, considerando suas potencialidades e debilidades e por meio de uma abordagem individuada, desenvolver seu arcabouço conceitual de forma otimizada.

Nessa época, Carbonel (Carbonell, 1970) propôs um modelo que considerasse a dinâmica existente entre aluno e professor, apresentando uma arquitetura tripartida, composta pelo modelo do aluno, responsável pelo comportamento e outras questões particulares do aprendiz como seu conhecimento sobre o domínio, o modelo de domínio que continha o conteúdo a ser apresentado com suas regras e premissas e o modelo do tutor, responsável pela seleção de estratégias e táticas para apresentação de conteúdo em função das características do aluno. Esse modelo concentrava-se em propiciar interações entre aluno e professor por meio de um conjunto reduzido de linguagem natural, a fim de estabelecer uma experiência personalizada e menos

impessoal, levando em conta o perfil do aprendiz, além de preocupar-se em capturar as mudanças prováveis durante o processo de aprendizado, assim como ocorre numa sala de aula. Essas interações eram realizadas por meio das interfaces de software expostas ao aluno. Na figura 2.1 a seguir apresentamos a arquitetura clássica de um STI, tal como proposta por Carbonel.

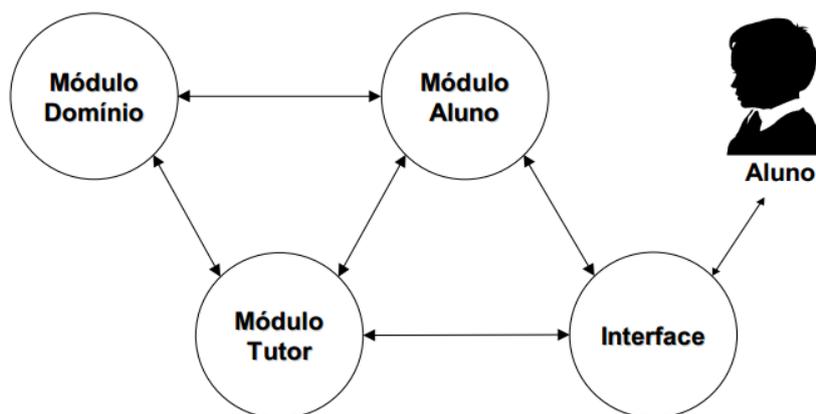


Figura 2.1.Arquitetura clássica de um STI

Apesar desse modelo proporcionar avanços em relação ao que foi produzido na década anterior, ainda apresentava-se aquém de um modelo que pudesse considerar as questões particulares do aprendiz pois era limitado pela tecnologia da época, mesmo assim, representava, juntamente com outros trabalhos (Wenger, 1987), os primeiros sistemas tutores inteligentes (STI).

Durante décadas, as limitações tecnológicas de hardware e software impediram o desenvolvimento de tutores que pudessem ser utilizados em sua plenitude para ensino personalizado ao aprendiz.

Ainda hoje é um grande desafio a representação de domínios complexos e a aferição de aprendizagem do aluno com a diferenciação entre o que é uma má interpretação e o que é uma real falha conceitual de domínio, assim como a abordagem apropriada de ensino a ser utilizada pelo tutor.

Segundo (Goulart & Giraffa, 2001), os STI tem como principal objetivo realizar a tarefa de ensino de um dado conteúdo (domínio) na forma mais

adaptada às necessidades individuais do aluno. Para isso, é necessário conhecer, tempestivamente, as necessidades do aprendiz a serem sanadas de modo a suprir suas lacunas conceituais enquanto a interação acontece.

Giraffa apresenta em seu trabalho (Giraffa, Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais., 1999) e (Goulart & Giraffa, 2001), uma abordagem iterativa chamada coreografia (figura 2.2) para o processo de interação tutor-aprendiz. Ela se concentra em satisfazer de forma adaptável, e a partir de ciclos, o modelo cognitivo do aluno, uma vez que esse modelo se encontra sempre em mudança no decorrer das interações. Assim, o domínio é organizado e apresentado pelo STI de acordo com os objetivos educacionais propostos, visando sempre alterar o estado cognitivo do aluno com a finalidade de aprendizado.

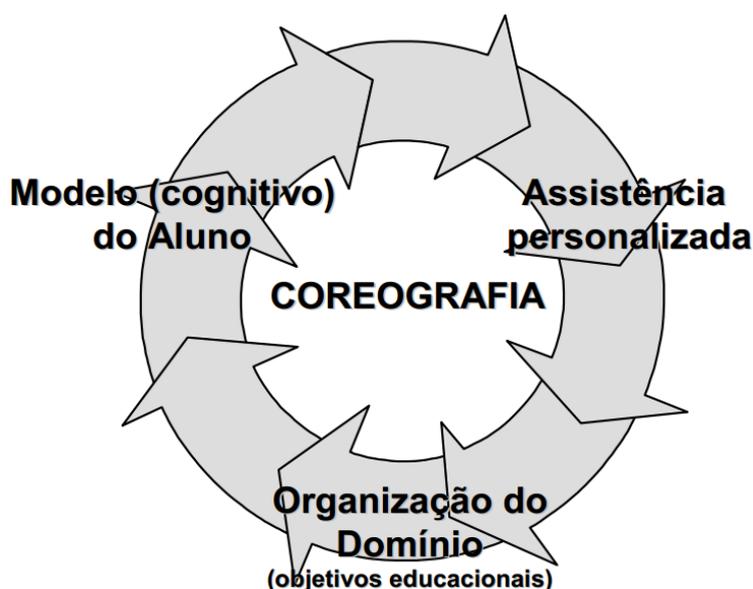


Figura 2.2. Abordagem de coreografia

Analisar, argumentar, problematizar e reorganizar ideias são ações que impulsionam o processo de aprendizagem, que pode ser considerado (Piaget J. .., 1976) como uma sucessão de reconstruções majorantes a partir de desestabilizações do conhecimento construído anteriormente.

Essa abordagem permite que o tutor efetue um atendimento personalizado, baseado nas características individuais do aluno, levando em conta a estratégia de ensino de acordo com os objetivos educacionais de domínio.

Mesmo com o avanço do processamento de linguagem natural e da inteligência artificial, o ensino de maneira flexível com a utilização de diferentes estratégias e abordagens ainda é um limitador.

A despeito de termos adquirido o conhecimento de técnicas (Giraffa & Vicari, Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes Modelados através da Tecnologia de Agentes, 1999) que permitam alcançar melhores resultados que os obtidos com os tutores clássicos, fundamentados em um único método de ensino e aprendizagem (isto pelo fator limitante da quantidade de regras que podiam ser descritas em seu arcabouço), é necessário que se desenvolvam métodos que satisfaçam não só as carências individuais do aprendiz, mas também que essas carências sejam supridas, pautadas na necessidade plural dos organismos que o cercam em seu ambiente e com os quais interage. Essa abordagem individual que considera os aspectos coletivos permite que se trabalhe a lacuna coletiva

Assim, não é suficiente que o tutor apenas apresente o conteúdo sob a perspectiva necessária ao aluno quando realiza as correspondências entre o modelo do aluno e o modelo de domínio para tomada de decisões didáticas e pedagógicas, mas também, que a ordem em que o conteúdo é apresentado e a maneira com que os assuntos estão relacionados, sejam escolhidos tendo a consciência de que produzem diferentes resultados na aprendizagem. Além disso, é preciso que reflitam, não só um locus de conhecimento pessoal, mas coletivo.

Alguns trabalhos (Wenger, 1987), buscaram formas de ajustar a estratégia de ensino à medida que as interações ocorriam, mas não passaram de ajustes de parâmetros, não alcançando o resultado pretendido.

Uma evolução da clássica arquitetura tripartida foi o uso de agentes de software, chamados de agentes pedagógicos. Eles têm a finalidade de dividir a carga de trabalho e classificam-se em relação ao comportamento que assumem, podendo participar incisivamente de forma diretiva, com a condução de todo o processo de aprendizado, de forma facilitadora, invocado apenas quando necessário ou em nuances destas abordagens.

A arquitetura multiagente, possibilita maior monitoramento e interação entre o aprendiz e o tutor, uma vez que agentes podem se adaptar e aprender durante uma sessão, além de distribuir tarefas permitindo um melhor desempenho do sistema, subdividindo a complexidade da tutoria em tarefas menores (Goulart & Giraffa, 2001). Assim, o módulo do tutor de uma arquitetura clássica poderia ser formado, por exemplo, não por uma única entidade de software, mas como uma composição de inúmeros agentes.

Mesmo com a evolução tecnológica dos tutores, uma questão ainda em aberto é a necessidade de proporcionar a utilização de diferentes estratégias pedagógicas de ensino, a fim de que tornar o processo de ensino menos mecânico e mais flexível aos diferentes perfis cognitivos de alunos, permitindo que a evolução dos STI alcance não só patamares tecnológicos, mas seja aliada à mudanças na abordagem pedagógica para que, conjuntamente, promovam avanços que reflitam a mudança de paradigma, não só estrutural, mas comportamental, contribuindo para a evolução da teoria e prática educacionais e não sejam apenas mais uma automatização metodológica.

Entretanto, antes de tratarmos das estratégias pedagógicas, é necessário entender a forma como estruturamos nosso arcabouço cognitivo a fim de promover o aprendizado. Na próxima seção apresentaremos a questão da aprendizagem significativa e como ela se relaciona com o processo construtivista de conhecimento.

2.3. A construção do conhecimento

Sempre que novos conceitos são adquiridos é necessário que, para serem aprendidos e consolidados, sejam anexados às estruturas cognitivas, já existentes (Ausubel, *The psychology of meaningful verbal learning*, 1963), da mente do organismo, obedecendo assim, uma ligação semântica em relação aos demais.

Esse processo de adesão ocorre ligando-se esse novo conceito a outros que possuam relações de aproximação com os elementos conceituais dessa estrutura.

Assim, esse novo elemento conceitual se liga a um elemento preexistente dessa estrutura que referencia a outro e assim por diante, estabelecendo uma relação de continuidade, formando uma grande teia de conceitos, que de forma conjunta, representa o conhecimento acerca de um determinado tema e assuntos relacionados.

Por vezes é necessário que esta estrutura seja rearranjada para que a introdução do novo conceito possa ser aderente à conceitos que possuam relação de dependência transitiva, ou ainda, para que essa inextricável rede, como um todo, produza sentido completo para esse novo arcabouço conceitual.

Isso se parece muito com nossa estrutura fisiológica neuronal em que, cada neurônio conecta-se a outro de modo a organizar a informação e estabelecer a continuidade do fluxo de dados por meio das sinapses nervosas.

Numa perspectiva semelhante, Piaget em seus ensaios (Piaget J. ..., 1976), propõe que todo indivíduo, a menos que contenha algum déficit ou restrição orgânicos, nasce com as mesmas condições fisiológicas suficientes para o desenvolvimento de atividades cognitivas, sendo a interação com o meio o fator primordial para que a aquisição de conceitos seja estabelecida como conhecimento em seu arcabouço conceitual. Assim, todos possuem plenas condições de desenvolvimento cognitivo segundo o nível ao qual foram estimulados para que obtivessem suporte a ele.

Dessa forma, sempre que determinado processo cognitivo estimula um conjunto de neurônios, eles se organizam de modo a estabelecer um caminho de aprendizado, alterando e reprogramando seu arcabouço conceitual, e a cada interação de reforço reorganizam-se de modo a otimizar o processo cognitivo.

Por outro lado, quando neurônios adjacentes, responsáveis por outras áreas, não recebem o estímulo suficiente para desenvolvimento e estabelecimento de conhecimento, são deslocados e rearranjados/remanejados para as estruturas cognitivas mais próximas, afim de contribuir de forma colaborativa com elas, buscando dar eficiência e sentido uma vez que estão inutilizados.

De forma análoga, esse interessante processo de rearranjo, formado por agrupamento entre os conceitos, em que cada conceito é agregado à outro por alguma relação de proximidade, estabelecida intrinsecamente pelo organismo no momento da ligação por alguma afinidade semântica, permite que conceitos

sobre um determinado tema geralmente fiquem próximos, assim como a associação com seus assuntos relacionados.

2.4. A aprendizagem significativa

Os teóricos construtivistas defendem que o conhecimento não é absorvido (Jones & Brader-Araje, 2002), (Sjøberg, 2007) mas construído nos meandros da mente do aprendiz, por ele mesmo, de dentro pra fora. Assim, é importante que pensemos um pouco acerca dessa construção para que conheçamos e consideremos os fatores que influenciam a aprendizagem, assim, seremos mais assertivos quando do seu uso nas estratégias pedagógicas de ensino.

Nesse contexto, convém refletir sobre a teoria de aprendizagem de David Ausubel (Ausubel, *The psychology of meaningful verbal learning*, 1963) e (Ausubel, *Educational psychology: a cognitive view.*, 1968), o conceito de aprendizagem significativa nela apresentado e como se relacionam com o desenvolvimento cognitivo.

A aprendizagem significativa é o processo pelo qual uma nova informação se relaciona com a estrutura cognitiva do aprendiz e a ela é anexada. Um importante princípio é que essa adesão, ao arcabouço cognitivo, não é feita de qualquer forma mas, de maneira não arbitrária e substantiva (não literal). A não arbitrariedade diz respeito ao critério com que o material potencialmente significativo relaciona-se com o conhecimento já existente na mente do aprendiz, conhecimento esse, chamado de subsunçor.

Dessa forma, esse conhecimento funciona como matriz ideacional e serve de âncora para a nova informação emergente. A substantividade significa que o material a ser anexado à estrutura cognitiva é a substância ou teor do novo conhecimento em si e não a palavra ou proposição que o representa.

Segundo Ausubel (Ausubel, *The psychology of meaningful verbal learning*, 1963), esses dois conceitos são fundamentais para a aprendizagem significativa, assim como, a existência de conhecimento prévio ou subsunçores. Quando eles não existem, a aprendizagem torna-se mecânica ou automática.

Dentre os tipos de aprendizagem significativa, o mais básico é a aprendizagem representacional, ela descreve o significado de símbolos individuais e é bastante comum nos primeiros anos de vida, acontecendo com a internalização de símbolos. Vygotsky (Vygotsky, Pensamento e linguagem, 1987), (Vygotsky, A formação social da mente., 1988) aborda a internalização de símbolos como parte de um processo social em que o desenvolvimento cognitivo ocorre dentro de um contexto social, histórico e cultural, assim, a interiorização e/ou reconstrução de significados acontece primeiro em nível social para somente depois acontecer em nível individual.

Um tipo de aprendizagem representacional é a aprendizagem conceitual em que o significado de conceitos, que também podem ser representados por símbolos, são assimilados pelo aprendiz de forma abstrata ou em mais alto nível. Esse tipo de aprendizagem exige um nível maior de percepção e julgamento por parte do aprendiz.

Quando é obtido o entendimento do significado das proposições, representadas por conceitos ou grupos de palavras e a semântica por trás das ideias nelas contidas, estamos nos referindo à aprendizagem proposicional. Para Philip Johnson-Laird (Johnson-Laird, 1983), proposições são representações de significados, totalmente abstraídas, que são verbalmente expressáveis, assim, correspondem à cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural.

Essas perspectivas de aprendizagens nos remetem a uma estrutura cognitiva hierárquica que, para Ausubel, são classificadas em termos de níveis de abstração, generalidade e inclusividade. Assim, conceitos mais específicos são subsumidos por conceitos mais genéricos, nos quais são ancorados, estabelecendo uma estrutura cognitiva em níveis.

Quando a nova informação é mais genérica a ponto de poder ligar-se aos subsunçores, subjugando-os, a fim de tomar seu lugar na hierarquia, dizemos que a aprendizagem é superordenada. Se no entanto, ela ficar debaixo do conhecimento pré-existente do aprendiz, dizemos que a aprendizagem significativa é subordinada, podendo ser subordinada derivativa, nos casos que corroboram com os subsunçores ou subordinada correlativa, quando for uma extensão deles.

Há porém os casos que os conceitos advindos não estão aninhados hierarquicamente por não satisfazer critérios de superordenação ou subordinação, e por isso, acomodam-se paralelamente. A esse tipo de aprendizagem chamamos aprendizagem significativa combinatória, sendo muito comum em casos de conceitos que possuem relações ditas explanatórias.

Essas perspectivas são interessantes pois permitem não só construir o entendimento de uma arquitetura cognitiva de relacionamento entre conceitos mas também estabelecer, com critério, pré-requisitos que satisfaçam a aprendizagem significativa.

A construção de arcabouços conceituais é idealizada em diferentes teorias da aprendizagem, indicando, em grande parte delas, a aprendizagem significativa como um conceito subjacente. Moreira (Moreira & Rodríguez, 1997), tratou dessa questão realizando uma comparação entre as diferentes teorias e o seu relacionamento com a aprendizagem significativa. Segundo ele, podemos imaginar a construção cognitiva em termos dos subsunçores de Ausubel, dos esquemas de (ação) assimilação de Piaget, da internalização de instrumentos e signos de Vygotsky, dos construtos pessoais de Kelly ou dos modelos mentais de Johnson-Laird. Enfim, em qualquer destas teorias há sentido falar em aprendizagem significativa, uma vez que todas estas teorias são construtivistas e a aprendizagem significativa subjaz à construção humana.

Mesmo assim, um importante aspecto a ser considerado é o da aprendizagem significativa sob uma perspectiva humanista, complementar aos traços puramente cognitivos, esta visão foi apresentada por Novak (Novak J. , A theory of education, 1977) e (Novak & Gowin, Learning how to learn, 1984)

Apesar de Ausubel considerar aspectos afetivos em seus trabalhos sobre aprendizagem significativa ao mencionar a necessidade de interesse do aluno como fator determinante para o aprendizado, ou seja, é preciso que exista não só conteúdo potencialmente significativo, mas também haja pré-disposição para relacioná-lo ao conteúdo prévio, foi Novak, segundo Moreira (Moreira & Rodríguez, 1997), quem deu um toque humanista à aprendizagem significativa de modo a refiná-la.

Novak (Novak J. , A theory of education, 1977) aborda o ser humano como organismo que pensa, sente e age, assim, um evento de aprendizagem estaria relacionado, mais do que a construção cognitiva de conceitos, mas a uma ação de troca de significados e sentimentos entre aprendiz e tutor. Dessa forma, toda vez que o aprendiz tem a sensação que está aprendendo algo, é gerado nele sentimentos positivos, por outro lado, quando tem a sensação que não está aprendendo nada ou a experiência de aprendizagem é ruim, é gerado nele sentimentos negativos que dificultam a aprendizagem significativa. Com essa corrente de pensamento, Novak deu um novo significado à aprendizagem significativa, subjazendo-a à construção do conhecimento humano de modo a integrar positivamente pensamentos, sentimentos e ações, conduzindo ao engrandecimento pessoal.

Essa interação que leva à aprendizagem deve ocorrer, segundo Vigotysky (Vygotsky, A formação social da mente., 1988), (Vigotski, 2015), dentro de região chamada de zona de desenvolvimento proximal. Essa região é semanticamente a diferença entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo e o potencial de desenvolvimento cognitivo quando sob orientação ou em colaboração com pessoas mais capazes. Nesta interação que deve caracterizar este ensino, o professor é o participante que já internalizou significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo e procura fazer com que o aprendiz também venha a compartilhá-los (Moreira & Rodríguez, 1997).

De modo a corroborar com o trabalho de Novak, Gowin (Gowin, 1981) aborda um evento de aprendizagem como uma oportunidade de troca de significados entre aluno e professor. Esta abordagem aproxima-se um tanto da de Vygotysky.

Num evento de aprendizagem o papel do professor é atuar a fim de possibilitar a mudança de significados do aluno, apresentando significados já compartilhados e aceitos pela comunidade a respeito do material do currículo. Essa abordagem ocorre num processo iterativo em que o professor compartilha significados e o aprendiz devolve a ele os conceitos captados. Caso o professor perceba que alguns conceitos não puderam ser assimilados, deve rerepresentá-los de outro modo. Esse processo iterativo continua até que o professor julgue

suficiente a assimilação de conceitos por parte do aprendiz, de acordo com o que pretendia realizar. Assim, nesse modelo de três partes, cabe ao professor compartilhar o conteúdo de ensino pertencente a um currículo e verificar se o que o aluno percebe é aderente a ele e ao aluno informar ao professor o que tem aprendido. De qualquer forma, reside no aprendiz a decisão do querer ou não aprender.

As teorias da aprendizagem que foram citadas dizem respeito à forma como construímos o arcabouço conceitual, sem no entanto, apresentar as estratégias pedagógicas de ensino para que isso ocorra. Na próxima seção trataremos dessas estratégias e como podem ser utilizadas considerando as teorias mencionadas.

2.5. Estratégias pedagógicas de ensino

Orquestrar o processo de ensino considerando a forma como construímos a estrutura conceitual em nossas mentes é uma tarefa difícil. A apresentação de conteúdo flexível e aderente às necessidades do aprendiz é uma das tarefas inerentes desse processo e deve ser feita buscando-se ponderar e entender os fatores que influenciam a aprendizagem significativa e para isso, devemos ter uma visão não só externa, mas também sob a ótica do aprendiz.

Uma estratégia de ensino que realiza uma tentativa de flexibilização da apresentação de conteúdo aos estudantes, foi a exposição de conteúdo com diferentes níveis de abstração (Hirashima, 2018), visando permitir que fossem utilizados diferentes estilos de aprendizagem, de forma a extrapolar as capacidades de um STI clássico. A apresentação de processos e informações a partir de múltiplas perspectivas e níveis de abstração, a fim de que os alunos apreciem o poder das diferentes formas de conceituar um problema (Richard R. Burton, 1988), é uma estratégia que aparece repetidamente em STI. Ela permite a formulação conceitual a partir das próprias conclusões do aluno na busca para solução de uma questão, sendo uma poderosa técnica pedagógica a ser utilizada em sistemas tutores inteligentes.

Ausubel (Ausubel, Educational psychology: a cognitive view., 1968) se refere à essa questão com a apresentação dos princípios programáticos do conteúdo da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva é o princípio no qual as ideias mais gerais e inclusivas são apresentadas no início da instrução e são progressivamente diferenciadas em nível de detalhes. Segundo ele, é menos difícil para o aprendiz assimilar conceitos com maior nível de abstração e ir especializando do que inferir, à primeira vista, as diferenças entre conceitos mais específicos. Isso tem a ver com a forma na qual estruturamos a informação em nossa mente, em que conceitos mais gerais ocupam o topo da hierarquia subordinando progressivamente os conceitos e proposições mais específicas.

A reconciliação integrativa refere-se ao processo de encontrar similaridades e relações entre conceitos reconciliando as discrepâncias reais ou aparente entre eles. Assim, o conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também aproveitar as relações entre proposições e conceitos, chamando atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliando inconsistências reais ou aparentes.

Hirashima (Hirashima, 2018) apresenta um método que utiliza níveis hierárquicos de abstração para o entendimento de um modelo de problema e a utilização de estratégias de tutoria para sua resolução. Sua proposta fundamenta-se em preocupar-se, antes da apresentação dos conceitos deficientes ao aluno, como preconizava os tutores anteriores, com a certeza de entendimento do problema a fim de serem selecionados os métodos de solução adequados para ele. Ele se concentra no entendimento do problema a partir da decodificação dos índices ou construtos captados dele como por exemplo, valores de variáveis, sentenças ou estabelecimento de relações entre conceitos. Assim, a solução de uma questão, quer seja a resolução de um problema matemático ou estabelecimento de associações semânticas entre conceitos é recuperada quando ocorrer uma correspondência entre os construtos obtidos do problema e um dos métodos de solução conhecido pelo aprendiz.

Segundo Hirashima, a solução do problema sempre demanda gasto de energia do aprendiz. Quando o esforço para entendimento do problema é superior em relação ao esforço para seleção de sua solução, ocorre prejuízo ou

gasto da capacidade cognitiva. Isso é definido em termos dos conceitos de recurso e foco. Recurso é a reserva intelectual inerente a cada organismo para resolução de problemas e está relacionado a um valor psicológico, assim, quando o recurso acaba, também acaba a inclinação e motivação para resolução de problemas. Por outro lado, quando o caminho de raciocínio é promissor, o valor do recurso aumenta a partir da potencialização do foco dado pelo aprendiz, esse fenômeno é definido como efeito de focagem (Hirashima, 2018).

Se o aprendiz consegue resolver problemas e estabelecer ligações semânticas entre conceitos com maior nível de abstração, consome maior quantidade de recursos, uma vez que são fornecidos menor número de construtos para resolver uma questão ou associar um significado. Por outro lado, um menor nível de abstração consome menor quantidade de recursos uma vez que possui maior número de construtos, permitindo maior possibilidade para recuperação de uma solução do problema ou estabelecimento de relações entre conceitos. Mesmo que seja difícil estimar a quantidade de recurso de um indivíduo, uma inferência nos permite estabelecer a seguinte relação entre os conceitos de recurso, foco e abstração.

$$Recurso \propto \frac{Foco}{Abstração}$$

Esses conceitos devem ser considerados para que o tutor disponha de estratégias eficientes de tutoria, com a minimização da utilização de recurso e aumento de foco, apresentando construtos que catalisem o processor cognitivo para entendimento do problema e a seleção da melhor solução.

Um conceito importante a mencionar quando tratamos da catalisação do processo cognitivo com economia de recursos é o de *chuncking* que se refere a como organizamos a informação e a processamos para gravação e recuperação em nossa memória.

Chuncking ou fragmentação da informação é uma abordagem para contornar o gargalo da memória de curto prazo, mesmo que, geralmente

aproveite as informações existentes em nossa memória de longo prazo. Ela fundamenta-se em experimentos que explicitam que pessoas comuns, em média, conseguem manipular sete pedaços de informação na memória de curto prazo de cada vez (Miller, 1955).

Mesmo que o processo de codificação de memórias em memória de longo prazo para recuperação posterior, seja o mesmo, quer a informação esteja fragmentada ou não (Miller, 1955), é importante para aprendizagem que a informação seja apresentada dentro da capacidade cognitiva do aprendiz, de forma a economizar recursos cognitivos.

Nesse contexto, outro conceito importante a ser apresentado é o da teoria da carga cognitiva (Sweller, 1988). Ele diz respeito às restrições sob as quais nossas mentes são impostas ao trabalhar com uma quantidade significativa de informação simultânea de modo a ficar sobrecarregada e exaurindo a quantidade de recursos. Complementarmente, Mayer propôs (Mayer, 2001) um conjunto de 12 princípios da aprendizagem, dentre os quais destacamos o princípio de segmentação. Ele afirma que as pessoas aprendem melhor quando uma lição contínua complexa é dividida em segmentos separados, assim é menos provável que a memória de trabalho do aprendiz seja sobrecarregada com o processamento essencial quando o conteúdo é apresentado em pedaços menores em vez de todo de uma vez. Na equação a seguir, apresentamos o relacionamento entre a carga cognitiva e o número de fragmentos do conteúdo, omitindo os outros princípios. A partir dela, nota-se que, quanto maior o número de fragmentos, menor a carga cognitiva.

$$Carga\ Cognitiva \propto \frac{1}{N^{\circ}\ de\ fragmentos\ do\ conteúdo}$$

Outro fator importante a ser considerado para a construção da aprendizagem é o número de apresentações do conteúdo ao aprendiz de modo a sedimentar o entendimento e compreensão. A teoria construtivista de instrução de Bruner (Bruner, 1976), identifica que as características de prontidão, estrutura de conteúdo, sequenciamento e reforço combinadas, permitem a instrução

efetiva e fundamentam a ideia de aprendizado em espiral. O aprendizado em espiral refere-se à ideia de visitar conceitos básicos repetidas vezes, construindo sobre eles o nível de plena compreensão e domínio. A teoria ausubeliana (Ausubel, *Educational psychology: a cognitive view.*, 1968) considera essa mesma questão como princípio da consolidação. Ela consiste em adquirir domínio e fluência acerca de um conceito pela sua revisão repetidas vezes antes que novos materiais sejam introduzidos, assegurando-se a contínua prontidão na matéria de ensino de modo a aumentar a probabilidade de êxito na aprendizagem.

Sob essas circunstâncias, é preciso considerar que para preencher a lacuna existente entre o aprendizado planejado pelo professor e aquele que o aprendiz construiu, é necessário a apresentação de conceitos de domínio não só em nível de abstração compatível com o arcabouço cognitivo do aluno, mas também refletindo outros fatores como, por exemplo, a carga cognitiva que ele suporta, a quantidade simultânea de conceitos que consegue manipular na memória de curto prazo e o número de vezes que já foi apresentado anteriormente.

Num nível abstração mais alto, de forma mais geral, podemos deduzir por inferência que a aprendizagem é diretamente proporcional à quantidade de recurso cognitivo disponível no aprendiz, ao número de iterações do conteúdo revisitado e ao número de fragmentos do conteúdo a ser apresentado.

$$Aprendizagem \propto \frac{\text{Recurso} \cdot \text{N}^\circ \text{ Iterações}}{\text{Carga Cognitiva}} = \text{Recurso} \cdot \text{N}^\circ \text{ Iterações} \cdot \text{N}^\circ \text{ Fragmentos}$$

Uma vez dispor da quantidade adequada de recurso cognitivo e planejadas as iterações e fragmentos de conteúdo a serem apresentados é também necessário que sejam expostos numa sequência coesa e com o nível de abstração requerido pelo aprendiz, a fim de propiciar o ambiente favorável à aprendizagem significativa, a partir da maximização desses fatores. Ausubel trata por organização sequencial a disposição da informação em ordem de modo

que se torne a mais coerente possível em termos de conteúdo, observando os princípios de diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

A circunstâncias e dinâmica em que são orquestrados e utilizados os fatores mencionados anteriormente compõem a estratégia pedagógica de ensino. Sua seleção adequada é um aspecto crucial para garantir a qualidade do aprendizado.

A seleção da estratégia, com os valores apropriados de parâmetros mencionados, depende de muitos fatores como o nível de conhecimento do estudante, sua motivação, características afetivas, emocionais, além questões referentes ao domínio (Giraffa & Vicari, Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes Modelados através da Tecnologia de Agentes, 1999), dessa forma, a utilização da mesma estratégia não produz um efeito satisfatório para todos os estudantes. Segundo Frasson (Frasson, Mengelle, & Aimeur, 1997) cada estratégia tem vantagens específicas, por isso a importância da assertividade em relação à determinado aluno.

Portanto, a escolha da melhor estratégia ainda é um desafio porque depende diretamente do modelo do aluno e seu entendimento sobre o domínio em questão. Em outras palavras, mesmo guiando-se pelos fatores gerais a partir dos quais construímos o conhecimento, é necessário sintonizá-los, parametricamente, para atender ao modelo de cada estudante, a fim de que ele possa assimilar e estruturar construtivamente o conjunto de conceitos em seu arcabouço, anexando a nova informação à sua rede conceitual. Alguns valores de parâmetros podem ser ajustados antes do processo de ensino, todavia, outros somente podem ser calibrados dinamicamente, na interação do aprendiz com o tutor, com a consequente construção ou atualização tempestivamente de seu perfil cognitivo.

Murray (Murray, 1997) defende que as estratégias pedagógicas de ensino devem ser complementadas com as táticas pedagógicas, dessa forma, o tutor apresentaria o planejamento nesses dois níveis, em que as estratégias pedagógicas diriam respeito sobre a forma como ensinar e as táticas pedagógicas sobre as ações para efetivar a estratégia selecionada.

Existem algumas estratégias (Richard R. Burton, 1988) , (Giraffa, Seleção e adoção de estratégias de ensino em sistemas tutores, 1997) e (Giraffa & Vicari, Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes Modelados através da Tecnologia de Agentes, 1999) que podem ser utilizadas em sistemas tutores inteligentes que apresentam tutores com variados comportamentos tais como socrático, reativo, técnico ou coaching, assistente ou colaborativo, ajudador e modelador, mesmo que em grande parte, os tutores construídos utilizem uma combinação dessas estratégias de forma a cobrir maiores possibilidades de perfis cognitivos, entretanto, gostaríamos nos concentrar numa estratégia de ensino fundamentada na teoria apresentada por Ausubel e revisitada por Novak. Segundo Moreira (Moreira & Rodríguez, 1997) a teoria original de Ausubel, enriquecida por Novak, apesar de também ser uma teoria de aprendizagem, é a que mais oferece, explicitamente, diretrizes instrucionais, princípios e estratégias que se pode vislumbrar mais facilmente como pôr em prática, além disso, são as que estão mais perto da sala de aula, isto porque, diferentemente de outras teorias, nas quais a ideia de aprendizagem significativa está subjacente, a teoria de Ausubel é uma teoria de aprendizagem em sala de aula.

2.6. Os mapas conceituais

Uma técnica desenvolvida por Novak (Novak & Gowin, Learning how to learn, 1984), decorrente da teoria de Ausubel é a dos mapas conceituais. Mapas conceituais são representações gráficas usadas para representar conceitos e a relação entre conceitos na forma de proposições. Uma proposição é uma unidade semântica formada pela ligação de dois ou mais termos conceituais ligados por palavras. A figura 2.3 seguir exemplifica a construção de um mapa conceitual.

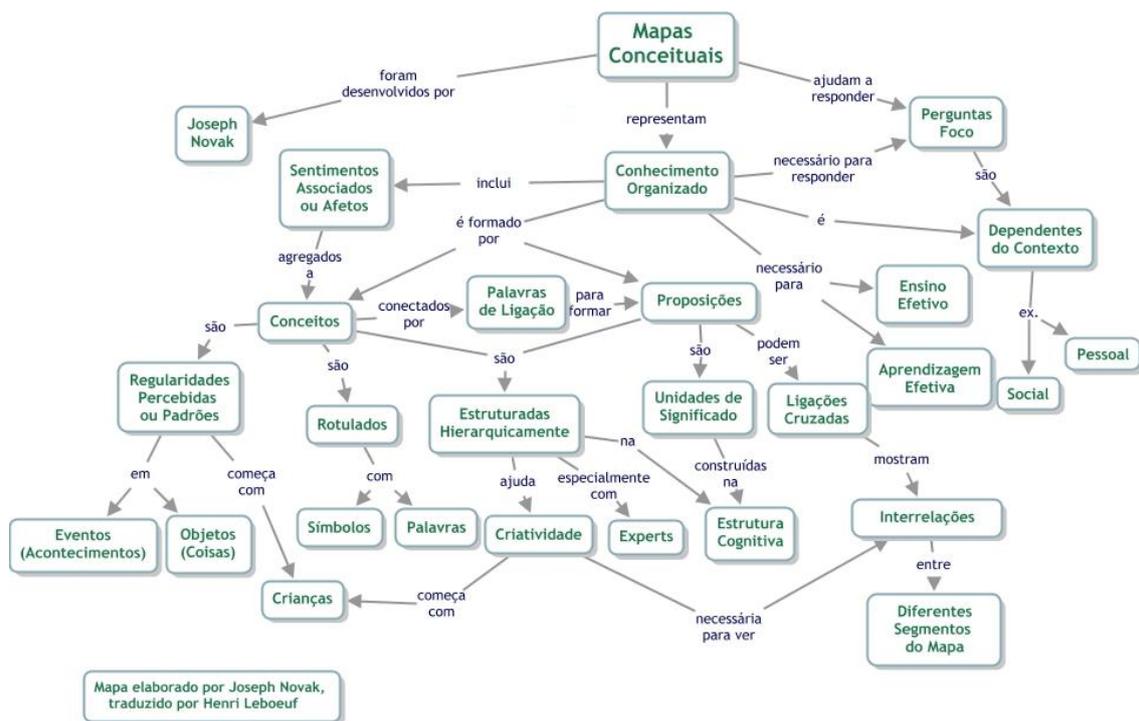


Figura 2.3. Exemplo de mapa conceitual

Novak enfatiza que exceto para um grupo relativamente pequeno de conceitos, aprendidos muito cedo, quando ainda crianças por descoberta, os demais conceitos que aprendemos são adquiridos por meio da composição de proposições em que estão incluídos. Assim, diferentemente da abordagem sócrática em que o conceito é descoberto por inferência a partir de deduções do próprio aprendiz, na abordagem com uso de mapas conceituais, a informação é apresentada de forma expositiva, ou seja, pronta para recepção, sem lacunas a serem preenchidas por hipóteses construídas pelo próprio aprendiz. Esse processo simplifica o caminho de aprendizado, uma vez que, desonera o aprendiz da carga de construção da descoberta do processo cognitivo, deixando-o disponível para concentrar-se em ligar o novo conceito aos pré-existentes.

Este tipo de aprendizagem pode se tornar significativa desde que os aprendizes estejam motivados para aprender e o material didático seja potencialmente significativo, considerando o que cada estudante já sabe para relacionar melhor tais conhecimentos com o novo conceito a ser aprendido.

Os mapas conceituais podem ser utilizados de diferentes formas, de acordo com o objetivo que se queira obter. Podem ser utilizados numa mesma disciplina de forma individual ou conjuntamente ou ainda de forma a sumarizar os conceitos de uma disciplina quando ministrada por diferentes professores em diferentes turmas para alcançar um mesmo nível de aprendizagem entre todos os estudantes, independente de quem seja o professor.

Com mapas conceituais é possível explicitar o arcabouço conceitual, tanto do aluno quanto do professor, limitando-os a se concentrarem nos conceitos que são realmente relevantes, abstraindo os que turvam o entendimento de domínio e separar a informação mais significativa da trivial, de modo que, ao término do evento de aprendizagem, eles representam o resumo do que foi aprendido, sendo assim, uma técnica para explicitar conceitos e proposições.

Fundamentados na teoria de aprendizagem de Ausubel, os mapas conceituais são construídos em níveis de hierarquia, isto é, os conceitos mais relevantes e inclusivos ficam no topo da hierarquia subsumindo os menos inclusivos.

O interessante no processo de elaboração dos mapas conceituais é a descoberta de relacionamento entre conceitos que outrora eram despercebidos, permitindo que os alunos estabeleçam novos significados entre eles. Esse comportamento não é privilégio somente do aluno! Professores podem a tempo perceber quais conceitos emergem dessa ressignificação e quais não foram apresentados por ele preliminarmente.

Um aspecto muito importante na construção de mapas conceituais é a fomentação de pensamento refletivo, ou seja, fazer algo de forma controlada, que implique levar e trazer conceitos, bem como juntá-los e separá-los de novo.

Segundo Novak, os estudantes necessitam praticar o pensamento refletivo como exercício, assim, o fazer e o refazer de mapas conceituais e o seu compartilhar com os outros pode ser considerado um esforço de equipe no exercício de pensar. Sob essa perspectiva, perceba que uso de mapas conceituais vão além da externalização de conceitos, mas permitem a troca ou negociação de conceitos ou significados entre o aprendiz e professor.

Uma questão interessante levantada por Novak é:

” À primeira vista, poder-se-ia dizer o seguinte: se o professor (ou o livro de texto) sabem supostamente o que é correto, como é que se pode sugerir que deve haver negociação com o aluno? ”

A resposta para essa questão reside na premissa que conhecimento não pode ser absorvido, e por isso, é preciso de que ele seja construído em termos de uma aprendizagem significativa e para que isso ocorra é necessário dialogar, trocar e compartilhar significados.

Isso evidencia a importância individual do aprendiz e professor nesse processo. O aprendiz deve deixar claro quais conceitos tem percebido e aprendido no processo de ensino e o professor deve garantir que aquilo que o aprendiz assimila é realmente o que pretendia ensinar, além do dever de conduzi-lo no conteúdo de domínio de forma adequada. Quando os mapas conceituais são conscientemente elaborados, revelam extraordinariamente bem a organização cognitiva dos estudantes. É sobre esse relacionamento de responsabilidades individuais definidas que ocorre o compartilhar de significados, assim, não é nobre apenas o papel que o professor exerce nessa coreografia mas também o do aluno quando percebe sua importância no direcionar da atividade de ensino pela explicitação correta daquilo que tem aprendido.

Um grande benefício do uso de mapas conceituais é o registro de conceitos que representam o aprendizado num determinado período do tempo, ou seja, eles não representam o conhecimento em seu estado definitivo, assim, podem ser continuamente desenvolvidos à medida que os conceitos são amadurecidos pelo seu conhecimento em profundidade. Os mapas conceituais devem ser desenhados várias vezes, até porque, dificilmente serão criados mapas sem falhas conceituais logo na primeira tentativa, entretanto, na medida em que os conceitos são melhor compreendidos, o mapa se torna mais completo em termos de conceitos e relacionamentos em eles. Isso tem relação com os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Mesmo que pareça um processo enfadonho, Novak discorre em seus estudos que existe uma maior

disposição maior para estudantes refazerem um mapa conceitual do que para voltar a escreverem trabalhos escritos.

Perceba que os mapas conceituais, como estratégia pedagógica de ensino, são o elo entre o ensino individualizado e personalizado como proposto pelos STI e a utilização de teoria de aprendizagem que preconiza a aprendizagem significativa. Resta agora, o desenvolvimento de um plano tático de ensino, em termos de ações, que seja centrado em mapas conceituais e considere os fatores que influenciam a aprendizagem, a fim de que, uma vez utilizado por tutores, ela seja significativa. Esse é o assunto do próximo capítulo.

2.7. Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo tratamos do processo de aprendizagem apresentando algumas teorias e fatores que a influenciam e discorreremos também sobre a utilização de sistemas tutores inteligentes para aplicação de estratégias de ensino. Contudo, grande parte, do processo de aprendizagem decorre do prévio conhecimento daquilo que o estudante já sabe, nesse contexto, apresentamos os mapas conceituais, sendo úteis para evidenciar o arcabouço conceitual do aluno e determinar que rotas seguir para organizar os significados e os negociar com os estudantes, assim como para descobrir as concepções alternativas dos alunos.

Embora as estratégias utilizadas até aqui considerem a apresentação de conteúdo de domínio, em certo grau pré-determinado, mudando-se a estratégia para satisfazer ao perfil cognitivo individualizado, carecemos de um modelo que forneça ao aprendiz conteúdo que não só considere os princípios que influenciam a aprendizagem de forma individual mas também reflita o conhecimento estabelecido coletivamente. No próximo capítulo apresentaremos uma estratégia para identificação de falhas conceituais em estudantes e um plano de ensino que as satisfaça.

Capítulo 3

Usando regras de associação para a identificação de falhas conceituais

Oferecer ensino adaptado ao perfil cognitivo do aprendiz é uma tarefa ainda não resolvida em sua completude. Neste capítulo apresentamos uma estratégia para obtenção dos conceitos não assimilados por um grupo de estudantes num evento de aprendizagem, utilizando para isto, regras de associação da mineração de dados aplicadas a mapas conceituais. A intenção é que, posteriormente, esses conceitos sejam trabalhados de modo a nivelar o aprendizado coletivo acerca da associação conceitual, sem comprometer ou prejudicar a particularidade de cada aluno.

Este capítulo está assim organizado: Seção 3.1.A lacuna conceitual do ensino; Seção 3.2.Mineração de dados; Seção 3.3.Regras de associação Seção 3.3.Suporte e confiança; Seção 3.4.Transação, Itemset, suporte e confiança; Seção 3.5.Mineração de regras de associação; Seção 3.6.O algoritmo Apriori; Seção 3.7.identificação de falhas conceituais; Seção 3.8.Análise de divergências (outliers);Seção 3.9.Variando o suporte e a confiança; Seção 3.10.Escolha dos conceitos ausentes; Seção 3.11.Considerações sobre o capítulo

3.1. A lacuna conceitual do ensino

Quando o professor prepara um plano de aula, ele geralmente a faz pensando numa estratégia que possa alcançar toda a turma, permitindo que cada aluno possa, a partir de reflexões sobre o conteúdo, construir uma representação ou modelo do que o professor apresentou. Acontece que nem sempre esse plano é efetivo pelo fato de cada aluno possuir particularidades que, por vezes, o tornam não aderente ao plano e, nesse caso, é evidenciada uma lacuna de conhecimento existente, sendo então necessária uma mudança de abordagem na estratégia de comunicação e apresentação de conteúdo, por parte do professor a fim de supri-la. Desta forma, concentra-se no professor, num curto período de tempo determinado, a maior responsabilidade de criar

condições para que o aluno consiga entender e construir em seu arcabouço conceitual o que está sendo apresentado.

A partir da explicitação da situação anterior, verificamos a importância de conhecer o que o aluno já sabe sobre o assunto em questão, além de seu perfil cognitivo, é claro. Uma indagação naturalmente pertinente é a de que isso poderia ser feito a partir da aplicação de questionários preliminares ou avaliações iniciais, entretanto, será que esse seria um método eficiente? Ou ainda seria este um método adequado?

Nas próximas seções, apresentaremos um arcabouço fundamentado em mineração de dados, a partir do qual consideraremos aspectos singulares do aluno para apresentação de conceitos, como seu conhecimento prévio e relacionamento com a turma.

3.2. Mineração de dados

A mineração de dados não é um conceito essencialmente novo, entretanto, devido ao avanço da tecnologia relacionada ao processamento de informação, tornou-se ainda mais evidente nas últimas décadas pela diversidade de sua aplicação em atividades diárias. Esse conceito, pelo fato de ser interdisciplinar e não se restringir a uma única área, está presente em diversos contextos com diferentes aplicações.

Segundo (Han, Kamber, & Pei, 2011), a mineração de dados deveria ter sido mais apropriadamente chamada de conhecimento de mineração de dados, no entanto, o termo “mineração de conhecimento” pode não refletir a ênfase na mineração de grandes quantidades de dados. Alguns autores consideram mineração de dados como sinônimo de descoberta de conhecimento, outros a veem como parte desse processo.

(Han, Kamber, & Pei, 2011), entendem como mencionado primeiramente, estabelecendo o processo de descoberta de conhecimento como uma sequência iterativa dos seguintes passos:

1. Limpeza de dados

Objetiva remover ruídos e dados inconsistentes.

2. Integração de dados

Integra dados onde múltiplas fontes de dados podem ser combinadas.

3. Seleção de dados

Seleciona os dados relevantes para a tarefa de análise a partir de base de dados.

4. Transformação de dados

Dados são transformados e consolidados em formulários apropriados para mineração, executando operações de resumo ou de agregação.

5. Mineração de dados

Nessa etapa, métodos inteligentes são aplicados para extrair padrões de dados.

6. Avaliação de padrões

Identificação de padrões verdadeiramente interessantes que representam o conhecimento com base em medidas de interesse.

7. Apresentação do conhecimento

Técnicas de visualização e representação de conhecimento são usadas para apresentar conhecimento encontrado aos usuários.

As etapas de 1 a 4 correspondem ao processo popularmente chamado de ETL e destinam-se às diferentes formas de pré-processamento de dados, em que os dados são preparados para mineração.

As etapas seguintes concentram-se na obtenção de conhecimento a partir das técnicas de mineração de dados e sua apresentação ao usuário final.

Para este trabalho, consideraremos mineração de dados com a seguinte definição:

Definição: A mineração de dados, ou data mining, é o processo de análise de conjuntos de dados, podendo ser originados de diferentes fontes, que tem por objetivo a descoberta de padrões interessantes e que possam representar informações úteis, utilizando para isso diferentes técnicas.

Nesse contexto, dispomos de algumas técnicas (Han, Kamber, & Pei, 2011) e (Amo, 2004) que podem ser usadas de acordo com o objetivo em questão, tais como associações, previsões, regressões, clusterizações e suas variações. O nosso objetivo é explicitar como os conceitos se relacionam e são percebidos pelas pessoas, para isso, utilizaremos as regras de associação, apresentadas na próxima seção.

3.3. Regras de associação

Suponha que você seja um professor de uma universidade e esteja interessado em conhecer os hábitos de estudo de seus alunos acerca de uma disciplina ou assunto como, por exemplo, quais conteúdos os alunos costumam acessar conjuntamente a cada vez que se dispõem a estudar certo assunto, ou seja, quais são as regras existentes de associação quando relacionam assuntos e conceitos entre si e a outros conceitos.

Conhecer a resposta para essa questão pode ser útil, assim você poderá planejar melhor o conteúdo em termos de objetos de aprendizagem (OA) (Flôres, Tarouco, & Reategui, 2009), o relacionamento entre eles, assim como promover artifícios de incentivos a certos conteúdos, além de organizar melhor sua sequenciação e apresentação numa disciplina, colocando próximos os itens frequentemente acessados em conjunto a fim de encorajar os alunos a estudar tais lições e conceitos, maximizando o aprendizado. Para o desenvolvimento dessa questão é essencial que conheçamos os conceitos de transação, itemset, suporte e confiança.

Para que se obtenha essas informações, é necessário dispor de um repositório dos dados gerados pela iteração dos alunos com cada conteúdo

acessado, por exemplo, num ambiente virtual de aprendizagem (AVA), (Jovanovic, et al., 2007)¹.

Utilizaremos como exemplo, o conteúdo da disciplina Estrutura de Dados do curso de Engenharia de Computação, assim, apresentamos na Tabela 3.1 a representação de cada objeto de aprendizagem dessa disciplina, associando a eles um número. Apresentamos na Tabela 3.2 o acesso e interação ao conteúdo dos OA's da Tabela 3.1, dessa forma, cada acesso aos AO são registrados neste banco de dados, compondo, como transação, todos os itens acessados durante um período de estudo.

Nº identificador	Objeto de aprendizagem (item)
1	Introdução à estrutura de dados
2	Listas ligadas: listas simples, duplas, circulares, ortogonais e matrizes.
3	Pilhas e filas
4	Árvores implementação, algoritmos de busca, inserção e remoção
5	Árvores AVL
6	Árvores Rubro-negras
7	Árvores B e B ⁺
8	Representação de conjuntos
9	Estruturas abstratas de dados, encapsulamento
10	Exemplos de aplicações de estruturas de dados

Tabela 3.1. Objetos de aprendizagens da disciplina Estrutura de Dados

Transação (TID)	Objeto de aprendizagem acessados
1	{1,3,5}
2	{2,1,3,7,5}
3	{4,9,2,1}
4	{5,2,1,3,9}
5	{1,8,6,4,3,5}
6	{9,2,8}

Tabela 3.2. Banco de dados de transações das interações de alunos

¹ Um ambiente virtual de aprendizagem é um sistema (ou software) que proporciona o desenvolvimento e distribuição de conteúdos diversos para cursos online e disciplinas semipresenciais para alunos em geral.

Cada conjunto de itens acessados pelo aluno numa única transação é chamado de Itemset. Um itemset com k elementos é chamado de k-itemset.

Suponha que você, como professor, decida que um itemset que aparece em pelo menos 50% de todas as interações registradas será considerado frequente. Por exemplo, para o banco de dados da Tabela 3.2 o itemset {1,3} é considerado frequente, pois aparece em mais de 60% das transações. Porém, se você for muito exigente e decidir que o mínimo para ser considerado frequente é aparecer em pelo menos 70% das transações, então o itemset {1,3} não será considerado frequente.

3.4. Transação, itemset, suporte e confiança

Considere que uma transação seja o registro de elementos associados pelo aluno em um evento de aprendizagem. A cada conjunto de itens acessados pelo aluno numa única transação chamamos de itemset, assim, um itemset com k elementos é chamado de k-itemset.

À medida que objetiva avaliar o interesse de uma regra de associação chamamos suporte, ela representa a porcentagem de transações de um banco de dados de transações onde a regra se verifica. Dessa forma, o suporte de um itemset é definido como sendo a porcentagem de transações onde este itemset aparece, isto é, onde este itemset está contido, assim, itemsets frequentes são o conjunto de itens que aparecem juntos em pelo menos x % das transações, em que o valor de x é definido pelo suporte.

Por exemplo, a Tabela 3.3 contabiliza os suportes de diversos itemsets com relação ao banco de dados de transações da Tabela 3.2.

Itemset	Suporte
{1,3}	0,6666
{2,3}	0,3333
{1,2,7}	0,16666
{2,9}	0,5

Tabela 3.3.Suporte de alguns itemsets

Neste contexto, o que interessa é a transação em si, portanto, um mesmo aluno poderá ser contado várias vezes a cada vez que fizer uma interação com os OA no AVA, assim, o que interessa é a transação correspondente à interação e não o aluno.

Caso a exigência mínima para um itemset ser considerado frequente seja 50%, então os seguintes itemsets da Tabela 3.3 serão considerados frequentes: {1,3}, {2,9}, entretanto, se o seu limite de suporte mínimo for 60% então somente o itemset {1,3} será considerado frequente.

3.5. Mineração de regras de associação

Em (Agrawal & Srikant, 1994) é apresentada a questão da mineração de regras de associação e para que possamos entendê-la, precisamos definir precisamente o que é uma regra de associação e os diversos conceitos envolvidos. Nas seções anteriores, já definimos de maneira informal as noções de itemset e de suporte de um itemset com respeito a um banco de dados de transações, agora, vamos definir todos estes conceitos de forma rigorosa.

Seja $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$ um conjunto de itens (o conjunto de todos os objetos de aprendizagens disponíveis numa lição) e D um banco de dados de transações, isto é, uma tabela de duas colunas, a primeira correspondente ao atributo TID (identificador da transação) e o segundo correspondente à transação propriamente dita, isto é, a um conjunto de itens (itemset), os itens acessados durante a transação. A Tabela 3.2 é um exemplo de banco de dados de transações. Os elementos de D são chamados de transações. Um itemset é um subconjunto não vazio de I .

Dizemos que uma transação T suporta um itemset I se $I \subseteq T$. Por exemplo, a primeira transação do banco de dados da Tabela 3.2 suporta os itemsets {1}, {3}, {5}, {1,3}, {1,5}, {3,5}, {1,3,5}.

Assim, uma regra de associação é uma expressão da forma $A \rightarrow B$, em que A e B são itemsets.

Por exemplo, {Árvores AVL, Árvores Rubro-negras} \rightarrow {Árvores B e B+} é uma regra de associação. A ideia por trás desta regra é: pessoas que acessam

o conteúdo Árvores AVL e Árvores Rubro-negras têm a tendência de também acessar Árvores B e B+, isto é, se alguém acessa Árvores AVL e Árvores Rubro-negras então também acessa Árvores B e B+, assim o itemset do lado esquerdo da sentença também é conhecido como antecedente ou lado da mão esquerda e o itemset do lado direito, conseqüente ou lado da mão direita.

Perceba que esta regra é diferente da regra {Árvores B e B+} → {Árvores AVL, Árvores Rubro-negras}, pois o fato de ter muita gente que ao utilizar um AVA para estudar uma disciplina, acessa os objetos de aprendizagens Árvores AVL e Árvores Rubro-negras também acabam acessando Árvores B e B+, não significa que quem utiliza o mesmo ambiente para estudar Árvores B e B+ também acaba acessando Árvores AVL e Árvores Rubro-negras.

A toda regra de associação $A \rightarrow B$ associamos um grau de confiança, denotado por $\text{conf}(A \rightarrow B)$. Este grau de confiança é simplesmente a porcentagem das transações que suportam B dentre todas as transações que suportam A, isto é:

$$\text{conf}(A \rightarrow B) = P(B|A) = \frac{\text{número de transações que suportam } (A \cup B)}{\text{número de transações que suportam } A}$$

Dessa forma, confiança é outra medida objetiva para regras de associação e mede o grau de certeza de uma associação. Em termos estatísticos, trata-se simplesmente da probabilidade condicional $P(B|A)$, isto é, a porcentagem de transações contendo os itens B sabendo que os itens A também ocorreram, ou ainda, probabilidade de ocorrer B dependendo de A.

Por exemplo, o grau de confiança da regra {Árvores B e B+} → {Árvores AVL}, isto é, {7} → {5}, com relação ao banco de dados da Tabela 3.2 é 1 (100%).

Entretanto, será que o fato de uma certa regra de associação ter um grau de confiança relativamente alto é suficiente para a considerarmos relevante?

Observando os dados da Tabela 3.2, repare que os itens Árvores B e B+, Árvores AVL aparecem juntos somente em uma transação (TID = 2) dentre as

seis, isto é, poucos alunos acessam estes dois itens juntos e mesmo assim ela possui grau de confiança de 100%, ou seja, $\text{conf}(\text{Árvores B e B} \rightarrow \text{Árvores AVL}) = 1$. Isso nos indica que o parâmetro confiança analisado separadamente não nos fornece regras que sejam relevantes. Essa dedução também pode ser, de forma análoga, aplicada ao parâmetro suporte.

A fim de garantirmos que uma regra $A \rightarrow B$ seja relevante ou interessante, precisamos exigir que seus dois parâmetros, suporte e confiança, tenham conjuntamente valores altos.

Complementando a definição de uma regra de associação, considere que a toda regra de associação $A \rightarrow B$ associamos um suporte, denotado por $\text{sup}(A \rightarrow B)$ definido como sendo o suporte do itemset $A \cup B$. Por exemplo, o suporte da regra $\{\text{Árvores B e B}+\} \rightarrow \{\text{Árvores AVL}\}$ com relação ao banco de dados da Tabela 3.2 é 0.1666% ou $1/6$.

Uma regra de associação r é dita interessante se $\text{conf}(r) \geq \alpha$ e $\text{sup}(r) \geq \beta$, em que α e β são respectivamente um grau mínimo de confiança e um grau mínimo de suporte especificados pelo usuário. No nosso exemplo, caso $\alpha = 0,8$ e $\beta = 0,1$ então nossa regra $\{\text{Árvores B e B}+\} \rightarrow \{\text{Árvores AVL}\}$ é interessante, entretanto, caso sejamos mais exigentes e estabeleçamos $\beta = 0,5$, então esta regra deixa de ser interessante, mesmo que seu grau de confiança ultrapasse o grau de confiança mínimo α estabelecido.

A partir do que foi apresentado, a mineração de regras de associação resume-se a obtenção de regras interessantes a partir de transações de um banco D com um nível mínimo de confiança α e um nível mínimo de suporte β .

3.5.1. Conjunto de itens grandes

Um conjunto de itens grandes é o que esteja acima dos limites estabelecidos para o suporte de uma regra de associação, dessa forma, para cada conjunto de itens grandes, todas as regras que tenham um mínimo de confiança são gerados da seguinte forma:

Para cada conjunto grande X e $Y \subseteq X$, sendo $Z = X - Y$;

Então se, $\frac{\text{suporte}(X)}{\text{suporte}(Z)} > \text{confiança mínima}$, a regra $Z \Rightarrow Y$ é uma regra válida.

3.6. O algoritmo Apriori

O algoritmo Apriori (Agrawal & Srikant, 1994), (Romão, 2018) resolve o problema da mineração de itemsets frequentes encontrando esse conjunto de itens usando uma abordagem iterativa baseada na geração de candidatos, assim, recebe com entrada um banco de dados de transações D e um nível mínimo de suporte β e fornece como saída todos os itemsets frequentes em D que satisfaçam β .

Ele foi escolhido porque em comparação com outros algoritmos para processamento de regras de associação possui resultados ligeiramente melhores (Prithviraj & Porkodi, 2015), (Hipp, Guntzer, & Nakhaeizadeh, 2000), ainda que, quando comparado com outros algoritmos da mesma classe, possui bastantes similaridades.

A seguir apresentamos o algoritmo Apriori proposto em (Agrawal & Srikant, 1994).

Método:

```
(1)  $I_1 = \text{find frequent 1-itemsets}(D)$ ;  
(2) for ( $k = 2; I_{k-1} \neq \varnothing; k++$ ) {  
(3)    $C_k = \text{apriori gen}(I_{k-1})$ ;  
(4)   for each transaction  $t \in D$  { // scan  $D$  for counts  
(5)      $C_t = \text{subset}(C_k, t)$ ; // get the subsets of  $t$  that are candidates  
(6)     for each candidate  $c \in C_t$   
(7)        $c.\text{count}++$ ;  
(8)   }  
(9)    $I_k = \{c \in C_k \mid c.\text{count} \geq \text{min sup}\}$   
(10) }
```

(11) **return** $I = \cup_k I_k$;

procedure apriori gen(I_{k-1} : frequent ($k - 1$)-itemsets)

```

(1) for each itemset  $i_1 \in I_{k-1}$ 
(2)   for each itemset  $i_2 \in I_{k-1}$ 
(3)     if ( $i_1[1] = i_2[1] \wedge i_1[2] = i_2[2] \wedge \dots \wedge i_1[k-2] = i_2[k-2] \wedge i_1[k-1] < i_2[k-1]$ ) then{
(4)        $c = i_1 \star i_2$ ; // join step: generate candidates
(5)       if has infrequent subset( $c, I_{k-1}$ ) then
(6)         delete  $c$ ; // prune step: remove unfruitful candidate
(7)       else add  $c$  to  $C_k$ ;
(8)     }
(9) return  $C_k$ ;

```

procedure has infrequent subset(c : candidate k -itemset; I_{k-1} : frequent ($k - 1$)-itemsets);

// use prior knowledge

```

(1) for each ( $k - 1$ )-subset  $s$  of  $c$ 
(2)   if  $s \in I_{k-1}$  then
(3)     return TRUE;
(4) return FALSE;

```

Suponha que tenhamos obtido todos os itemsets frequentes com relação a D e β . A fim de obter as regras de associação interessantes, basta considerarmos, para cada itemset frequente I , todas as regras candidatas $A \rightarrow (I - A)$, onde $A \subset I$ e testarmos para cada uma destas regras candidatas se o seu grau de confiança excede o nível mínimo de confiança α . Para calcular a confiança de $A \rightarrow (I - A)$ não é preciso varrer novamente o banco de dados D . De fato, durante a execução do algoritmo Apriori já calculamos o suporte de I e A . Note que:

$$\text{conf}(A \rightarrow (I - A)) = \frac{\text{total de trans. suportando } I}{\text{total de trans. suportando } A} = \frac{\frac{\text{total de trans. suportando } I}{\text{total de transações}}}{\frac{\text{total de trans. suportando } A}{\text{total de transações}}} = \frac{\text{sup}(I)}{\text{sup}(A)}$$

Assim, para calcular a confiança de $A \rightarrow (I - A)$ basta dividir o suporte de I pelo suporte de A . Estes suportes já foram calculados antes, durante a execução do algoritmo Apriori.

3.6.1. As fases de Apriori

O algoritmo Apriori possui três fases principais: a fase da geração dos candidatos, a fase da poda dos candidatos e a fase do cálculo do suporte. As duas primeiras fases são realizadas na memória principal e não necessitam que o banco de dados D seja varrido.

A memória secundária só é utilizada caso o conjunto de itemsets candidatos seja muito grande e não caiba na memória principal, mas, mesmo neste caso é bom salientar que o banco de dados D , que normalmente nas aplicações é extremamente grande, não é utilizado. Somente na terceira fase, a fase do cálculo do suporte dos itemsets candidatos, é que o banco de dados D é utilizado.

Tanto na fase de geração de candidatos (Fase 1) quanto na fase da poda dos candidatos (Fase 2) a seguinte propriedade de Antimonotonia da relação de inclusão entre os itemsets é utilizada.

A propriedade Apriori ou Antimonotonia da relação \subseteq é assim enunciada: Sejam I e J dois itemsets tais que $I \subseteq J$, se J é frequente então I também é frequente. Assim, para que um certo itemset seja frequente é necessário que todos os itemsets contidos nele sejam também frequentes. Caso um único itemset contido nele não seja frequente, seu suporte nem precisa ser calculado pois sabemos de antemão que ele nunca poderá ser frequente, assim, o banco de dados portanto não precisa ser varrido.

O algoritmo Apriori é executado de forma iterativa: os itemsets frequentes de tamanho k são calculados a partir dos itemsets frequentes de tamanho $k - 1$ que já foram calculados no passo anterior a partir dos itemsets frequentes de tamanho $k - 2$, e assim por diante. Dessa forma, quando estivermos no passo k ,

já teremos obtido o conjunto l_{k-1} dos itemsets frequentes de tamanho $k - 1$ no passo anterior.

3.6.2. A fase da geração dos candidatos de tamanho k

Nesta fase, são gerados os k -itemsets candidatos, independentemente de serem ou não frequentes a partir do conjunto l_{k-1} , sendo a função Apriori-Gen a responsável pela construção do conjunto dos pré-candidatos C'_k .

Como estamos interessados em gerar somente itemsets que tenham alguma chance de serem frequentes, devido à propriedade de antimonotonia, sabemos que todos os itemsets de tamanho $k-1$ contidos nos nossos candidatos de tamanho k deverão ser frequentes, portanto, deverão pertencer ao conjunto l_{k-1} . Assim, o conjunto C'_k de itemsets candidatos de tamanho k é construído juntando-se pares de itemsets de tamanho $k - 1$ que tenham $k - 2$ elementos em comum. Desta maneira temos certeza de obter um itemset de tamanho k em que pelo menos dois de seus subconjuntos de tamanho $k - 1$ são frequentes. Assim, dados d itens, há $2d$ possíveis conjuntos de itens candidatos como ilustra a construção da figura 3.1.

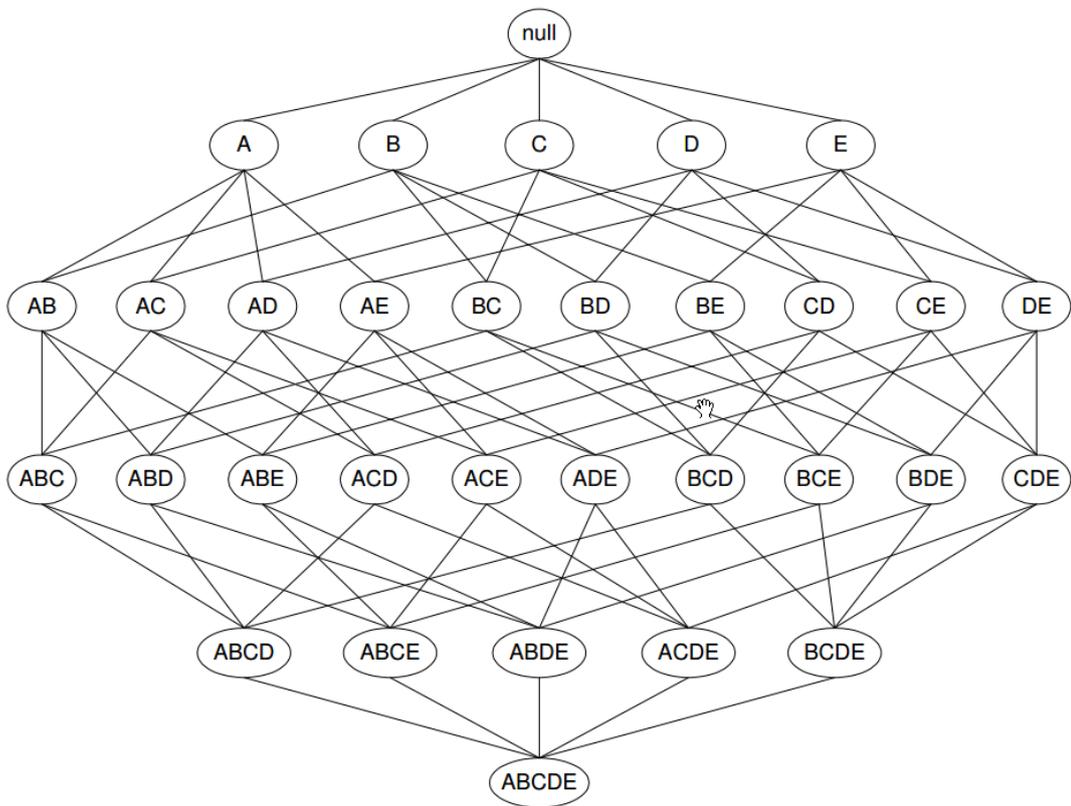


Figura 3.1. Construção de um k -itemset candidato a partir de itemsets de tamanho $k - 1$

Como exemplo, considere o banco de dados de transações dado na Tabela 3.2 e suponhamos que no passo 2 da iteração tenhamos obtido o seguinte conjunto de 2- itemsets frequentes (itemsets frequentes de tamanho 2):

$$I_2 = \{\{1, 3\}, \{1, 5\}, \{1, 4\}, \{2, 3\}, \{3, 4\}, \{2, 4\}\}$$

Então o conjunto dos pré-candidatos C'_3 da iteração seguinte será :

$$C'_3 = \{\{1, 3, 5\}, \{1, 3, 4\}, \{1, 4, 5\}, \{2, 3, 4\}\}$$

3.6.3. Fase da poda dos candidatos

Utilizando novamente a propriedade de antimonotonia, sabemos que se um itemset de C'_k possuir um subconjunto de itens (um subitemset) de tamanho

$k - 1$ que não estiver em I_{k-1} ele poderá ser descartado, pois não terá a menor chance de ser frequente. Assim, nesta fase é calculado o conjunto C_k :

$$C_k = C'_k - \{I \mid \text{existe } J \subseteq I \text{ tal que } |J| = k - 1 \text{ e } J \in I_{k-1}\}$$

A notação $|J|$ significa “o número de elementos do itemset J ”.

Considere a situação apresentada no exemplo anterior, neste caso:

$$C_3 = C'_3 - \{\{1, 4, 5\}, \{1, 3, 5\}\} = \{\{1, 3, 4\}, \{2, 3, 4\}\}.$$

O itemset $\{1,4,5\}$ foi podado pois não tem chance nenhuma de ser frequente pois contém o 2-itemset $\{4,5\}$ que não é frequente que não aparece em L_2 . Da mesma forma, o itemset $\{1,3,5\}$ foi podado por não possuir o 2-itemset $\{3,5\}$.

A Figura 3.2 a seguir ilustra a estratégia utilizada para a poda de itens mencionada anteriormente, perceba na marcação em vermelho que todos os k -itemsets derivados de um item não frequente, também é não frequente, simplificando a seleção de itemsets.

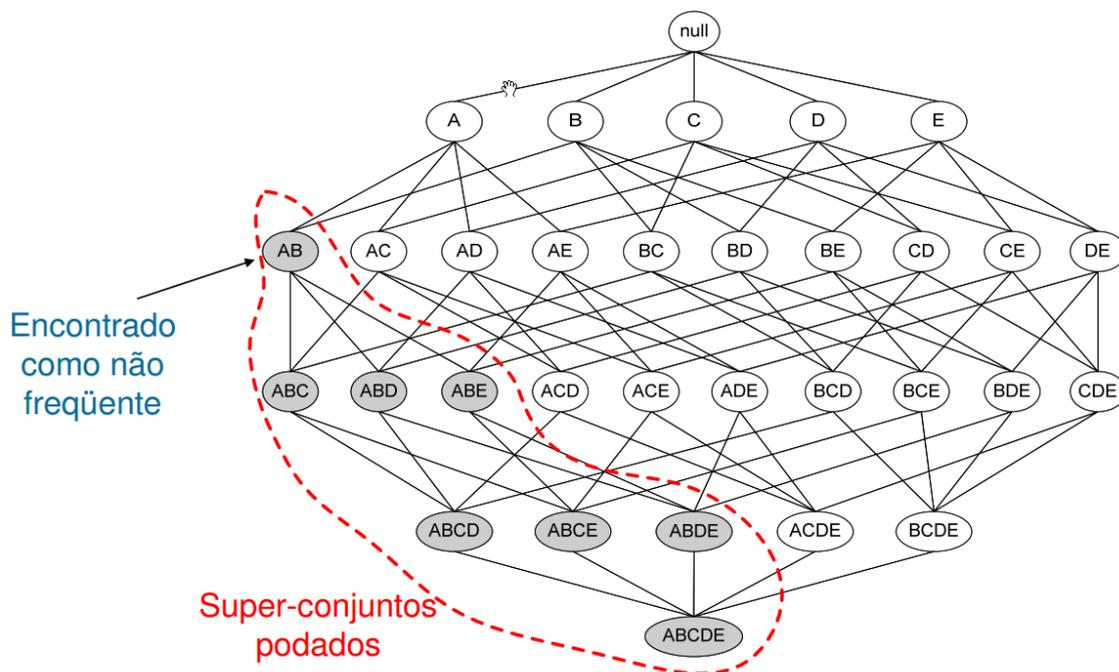


Figura 3.2. Fase de poda utilizando o princípio da antimonotonia

3.5.3. Fase do cálculo do suporte

Finalmente, nesta fase é calculado o suporte de cada um dos itemsets do conjunto C_k . Isto pode ser feito varrendo-se uma única vez o banco de dados D .

Para cada transação t de D , verifica-se quais são os candidatos suportados por t e para estes candidatos incrementa-se de uma unidade o contador do suporte.

Os itemsets de tamanho 1 são computados considerando-se todos os conjuntos unitários possíveis, de um único item, em seguida, varre-se uma vez o banco de dados para calcular o suporte de cada um destes conjuntos unitários, eliminando-se aqueles que não possuem suporte superior ou igual ao mínimo exigido pelo usuário.

3.7. Identificação de falhas conceituais

Os conceitos de itemsets frequentes e regras de associação podem ser aplicados a qualquer domínio, por isso, motivados e fundamentados no que foi apresentado até aqui, realizamos a instanciação dessas regras para o cenário a seguir.

Considere que após uma aula de biologia, um professor deseje conhecer quão eficaz foi o aprendizado coletivo de sua turma, com a finalidade de assegurar a eficiência de seu trabalho, planejar melhor suas aulas, corrigir tempestivamente desvios e trabalhar conteúdos e conceitos não assimilados por ela. Para isto, resolve aplicar como exercício a construção de um mapa conceitual sobre o tema “Plantas Medicinais”.

A construção de mapas conceituais (Novak & Cañas, 2010) e (Moreira M. A., 2005) é uma estratégia interessante, pois se concentra nos conceitos de um tema em questão e no relacionamento entre eles que o aluno conhece, permitindo assim, não só a explicitação do arcabouço conceitual do aluno como também a medição de resultados a partir da comparação entre conceitos.

Para aferição do resultados e comparação entre conceitos, o professor precisa de elaborar um mapa conceitual referência. O termo referência

associado ao mapa é utilizado pelo fato dele conter conceitos que do ponto de vista do professor devem aparecer nos mapas dos alunos, estabelecendo uma métrica de comparação. Assim, no momento de construção, o professor pode indicar no mapa, dentre todos os conceitos, aqueles que considera mais relevantes. O significado da marcação de conceitos relevantes é importante pois indica, por meio do juízo do professor, quais são os conceitos indispensáveis de aparecimento nos mapas construídos pelos alunos e quais são periféricos. A Figura 3.3 apresenta o mapa referência sobre o tema plantas medicinais com os conceitos relevantes marcados em azul escuro.

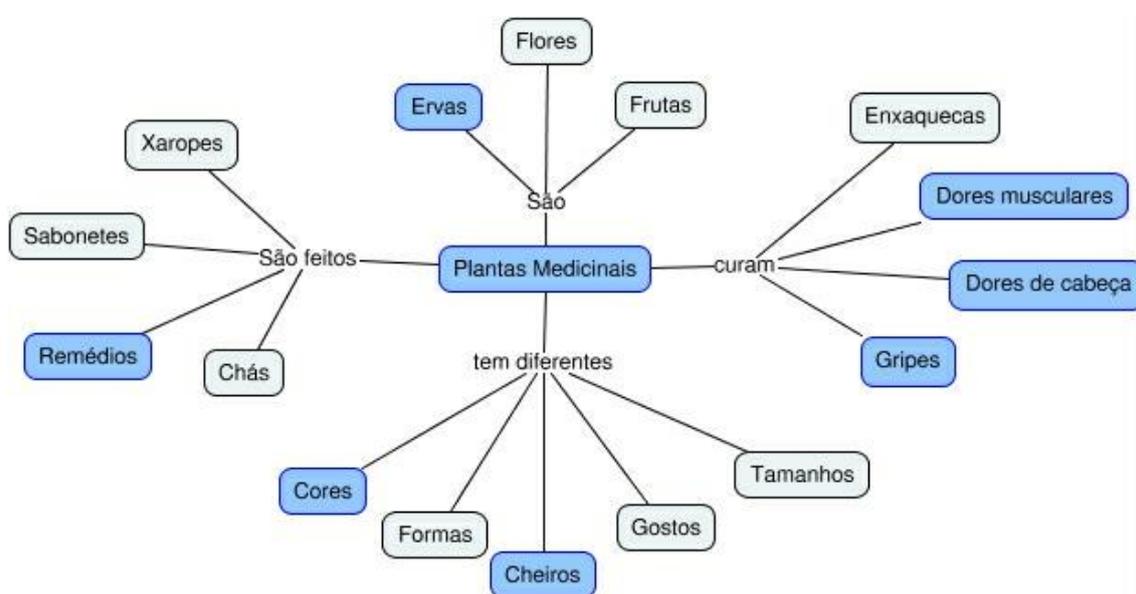


Figura 3.3. Mapa conceitual referência construído pelo professor

Depois de construídos os mapas conceituais dos alunos, o próximo passo é a comparação dos conceitos existentes entre cada mapa e o mapa referência. Essa estratégia para comparação de mapas foi utilizada em outros trabalhos como em (Lamas, Boeres, Cury, & Menezes, 2005), entretanto, quando se necessita realizar a multi comparação de mapas de modo a obter um resultado coletivo, essa tarefa se torna demasiadamente complexa, mesmo para espaço amostral de apenas 40 alunos, necessitando de outra abordagem.

Uma questão esperada, devido a aspectos singulares de cada aluno, tais como perspectiva, interesse pelo tema e tempo de estudo sobre ele, é que cada aluno construa seu mapa conceitual diferente do demais, ainda que contenham os mesmos conceitos ou conceitos similares.

O caso de conceitos similares pode ser amenizado realizando-se a sumarização de mapas conceituais (Aguiar, Cury, & Zouaq, 2017) e (Aguiar C. Z., 2017), que consiste numa revisão de conceitos próximos a fim de, por uma aproximação, escolher um único conceito que represente os demais.

Considere o mapa conceitual da Figura 3.4 como um dentre os possíveis mapas conceituais que podem ser construídos pelos alunos.

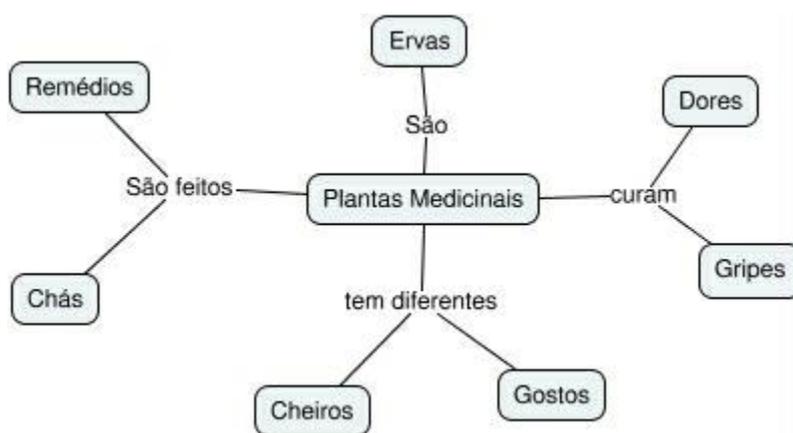


Figura 3.4. Mapa conceitual construído pelo aluno sobre o tema plantas medicinais

Uma análise detalhada do mapa conceitual da figura 3.4 permite identificar as divergências entre ele e o mapa conceitual referência da figura 3.3.

Agora, como estender esse resultado comparativo para uma abordagem coletiva ou de forma mais específica, como é possível verificar com suporte e confiança suficientes quais conceitos foram assimilados pela turma?

A resposta a essa pergunta é importante porque fornece ao professor o subsídio para que possa trabalhar o conjunto ausente de conceitos, ou seja, aqueles que de forma coletiva não foram assimilados pela turma e por isso não constam de forma geral nos mapas conceituais, além de permitir verificar o surgimento de conceitos que foram apontados pelos alunos e não considerados no mapa referência elaborado pelo professor, entretanto, emergiram como parte do conhecimento coletivo.

Com o objetivo de responder à questão anterior, aplicamos os conceitos de suporte e confiança no contexto de itemsets frequentes e regras de

associação já apresentados e, de forma mais específica, enunciamos a definição a seguir.

Definição: *Dado um banco de dados de transações D compostas por itemsets (em que cada itemset pertencente a uma transação é constituído do conjunto de conceitos de um mapa conceitual), um nível mínimo de confiança α e um nível mínimo de suporte β , então, os itemsets frequentes e as regras de associação interessantes com relação a D , α e β representam, para esses parâmetros, os conceitos associados, assimilados e aprendidos coletivamente.*

O significado da definição anterior traduz um relacionamento de associação semântica entre os conceitos, uma vez que, em termos das regras de associação, exprimem que sempre que um conceito é lembrado outro também é, estando assim relacionados por proximidade semântica com valores de suporte e confiança.

Para exemplificar a definição anterior, considere a Tabela 3.4 que contém a relação de conceitos do mapa referência, incluindo a indicação se um conceito é ou não relevante e a Tabela 3.5 que contém os conceitos normalizados obtidos a partir dos mapas conceituais de todos os alunos.

Transação (TID)	Conceitos (item)	Relevante
1	Plantas Medicinais	Sim
2	Sabonetes	Não
3	Xaropes	Não
4	Remédios	Sim
5	Chás	Não
6	Frutas	Não
7	Flores	Não
8	Ervas	Sim
9	Cores	Sim
10	Formas	Não
11	Tamanhos	Não
12	Gostos	Não
13	Cheiros	Sim
14	Gripes	Sim
15	Dores Musculares	Sim
16	Dores de Cabeça	Sim
17	Enxaquecas	Não

Tabela 3.4. Representação de cada conceito do mapa conceitual referência

Transação (TID)	Conceitos (item)
1	Plantas Medicinais
2	Sabonetes
3	Xaropes
5	Chás
8	Ervas
9	Cores
10	Formas
11	Cheiros
12	Gostos
13	Tamanhos
14	Gripes
16	Dores de Cabeça
17	Enxaquecas
18	Utilidades

Tabela 3.5. Normalização dos conceitos dos mapas conceituais dos alunos

Nesse ponto, precisamos elicitare qual é o conjunto de k-itemsets produzidos a partir dos mapas conceituais dos alunos, para isso, apresentamos como exemplo, alguns desses itemsets na Tabela 3.6. Cada transação representa um mapa conceitual produzido por um aluno num evento de aprendizagem e cada itemset, o conjunto de conceitos desse mapa, referenciados na Tabela 3.5.

<i>Transação (TID)</i>	<i>Itemsets de conceitos</i>
1	{1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 17}
2	{1, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14}
3	{1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 13, 14, 17}
4	{1, 3, 5, 9, 11, 17}
5	{1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 17}
6	{1, 2, 3, 5, 8, 9, 13, 14, 17}
7	{1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 13, 14, 17}
8	{1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 14, 17}
9	{1, 3, 5, 8, 9, 13, 14, 17}
10	{1, 2, 3, 5, 8, 11, 13, 14, 17}

Tabela 3.6. Conjunto de Itemsets referentes aos conceitos de mapas conceituais

Uma vez que tenhamos os itemsets, suponha que o professor decida conhecer qual a lista de conceitos (itemsets frequentes) aparecem em pelo menos 80% de todos os mapas conceituais registrados, contendo 100% de confiança em suas regras de associação (neste caso, com suporte $\beta = 0,8$ e confiança $\alpha = 1$). Para isso, procedemos à execução do algoritmo Apriori e seleção de itemsets e regras gerados a fim de atender os parâmetros β e α .

A semântica por trás da seleção de itemsets com esses parâmetros é que podemos, a partir da lista retornada, verificar os itemsets frequentes e a regra de associação r que possa ser considerada interessante e relevante com $\text{conf}(r) \geq \alpha$ e $\text{sup}(r) \geq \beta$, em que α e β são respectivamente um grau mínimo de confiança e um grau mínimo de suporte especificados pelo usuário, no nosso exemplo, $\beta = 0,8$ e $\alpha = 1$.

Adicionalmente, podemos considerar que o relacionamento entre os conceitos de um mapa conceitual que constituem um itemset e pertencem a uma determinada regra de associação, possuem, para o aluno, um valor de ligação

semântica, análoga ao relacionamento existente entre os objetos de aprendizagens acessados conjuntamente num ambiente virtual ou ao conjunto de itens escolhidos numa compra no supermercado, dados no contexto das regras de associação, pela regra do lado da mão esquerda e lado da mão direita.

Em termos gerais, isso significa que, coletivamente, foram os principais conceitos percebidos e/ou lembrados e associados num evento de aprendizado, porque juntos, não só satisfazem e completam um contexto semântico pelo seu encadeamento, como também permitem uma ligação que delimitam uma região conceitual semântica, coincidentes com o arcabouço conceitual coletivo, como mostra a figura a seguir.

A Figura 3.5 exemplifica o conceito de região conceitual semântica dito anteriormente, em que cada arcabouço conceitual é delimitado pelas linhas vermelhas. Assim, mesmo que haja ligações entre eles por meio de conceitos pertencentes a cada região semântica, como ocorre entre os conceitos “Plantas” e “Plantas Medicinais”, cada região pode ser bem definida em termos do contexto e significado dos relacionamentos entre seus conceitos. Para o nosso caso, os dois contextos são **Plantas Medicinais** e **Medicamentos Naturais**.

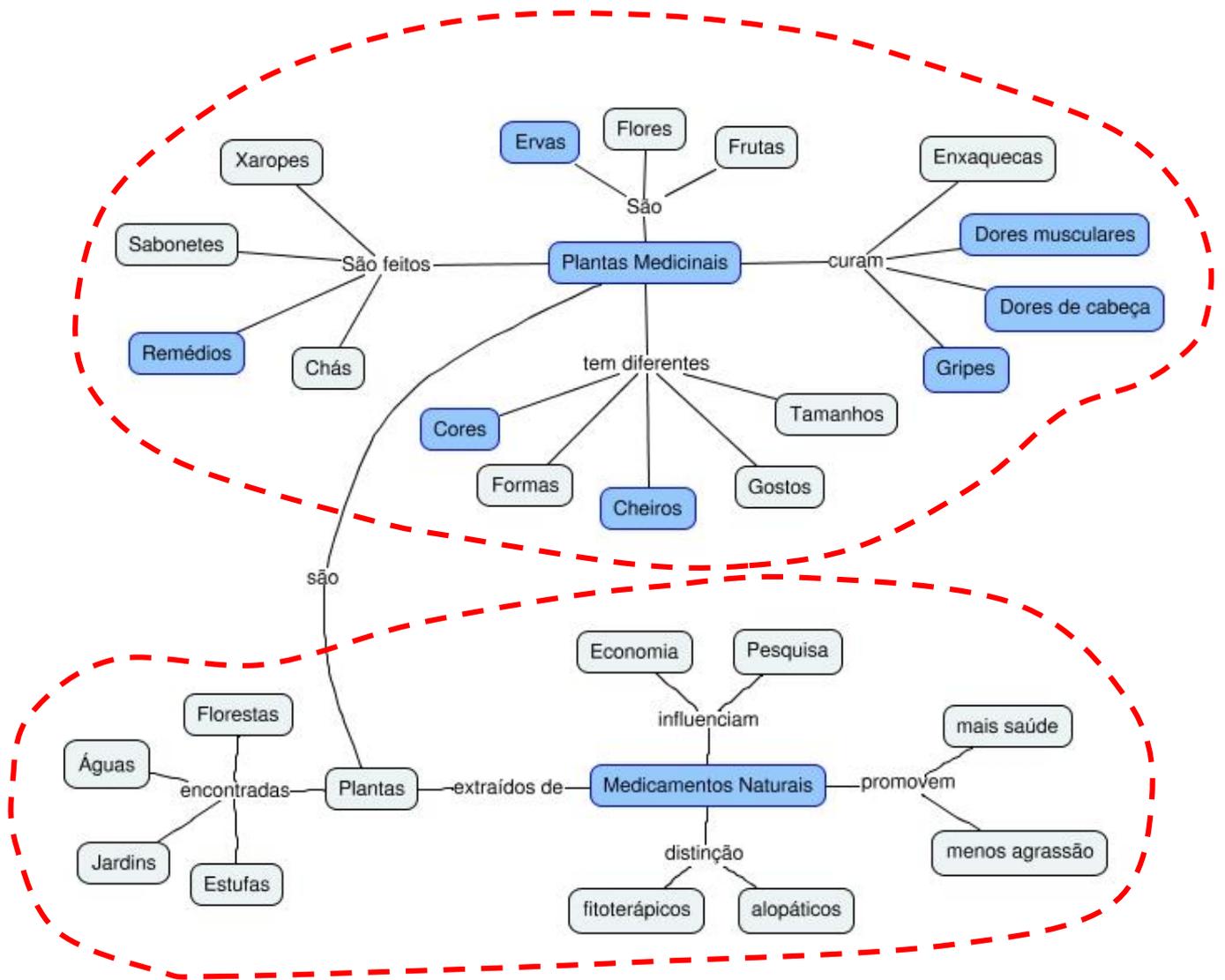


Figura 3.5.Regões semânticas delimitada pelo contexto

3.8. Análise de divergências (outliers)

Um banco de dados pode conter dados que não apresentam o comportamento geral da maioria, estes dados são denominados outliers (exceções). Muitos métodos de mineração descartam estes outliers como sendo ruído indesejado, entretanto uma análise mais criteriosa pode revelar os motivos pelos quais esses dados despontam em relação aos outros. Em nosso cenário de estudo, pode ser que o aluno desenhe conceitos muito discrepantes em relação ao que se espera, ou ainda, muito aquém na quantidade de elementos, sendo necessário realizar uma investigação dos motivos pelos quais isso acontece.

3.9. Variando o suporte e a confiança

Para o exemplo apresentado na Tabela 3.6, o resultado para o valor de suporte $\beta = 0,8$ e confiança $\alpha = 1$ retorna a seguinte lista de conceitos:

$$R = \{1,3,5\} = \{Plantas Mediciniais, Xaropes, Chás\}$$

Quando resultados como o anterior aparecem, tendem a ser pouco relevantes, uma vez que apresentam um conjunto pequeno de itens comparando-se com total presentes no banco D (tabela 3.4), dessa forma, é necessário fazer uma variação dos parâmetros de suporte e confiança até que se encontre o resultado desejado.

Uma perspectiva interessante é a visualização dos k-itemsets e suas regras quando se variam os valores de suporte e confiança. A tabela 3.7 exhibe um exemplo de k-itemsets resultado possíveis. Observe que para mesmos valores de β são gerados diferentes k-itemsets resultado, por isso, utilizamos como critério de seleção aqueles que possuem maior tamanho k e que contenham conceitos marcados como relevantes pelo professor, na tabela 3.7 abaixo indicamos esses elementos em negrito com asterisco e na figura 11 a representação diagramática do caminho traçado a partir da escolha dos itemsets.

Suporte (β)	Confiança (α)	k-itemset resultado
1	0,8	{1,3,5} *
0,8	0,8	{1,3,5,8,13},{1,3,5,8,14},{1,3,5,8,14,17},{ 1,3,5,8,13,14} *
0,6	0,8	{1,2,3,5,8,9,14,17},{1,2,3,5,8,11,14,17},{1,2,3,5,8,13,14,17}, {1,3,5,8,9,13,14,17} *
0,4	0,8	{1,2,3,5,8,9,11,13,14,17} *

Tabela 3.7. Resultado a partir da variação do suporte

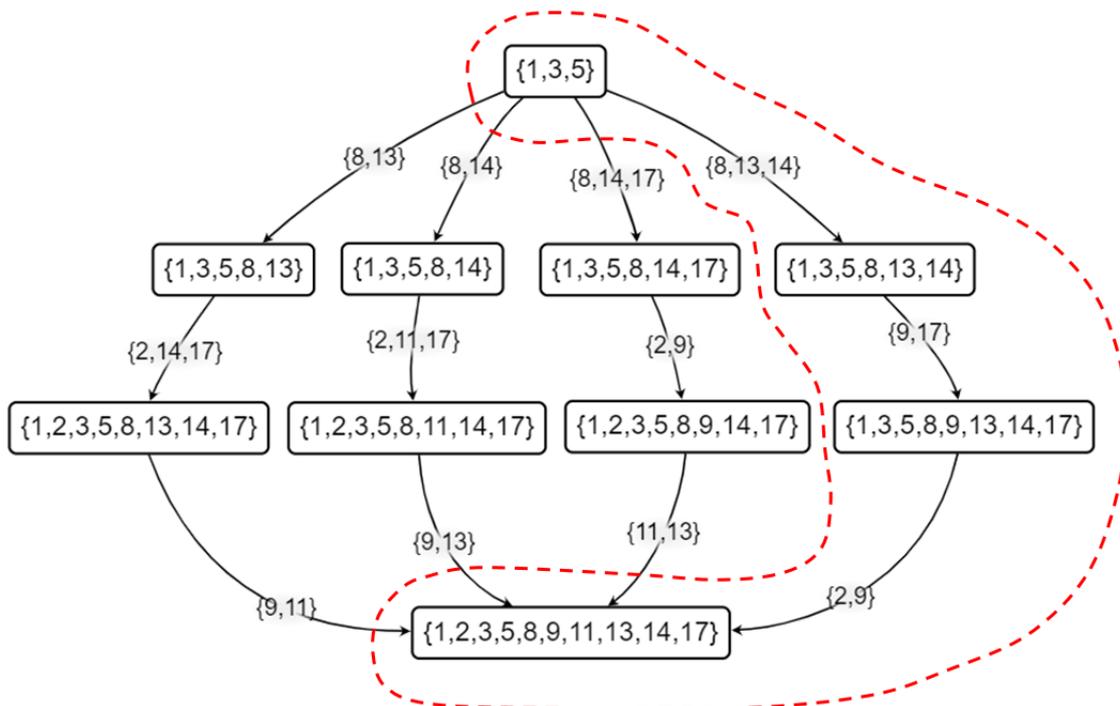


Figura 3.6. Caminho escolhido de itemsets

Uma implicação direta da variação paramétrica dos valores de suporte e confiança é a obtenção de valores mínimos que satisfaçam o conjunto de requisitos de avaliação de aprendizagem desejado pelo professor.

Assim, caso o professor tenha em mente que é satisfatório que a turma tenha uma compreensão de conceitos com suporte de 80% e regras de associação com confiança de 80% ele pode, com esses valores de parâmetros, obter não só o conjunto de conceitos assimilados como também o conjunto de conceitos complementares que são, como implicação derivada desse resultado, o conjunto que representa os conceitos ausentes ou que não satisfizeram os parâmetros de suporte e confiança decorrentes dos requisitos de avaliação e por isso, devem ser trabalhados posteriormente de modo a preencher essa lacuna de conhecimento.

No nosso exemplo, percebe-se que mesmo que os conceitos tenham um valor considerável de confiança (80%), apenas quando um valor de suporte de 40% é atingido é que se obtêm resultados relevantes, ou seja, a cobertura de 58,8% (10/17) da quantidade de conceitos do mapa original. Quando o suporte é de 80% ($\beta=0,8$) temos cobertura de somente 35,3% (6/17) da quantidade de

conceitos do mapa, mesmo com a confiança de 80% para algumas regras de associação.

Essa informação é importante porque explicita preliminarmente duas coisas:

A primeira e mais evidente é que é necessário trabalhar melhor alguns conceitos pois resultados relevantes começam a aparecer apenas para valores muito baixo de suporte.

A segunda é a influência da confiança para o resultado final, apontando que o seu valor, que é a probabilidade de ocorrência de um item quando outro ocorre, diz respeito às regras, assim, não é suficiente para sozinha, gerar resultados relevantes.

Nas figuras a seguir, apresentamos o resultado da Tabela 3.4 para variações dos valores de suporte.

Mapa conceitual com suporte de 100% e confiança de 80%

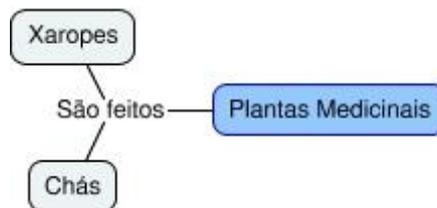


Figura 3.7. Conceitos associados com $\beta = 1$

Mapa conceitual com suporte de 80% e confiança mínima de 80%



Figura 3.8. Conceitos associados com $\beta \geq 0,8$

Mapa conceitual com suporte de 60% e confiança mínima de 80%

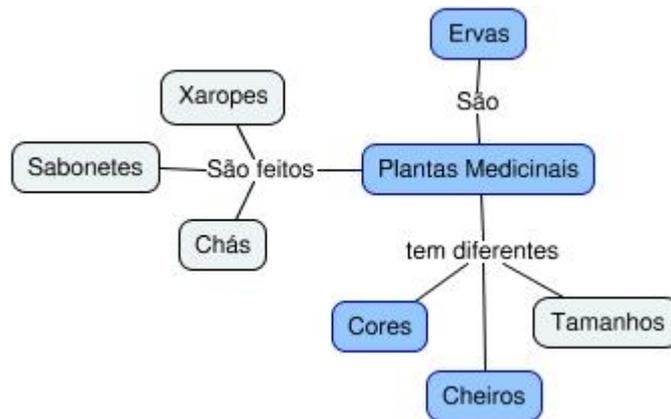


Figura 3.9. Conceitos associados com $\beta \geq 0,6$

Mapa conceitual com suporte de 40% e confiança mínima de 80%

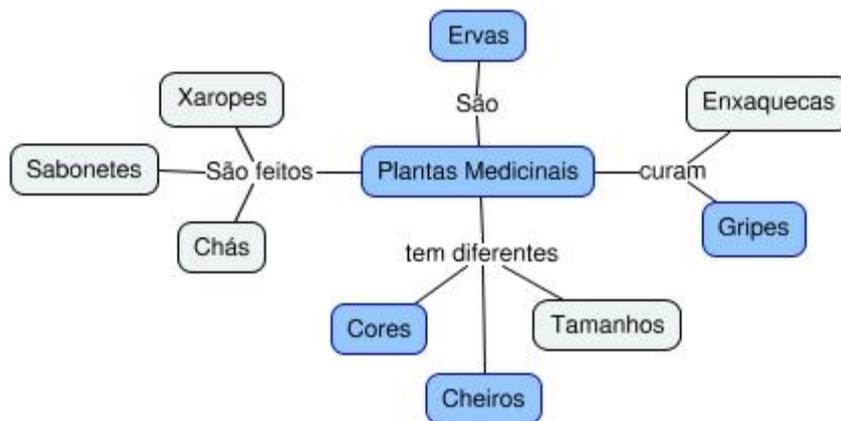


Figura 3.10. Conceitos associados com $\beta \geq 0,4$

3.10. Escolha dos conceitos ausentes

A principal contribuição ao realizar a análise dos itemsets frequentes resultado e das regras de associação em mapas conceituais é a verificação dos conceitos aprendidos pelo grupo de alunos e aqueles cuja ausência merecem atenção para serem posteriormente reapresentados sobre outra perspectiva ou com outra estratégia de ensino para que possam ser melhores assimilados coletivamente.

Tão importante quanto o conhecimento dos conceitos assimilados é a apresentação do conjunto de conceitos ausentes ou aqueles que não satisfizeram os critérios de suporte e confiança, pois devem ser retrabalhados de modo a obedecer a critérios que otimizem o processo cognitivo. Assim, questões como a metodologia, abordagem pedagógica e a ordem de precedência com que são apresentados devem ser pensados para que seja potencializado o aprendizado do aluno.

Sobre essa perspectiva e como decorrência direta das regras de associação, uma abordagem a ser executada é a apresentação de conceitos de acordo com os valores progressivos de suporte (β).

Por exemplo:

Considere que o professor ache satisfatório, valores iniciais de suporte $\beta = 0,6$ e confiança $\alpha = 0,8$ para que a partir daí possa trabalhar os conceitos restantes, não presentes para esses parâmetros de β e α .

A pergunta a ser respondida é
“Quais os próximos conceitos devem ser apresentados de modo a otimizar o aprendizado?”

Ou seja, em vez de apresentar os elementos restantes de forma aleatória, concentramo-nos em escolhê-los meticulosamente, de modo a valorizar os conceitos que são considerados mais relevantes e que estão associados, utilizando para isso as regras de associação elicitadas quando da execução do algoritmo Apriori.

Atribuindo-se níveis, apenas para questões de referência, para os conjuntos de itemsets da Tabela 3.7, em que cada nível é delimitado pelos diferentes valores de β e α , obtemos a Tabela 3.8. Essa tabela apresenta os itemsets escolhidos a partir do critério de relevância e tamanho apresentado na seção 3.1, os itemsets diferença entre os k-itemsets resultado de níveis imediatamente subsequentes, regras de associação relevantes geradas para os elementos do conjunto diferença e os conjuntos complementares de conceitos para os valores de β e α selecionados.

Nível	(β)	(α)	k-itemset Resultado	Conjunto Diferença	Regras de Associação	Conjunto Complementar
1	1	0,8	{1,3,5}	{8,13,14}	{8} => {14} = 100% {8} => {13} = 88,9%	{2,4,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17}
2	0,8	0,8	{1,3,5,8,13,14}	{9,17}	{9} => {17} = 100%	{2,4,6,7,9,10,11,12,15,16}
3	0,6	0,8	{1,3,5,8,9,13,14,17}	{2,11}	{2} => {11} = 87,5%	{2,4,6,7,10,11,12,15,16}
4	0,4	0,8	{1,2,3,5,8,9,11,13,14,17}	-	-	{4,6,7,10,12,15,16}

Tabela 3.8. Classificação segundo o nível

Considerando que o itemset resultado para um nível que possua maior valor de suporte, é também o que contém os elementos melhores assimilados pela turma, a diferença entre cada itemset resultado de níveis imediatamente subsequentes são os elementos não compreendidos entre esses níveis.

Por exemplo, para o nível 1, o itemset resultado $\{1,3,5\}$ indica que esses foram os elementos melhor assimilados para o valor de $\beta = 1$ e o itemset diferença $\{8,13,14\}$ exprime a diferença entre os elementos dos itemsets resultado de níveis 1 e 2. Assim, os elementos $\{8\}$, $\{13\}$ e $\{14\}$ são os elementos pertencentes ao nível 2 que não satisfazem os critérios de β para o nível 1, pois possuem valores inferiores de suporte. Dessa forma, caso o professor deseje trabalhar a lacuna de conhecimento entre esses níveis (nível 1 e 2), deve primeiro apresentar, prioritariamente, os conceitos divergentes entre eles antes de concentrar esforços no itemset complementar de mesmo nível, neste caso, $\{2,4,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\}$ uma vez que são mais próximos em termos de valores de suporte.

Complementarmente, perceba que o conjunto diferença é também um subconjunto do conjunto complementar de elementos, por exemplo, o conjunto diferença de nível 1 $\{8,13,14\} \subseteq \{2,4,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\}$, seu conjunto complementar.

Observe que não há prioridade entre os conceitos $\{8\}$ – “Ervas”, $\{13\}$ – “Cheiros” e $\{14\}$ – “Gripes”, uma vez que ambos foram marcados como relevantes pelo professor (Figura 3.12), entretanto, quando seguimos para o nível subsequente (nível 3), note que o conceito $\{9\}$ – “Cores” é prioritário sobre $\{17\}$ – “Enxaquecas”, o outro do conjunto diferença $\{9,17\} = \{\text{Cores, Enxaquecas}\}$ de mesmo nível, como mostra a Figura 3.13. Isso significa que quando o professor for reapresentar os conceitos, deve primeiro apresentar o conceito “Cores” antes de “Enxaquecas”.

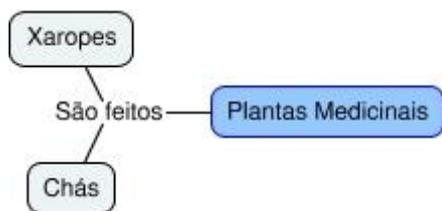


Figura 3.11. Mapa conceitual de nível 2

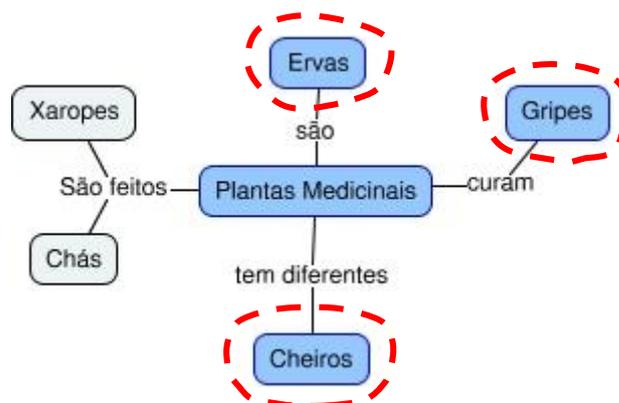


Figura 3.12. Mapa conceitual de nível 2

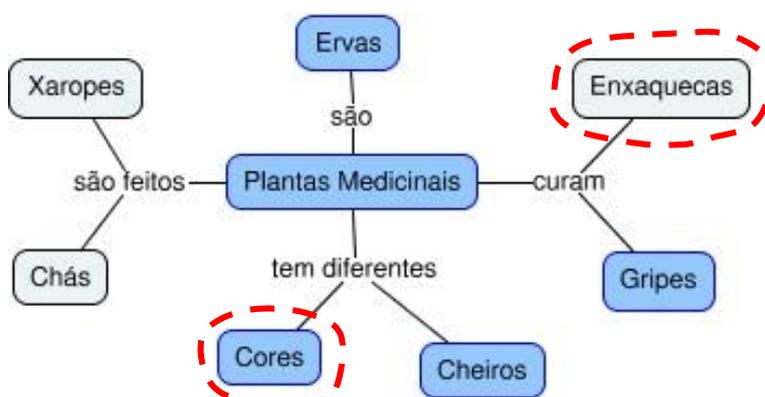


Figura 3.13. Mapa conceitual de nível 3

Depois que os conceitos prioritários de nível foram reapresentados, podemos utilizar as regras de associação para os demais conceitos de nível, assim, para cada item apresentar os que possuem maior percentual de confiança (α) (Tabela 3.8), ou seguir para os conceitos prioritários de próximo nível. Essa estratégia objetiva trabalhar primeiro os conceitos pertencentes a itemsets e regras de associação de níveis próximos a fim de que, uma vez cobrindo os conceitos que tenham menores valores de suporte e confiança do nível imediatamente inferior, eles possam fazer parte, nas próximas transações, dos itemsets com maiores valores de suporte e confiança pertencentes ao nível imediatamente superior, indicando assim, uma maturação do aprendizado da turma.

3.11. Considerações sobre o capítulo

As regras de associação são uma valiosa técnica da mineração de dados para obtenção de informação, juntamente com mapas conceituais, dos conceitos não assimilados ou pouco entendidos conjuntamente pela turma de alunos em eventos de aprendizagem, possibilitando o planejamento de uma abordagem para preencher essa lacuna de forma otimizada. Uma vez que tenhamos obtido a lista de conceitos remanescentes a ser apresentada e sua sequência em termos de prioridade, devemos nos concentrar na melhor estratégia de ensino a fim de dar continuidade ao trabalho já realizado até aqui como, por exemplo, sua utilização conjuntamente com os sistemas de tutores inteligentes. Dessa forma, poderemos de forma individual, trabalhar os conceitos coletivos que são exclusivamente deficientes ao aluno a fim de se obter ao fim desse processo, o mesmo estrato de conhecimento da turma. No próximo capítulo apresentaremos a verificação do arcabouço proposto, seus resultados e seu potencial na assistência adaptada, seja individuada ou de grupos.

Capítulo 4

O Modelo Conceitual

Este capítulo apresenta o modelo conceitual construído a fim de fornecer assistência à aprendizagem individual. Nele são expostas as fases, papéis, relacionamentos e arquitetura que o estruturam além de como está relacionado às teorias de aprendizagens e estratégias pedagógicas expostas nos capítulos anteriores.

Este capítulo está assim organizado: Seção 4.1. O conhecimento prévio do aluno; Seção 4.2. O modelo conceitual; 4.3. A preparação da aula; Seção 4.4. Construção do mapa do aluno; Seção 4.5. Preparação da Tutoria; Seção 4.6. Tutoria; Seção 4.7. Considerações sobre o capítulo

4.1. O conhecimento prévio do aluno

Ter o conhecimento das necessidades dos alunos é ainda um grande desafio para os professores indistintamente. Isso porque, é o primeiro passo para fornecer uma ajuda relevante de modo a contribuir para seu aprendizado.

Não importa o quão sofisticada seja uma teoria de aprendizagem ou metodologia de ensino, ela será mais efetiva quando for aderente ao perfil cognitivo do aluno, possibilitando que ele aprenda do seu jeito. Essa é uma grande dificuldade, ainda nesses dias, uma vez que não podemos exaurir de forma taxativa o número de perfis cognitivos de modo a encaixar cada aluno em um deles para que daí executemos uma estratégia infalível, entretanto, alternativamente, podemos concentrar esforços para eliciar o arcabouço conceitual do aluno e conduzi-lo, a partir daí, no caminho de aprendizado planejado, utilizando para isso, a metodologia de ensino que julgarmos mais efetiva ou conveniente.

Nesse contexto, os mapas conceituais apresentados no capítulo 2, mostram-se, não só bastante úteis, mas também valiosos por diversas razões. Eles permitem explicitar, diagramaticamente, a informação contida em um determinado texto sob a ótica do aluno, ainda que o mesmo esteja construindo o mapa com o texto em rosto. Esse é fato curioso do comportamento humano, ou seja, um mesmo texto ser descrito por mapas conceituais de diferentes formas, ainda que sejam construídos a partir de mesmas regras, demonstrando que a perspectiva de cada indivíduo acerca da mesma coisa pode ser bem diferente.

De qualquer forma, é muito interessante essa explicitação de informação pois permite ao professor tratar cada aluno individualmente, a partir daquilo que ele já demonstrou que conhece na criação do mapa conceitual.

Idealmente, o professor deveria trabalhar os conceitos que aluno não conhece, guiando-se por aqueles que ele já conhece sobre um determinado assunto. Esse seria o estado de perfeição do ensino, pois o professor concentraria toda sua energia e a de seu aluno, na construção de conhecimento novo com relevância. Digo com relevância, pois, mesmo que seja importante a solidificação e calcificação do conhecimento em nossas estruturas conceituais, a “descoberta” do novo muda, não só, nossas estruturas conceituais, mas também as estruturas mentais, fazendo-nos pensar criticamente sobre o novo e sobre o conhecimento prévio já adquirido, ampliando nosso horizonte de conhecimento e visão de mundo, impactando na forma como interagimos, nos comportamos e relacionamos.

Quando o escopo de ensino se restringe a um único aluno, essa estratégia torna-se possivelmente realizável, entretanto, à medida que o escopo cresce, torna-se muito difícil suprir as necessidades individuais de cada aluno.

Quando se fala nisso, foca-se muito no débito que cada aluno sofreria pela falta de ajuda tempestiva do professor. Por outro lado, por mais que o professor decida se empenhar nessa tarefa, torna-se demasiadamente pesado realizar uma assistência à aprendizagem individual, uma vez que sempre que ocorre troca de aluno, o professor deve trocar também não só o conteúdo aplicável, mas também toda sua estrutura cognitiva de ensino, estratégia e relacionamento

humano, decorrente desse chaveamento de contexto, tornando esse processo enfadonho e pejorativo, na proporção que cresce o número de alunos.

Assim, a tarefa de condução de uma turma a construir conhecimento a um mesmo patamar torna-se, inexoravelmente, fadada a discrepâncias, incoerências e muitas vezes fracasso, uma vez que, a quantidade de recurso humano e motivação requeridos para desempenhar essa tarefa é muito superior ao disponível.

Sob essa perspectiva, torna-se razoavelmente compreensível, mas não satisfatória, a forma como o ensino é genericamente conduzido em grande parte das escolas, uma vez que não é possível ofertar de maneira economicamente viável, ainda que se queira, ensino personalizado dentro do tempo determinado para esse fim.

Objetivando resolver essa questão, propusemos um arcabouço conceitual que satisfizesse as necessidades de ensino individualizado e considerasse as questões de conhecimento prévio do aluno, aspectos de seu perfil cognitivo, restrições de tempo e economicidade em grande escala, sendo os dois pontos anteriores grandes restrições de ensino nos tempos modernos, e por último que possuísse, de forma intrínseca, aspectos pessoais do professor, intencionando ser seu emissário, manifestando assim, seus interesses, valores e personalidade durante a interação com o aluno.

4.2. O modelo conceitual

O modelo conceitual proposto possui como questão subjacente aspectos da teoria da aprendizagem significativa defendida por Ausubel (Ausubel, *The psychology of meaningful verbal learning*, 1963) e (Ausubel, *Educational psychology: a cognitive view.*, 1968) e complementada por Novak (Ausubel, Novak, & Hanesian, *Educational psychology: a cognitive view*, 1978), sendo transmitida, após processamento em mineração de dados, por agentes pedagógicos inteligentes.

Essa abordagem foi assim escolhida visando aliar as potencialidades de cada domínio do conhecimento e tecnologia utilizados, a fim de possibilitar, além de maior monitoramento e interação entre o aprendiz e o tutor, que um conteúdo adequado aos interesses do professor e aluno fosse ministrado.

Assim, o modelo é constituído, mesmo que de forma evoluída, sob a abordagem semântica tripartida de sistemas tutores inteligentes, constituída categoricamente, pelo modelo de domínio, modelo do aluno, tutor inteligente e interface com aluno, diluídos em 4 fases principais: Preparação da aula, Construção do mapa do aluno, Preparação de tutoria e Tutoria.

Esse framework está embarcado num software de produção e comparação de mapas conceituais a partir da seleção do texto tema, pertencente ao laboratório de informática na educação da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, o MAPREF (Gaspar, Aguiar, Gava, & Cury, 2018). Arquiteturalmente, foi projetado como extensão ao trabalho já realizado. Acreditamos que o trabalho colaborativo e cooperativo é fundamental para mudança e transformação do mundo, portanto, este projeto complementa o trabalho e esforço de muitas pessoas, visando acrescentar valor ao projeto anterior.

Metodologicamente, o processo de ensino e tutoria acontece na fase de tutoria a partir da interação por conversação de texto (chat) entre o aluno e o tutor inteligente acerca de um mapa conceitual sobre determinado tema previamente escolhido, preparado pelo professor na fase de preparação de aula e processado para descoberta do conhecimento inicial e conhecimento faltante do aluno na fase de planejamento de tutoria.

Dessa forma, para que a tutoria ocorra com sucesso torna-se estritamente necessário que as fases sejam seguidas encadeadamente, ou seja, primeiro é preciso que a aula seja planejada pelo professor com as definições daquilo que deseja ensinar, depois, os alunos devem construir os mapas conceituais iniciais a partir de um texto fornecido pelo professor na fase anterior. Sequencialmente após a construção dos mapas iniciais, são adquiridas as informações de conhecimento do aluno e plano de ensino do tutor na fase de preparação de tutoria e por fim, ocorre a interação entre o aluno e tutor na fase de tutoria. As

fases descritas anteriormente são exibidas na figura 4.1 a seguir. Suas respectivas subfases ou atividades e participantes serão descritos detalhadamente nas próximas seções.

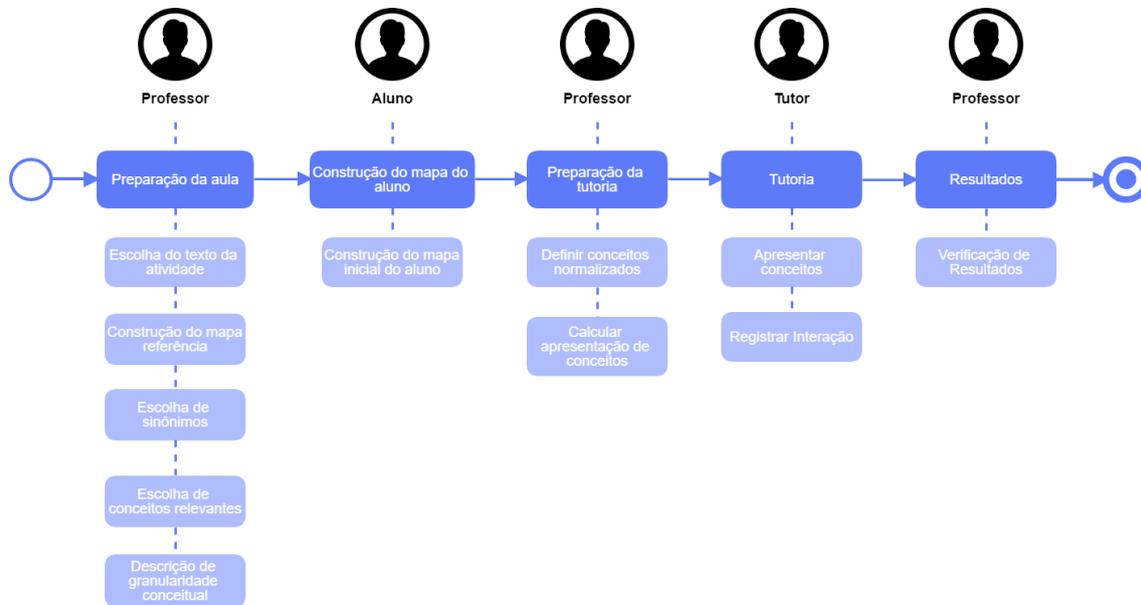


Figura 4.1. Modelo Conceitual

4.2.1. Contexto

Uma importante consideração a ser feita é a definição de contexto. É bem verdade que entusiastas de aprendizagem podem desenvolver experimentos das mais variadas formas, locais e conjunto de pessoas, entretanto, para que se mantenha foco e objetividade, além de aferição de métricas para comparação de resultados, consideraremos nosso experimento de aprendizagem definido por uma turma de alunos conduzida por um professor, afinal, essa é a realidade de grande parte de todo o ensino ministrado em escolas regulares. Para essa turma é fornecido um texto para que cada aluno produza um mapa conceitual com o propósito de explicitar seu arcabouço conceitual e ótica sobre o tema em questão. Dito isso, vamos à fase de preparação.

4.3. A preparação da aula

A fase de preparação da aula é o pontapé inicial do processo de ensino e tem seu resultado exposto no último elo da cadeia, a fase de tutoria. Ele é uma das mais importantes fases da cadeia porque contém não só as informações de alto nível como o tema da aula, mas também abriga questões mais específicas como o que o professor considera ou não relevante ou quais sinônimos podem corresponder a um determinado conceito.

Também ocorre nesta fase o cadastro de turmas e atividades para um dado professor previamente cadastrado, entretanto, por serem funcionalidades já pertencentes ao projeto MAPREF (Gaspar, Aguiar, Gava, & Cury, 2018) serão suprimidas.

Numa correlação com a estrutura tripartida dos sistemas tutores inteligentes, essa fase apresenta aspectos do modelo de domínio, uma vez que, como neste último, abriga informações pertinentes ao conteúdo de domínio tais como tema de estudo e detalhes conceituais pertencentes ao domínio de conhecimento.

4.3.1. Objetivo

O objetivo principal dessa fase é que ao final dela estejam definidos o escopo do experimento de aprendizagem, assim como, apontados pelo professor o que se espera do aluno em termos entendimento sobre o assunto e a obtenção das informações de domínio.

O ator dessa fase é o professor da turma de alunos, definida no contexto inicial. Antes dele fornecer as informações referentes à aprendizagem é necessário que ele indique para qual professor, turma e atividade estão sendo definidas as informações posteriores. Assim, pressupõe-se o cadastro prévio de professor, turma e atividade. Uma vez que essa tríade seja indicada o professor estará apto a fornecer/definir as seguintes informações:

Preparação da aula: Entradas

Texto

Mapa conceitual referência

Sinônimos

Conceitos Relevantes

Detalhes do conceito

Tabela 4.1. Entradas na atividade Preparação de aula

A figura 4.2 a seguir exibe a tela de preparação da aula.

Atividade

Professor: Crediné Silva de Menezes | Turma: Turma 1 | Atividade: Toracotomia Emergencial | Questão focal: O que é uma toracotomia emergencial

Texto

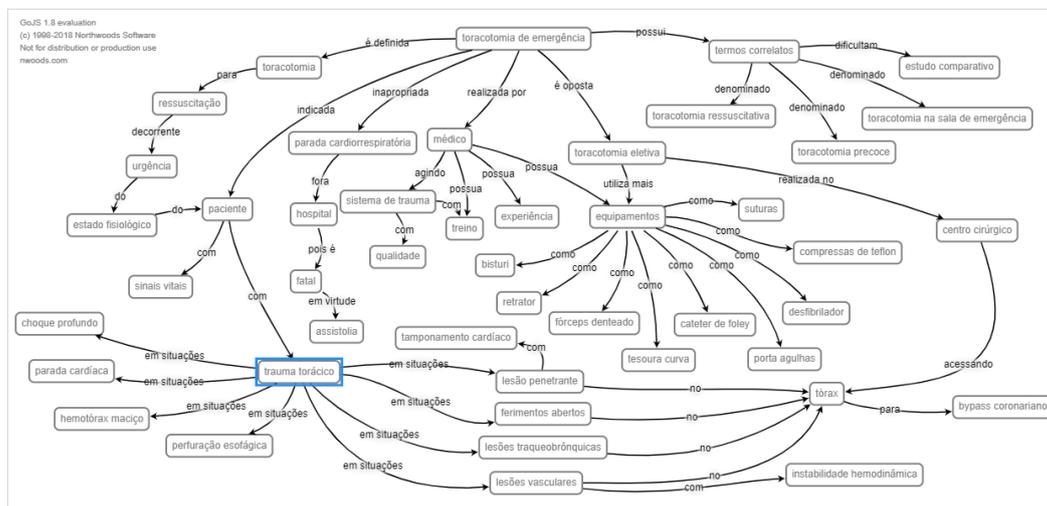
Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia ressuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia de bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma torácico em pacientes com sinais vitais nas situações de parada cardíaca ou que estejam em choque profundo, hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax na presença de instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiorrespiratória fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistolia.

A toracotomia de emergência deve ser realizada se houver um médico apropriadamente com experiência, treino e equipamentos, que esteja agindo em um sistema de emergência e qualidade. Uma toracotomia eletiva utiliza mais equipamentos do que os que são requeridos para uma toracotomia de emergência. Os equipamentos típicos de uma toracotomia de emergência são bisturi, retrator adequada, tesoura curva, fórceps denteado, cateter de Foley, porta agulhas, desfibrilador, suturas e compressas de teflon.

Mapa Conceitual Referência



Sinônimos

- choque x abalo x perturbação x comoção x impacto x boque x lesão x contusão x machucado x pancada x batida x golpe x ferimento x traumatismo x

Buscar Sinônimos

Relevância

Este conceito é relevante

Descreva aqui o nível de detalhes para cada conceito

Descrição com menor detalhe	Descrição intermediária de detalhe	Descrição com riqueza de detalhes
Trauma torácico é uma lesão do tórax pode ter distúrbios maiores ou menores da função cardiorrespiratória, dependendo da parte envolvida	Trauma torácico é uma lesão do tórax pode ter distúrbios maiores ou menores da função cardiorrespiratória, dependendo da parte envolvida. As lesões torácicas podem ser	Trauma torácico é uma lesão do tórax pode ter distúrbios maiores ou menores da função cardiorrespiratória, dependendo da parte envolvida. As lesões torácicas podem ser

Buscar Descrição

Salvar Mapa

Salvar

Figura 4.2. Tela de preparação de aula

4.3.2. Escolha do texto da atividade

É a escolha do texto sobre um tema específico escolhido pelo professor, apresentado em nosso contexto. É a partir dele que serão construídos os mapas conceituais de cada aluno. Ele é o ponto central e inicial sobre o qual tudo será construído, deste modo, torna-se de substancial importância uma escolha adequada já que textos inconclusivos, que possuam redundâncias e sinônimos demasiados podem confundir o aluno em seu entendimento e conseqüentemente, na construção do seu mapa conceitual. O objetivo neste ponto é que seja escolhido um texto que possibilite o aluno extrair informações para construção do conhecimento a partir do pensamento crítico e não enigmas ou questões mal formuladas. Sua importância é tamanha que é entrada de todas as outras fases subsequentes.

4.3.3. Construção do mapa conceitual referência

O mapa conceitual referência expressa a visão do professor sobre o próprio texto fornecido por ele. Essa é uma informação importante, posto que representa aquilo que considera correto e, portanto, deseja comunicar a seus alunos. Num nível de abstração maior, significa que será o mapa pelo qual o tutor nivelará os alunos, ou ainda, o mapa por meio do qual serão apontadas as correções e aferições contra o mapa do aluno.

O termo referência pode, por vezes, soar de forma autoritária, dando a impressão de representar o único mapa verdadeiramente correto, estando livre de erros, ou sendo a única versão possível, contudo, isto não é verdade! Pelo contrário, representa, assim como numa tabela de preços nacionais de veículos, um balizador para consulta de seus utilizadores, afinal, a estratégia da explicitação de conhecimento por mapas conceituais é segundo Novak (Ausubel, Novak, & Hanesian, Educational psychology: a cognitive view, 1978), para negociação de conceitos entre as partes e não para gabarito de certo e errado; inevitavelmente, pecamos muitas vezes utilizando-o como este e não como aquele.

4.3.4. Escolha de sinônimos

Na fase de preparação da aula são fornecidos alguns sinônimos dos conceitos pertencentes ao mapa referência. Agora, para quê servem esses sinônimos?

Existem duas respostas para essa pergunta: A primeira, é para a normalização dos mapas conceituais dos alunos na fase de preparação da tutoria, como veremos em detalhes na seção 4.5.1 e a segunda, é para que o tutor os utilize como dica no ensino de conceitos do mapa referência. Assim, não fornece a resposta acerca de um conceito diretamente, ou explicitamente, como apresentaremos na sessão de tutoria. Essa é uma estratégia interessante para que o aluno pense criticamente sobre um conceito, posto que, não recebe a resposta abertamente. Alguns especialistas chamariam esse enveredamento e condução do aluno ao ponto que se deseja de abordagem socrática e eu hei de concordar que há muita influência desse método de ensino, entretanto, a questão principal permanece na apresentação expositiva de conceitos como preconizam Ausubel e Novak, mesmo que estes sejam, algumas vezes, na forma de seus sinônimos.

A atividade de descrever sinônimos para um conceito tornar-se-ia sobremaneira cansativa e por isso foram construídos serviços de integração com bibliotecas que realizam uma busca em Onto.pt e retornam os sinônimos referentes ao conceito, realizando a análise morfológica com a atribuição de classe gramatical de cada conceito e a lematização para atribuir o lema correspondente ao conceito segundo o Cogroo, permitindo um melhor ajuste para procura de sinônimos. Ainda assim, essa é apenas uma facilidade fornecida ao professor, uma vez que fica sob sua determinação quais sinônimos acha conveniente escolher, podendo excluir ou, caso julgue necessário, adicionar novos sinônimos.

4.3.5. Escolha de conceitos relevantes

Alguns conceitos são indubitavelmente mais relevantes que outros pelo fato de pertencerem ao núcleo semântico de uma proposição, agregando maior valor ao significado, ou cadeia de proposições amarrando conceitos circunvizinhos e conseqüentemente todo o texto, funcionando, dessa forma, como subsunçores de maior força ou estabilidade. Geralmente, esses conceitos ocupam, segundo Novak (Novak J. , A theory of education, 1977) o topo da hierarquia dos mapas conceituais, além disso, possuem saindo de si, maior quantidade de ramificações para outros nós conceitos.

De qualquer forma, nesse passo, fica à critério do professor indicar quais conceitos são mais relevantes sob sua perspectiva e por isso, deveriam, necessariamente, constar nos mapas de seus alunos, já que por serem chaves, deveriam ser percebidos como tais.

A indicação de conceitos relevantes é muito importante porque é uma das entradas da fase de preparação da tutoria e, por conseguinte, é contabilizada no cálculo da sequência de conceitos a ser apresentada.

4.3.6. Descrição da granularidade conceitual

Nem sempre entendemos um conceito de primeira e isso é bastante comum, haja vista às diversas formas planejadas pelo professor para explicar um tópico, questão ou conceito quando se prepara para ministrar um conteúdo de um determinado assunto. Afinal, ele tem que se preparar para explicar uma mesma coisa de diferentes maneiras para diferentes pessoas, esse é um grande desafio, permitir que diferentes pessoas com diferentes perfis cognitivos construam uma mesma representação semântica acerca de um mesmo conceito apresentado.

Os detalhes do conceito foram planejados para que essa lacuna do ensino pudesse ser suprida. Assim, essa é uma oportunidade para o professor detalhar, não só em níveis de granularidade, um determinado conceito, mas também fazê-

lo de maneira pessoal, personificada, de modo a imprimir suas características singulares às falas do tutor, de modo artesanal, uma vez que este será seu porta-voz no ensino individualizado.

Entendemos também que por mais que professores sejam obsessivos pelo planejamento e organização de sua aula, esta atividade pode tornar-se demasiadamente enfadonha, podendo gerar de forma despreziosa, desídia, desmotivação e abandono. Para contornar essa possibilidade de relapsividade do professor, além de permitir maior fluidez do trabalho, foi desenvolvida uma integração com a Wikipédia para busca dos detalhes dos conceitos em 3 diferentes níveis de granularidade:

Nível 1: Descrição com menor detalhe

É uma descrição sucinta sobre o conceito, ou seja, possui um alto nível de abstração, contendo essencialmente uma definição sobre o conceito.

Nível 2: Descrição intermediária de detalhe

É uma descrição um pouco mais elaborada que a do nível anterior sobre o conceito, ou seja, possui um nível intermediário de abstração. Nela são fornecidas informações não só da definição do conceito, mas também, aplicações em contextos.

Nível 3: Descrição com riqueza de detalhes

É uma descrição detalhada sobre o conceito, ou seja, possui um pequeno nível de abstração, com grande detalhamento do que é o conceito, aplicações em contextos, relacionamentos com outros conceitos e palavras similares que podem representa-lo.

Alunos que frequentemente assimilam conceitos pertencentes ao nível 1, geralmente, possuem perfil com maior capacidade cognitiva de abstração e conseqüentemente acumulam recurso para ser utilizado em outras fases do

estudo (Hirashima, 2018). Entretanto, a categorização de um aluno nesse perfil não deve ser realizada após a verificação de um único experimento sobre tema, afinal, pode ser que o aluno já tivesse familiaridade com assunto em questão, podendo assim, nessa única amostra gerar um falso positivo. De forma análoga, não significa que um aluno que perceba conceitos, em sua maioria, no nível 3 de granularidade tenham algum déficit cognitivo, até porque algumas pessoas gostam sempre de receber a maior quantidade de informação possível, com a menor granularidade possível. Não pense então que os detalhes do conceito servem somente para que o aluno possa entender o significado de um conceito (até porque, se fosse apenas para isso já seria satisfatório), eles elicitam uma importante informação, a preferência cognitiva de recepção da informação do aluno. Assim, caso perceba-se que um aluno prefira receber informações em determinado nível de granularidade, por quê ficar insistindo em apresentar em outro? Cada um aprende à sua maneira, além do mais, a experiência de aprendizagem deve ser agradável e satisfatória, não apenas sob a ótica do professor, mas também do aluno.

Depois que todas as informações da aula foram preparadas é a vez dos alunos! Eles já poderão iniciar a atividade de construção dos mapas conceituais iniciais, sob a orientação do professor, a partir do texto fornecido na fase anterior. Descreveremos essa atividade na seção seguinte.

4.4. Construção do mapa do aluno

Obter o conhecimento inicial acerca de um aluno permanece como grande desafio, ainda nos tempos modernos, em que estamos imersos em tanta tecnologia.

Acontece que o conhecimento não pode ser drenado como em uma transfusão de sangue ou retirado invasivamente pela vontade de outrem, é necessário que o próprio indivíduo o torne evidente, caso contrário, o professor passará a considerá-lo como uma tábua rasa no processo de ensino-aprendizagem, passando-o a ensinar do princípio, quando na verdade isso ocorre em raras circunstâncias, como por exemplo, quando estamos

descobrir os significados de conceitos durante a primeira infância. Na verdade, sempre temos alguma concepção acerca de algum assunto. Além disso, é importante que o indivíduo chegue ao experimento de aprendizagem com suas concepções, ainda que equivocadas.

Segundo (Nevado, Menezes, & Júnior, 2011), a construção de conhecimento sobre um determinado assunto, requer que o indivíduo, partindo de seu conhecimento prévio, provocado por situações de desequilíbrio, faça reconstruções progressivas de forma que suas estruturas conceituais consigam assimilar novas situações, mas para tudo isso seja possível, é de fundamental importância eliciar o arcabouço conceitual do indivíduo de alguma forma.

Muitas técnicas têm sido usadas nesse sentido, tais como, questionários, provas, investigação e etnografia, contudo, são nessas circunstâncias que a construção do mapa conceitual inicial do aluno se torna tão relevante. Segundo Novak (Novak & Gowin, Learning how to learn, 1984) :

“Os mapas conceituais servem para tornar claro, tanto aos professores como aos alunos, o pequeno número de ideias chave em que eles se devem focar para uma tarefa de aprendizagem específica.”

A construção do mapa inicial do aluno é realizada a partir da tela “Mapa conceitual”, exibida na figura 4.3.

De semelhante modo à preparação da aula, uma vez cadastrado no sistema, o aluno deve escolher seu professor, turma e atividade correspondente. Conseqüentemente será apresentado o texto cadastrado pelo professor para a atividade selecionada. A figura 4.3 ilustra um possível mapa do aluno gerado a partir do texto da atividade.

MapRef • Criar Mapa Conceitual Meus mapas Aprendizagem Assistida Painel Sair

Atividade

Professor: Credinê Silva de Menozes Turma: Turma 1 Atividade: Toracotomia Emergencial Questão focal: O que é uma toracotomia emergencial

Texto

Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia resuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia de bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma torácico em pacientes com sinais vitais nas situações de parada cardíaca ou que estejam em choque profundo, hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax na presença de instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiorrespiratória fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistolia.

A toracotomia de emergência deve ser realizada se houver um médico apropriadamente com experiência, treino e equipamentos, que esteja agindo em um sistema de trauma com treinamento e qualidade. Uma toracotomia eletiva utiliza mais equipamentos do que os que são requeridos para uma toracotomia de emergência. Os equipamentos típicos de uma toracotomia de emergência são bisturi, retrator adequado, tesoura curva, fórceps dentado, cateter de Foley, porta agulhas, suturas e compressas de teflon.

Mapa Conceitual

Salvar Mapa

Salvar

Figura 4.3. Tela de criação de mapas conceituais

Reiteramos a importância desta fase para a descoberta inicial de como o aluno percebe cada conceito e sua associação. A partir daí, uma vez descoberto o que o aluno já conhece podemos tomar as decisões acerca da melhor estratégia de como impulsioná-lo a aprender aquilo que ele não conhece, esse é o assunto da próxima seção.

4.5. Preparação da tutoria

O processo de preparação da tutoria é tão (ou mais) importante que a própria tutoria em si. Essa afirmação pode parecer muito forte, mas, o pragmatismo que ela representa é decorrente do fato de que, um vez que a tutoria seja configurada erroneamente, todo o trabalho realizado até então será depreciado, posto que, o tutor ou não satisfará as necessidades individuais do aluno ou pior, prestará um serviço incorreto. Dessa forma, este é o elo mais sensível da cadeia de valor de ensino-aprendizagem, não pelo significado de fraqueza ou fragilidade, mas, pelo significado da importância e possibilidade de corrupção de todo o trabalho realizado.

Pela complexidade do trabalho, essa fase está subdividida em 2 subfases:

- Normalização de conceitos
- Cálculo da sequência de conceitos

4.5.1. Definir conceitos normalizados

Pela característica única de cada aluno, existe uma iminente possibilidade de que os mapas conceituais construídos a partir do mesmo texto sejam diferentes uns dos outros, na verdade, é isso que acontece na maioria das vezes. Essa diferença pode resultar em divergências maiores com a dicotomização entre conceitos ou apenas pequenas variações sintáticas, sem, no entanto, perder valor semântico como ocorre nos sinônimos e variações de gênero, número e grau. Para isso é necessária a normalização de conceitos dentre todos os descritos pelos alunos em seus mapas conceituais, afim de estabelecer uma mesma métrica de comparação entre conceitos.

Agora, para que serve essa métrica?

No capítulo anterior discorremos sobre uma interessante técnica para obtenção dos conceitos faltantes ou não compreendidos por alunos numa experiência de aprendizagem utilizando, para isso, mineração de dados com a contagem de itemsets frequentes e suas regras de associação relacionadas.

Acontece que a contagem de itemsets será tanto mais otimizada e assertiva quanto melhor definidos eles sejam. Como em essência tudo se resume à uma análise probabilística sobre conjuntos, quanto maior for os tamanhos dos conjuntos, mais demorado será o processamento e cálculo de conceitos faltantes. Entretanto, não é esse o problema principal. Se houver um pesado processamento, mas os resultados forem corretos, a resposta esperada será satisfatória. A dificuldade reside quando ocorre repetição do conceito por um de seus sinônimos, pequenas variações sintáticas ou ainda erros de grafia que no fim objetivam expressar o mesmo valor semântico.

Como exemplo, considere os dois conjuntos a seguir, sendo cada um correspondente a um mapa de um aluno:

C₁ = {carro, pessoa, veículo, edifício, coração}

C₂ = {automóvel, prédio, pessoa, coracao}

Para seres humanos é razoavelmente fácil, e por vezes automático, verificar a similaridade semântica e por consequência realizar o ajuste e coerção de um conceito a outro.

Os dois conjuntos anteriores possuem juntos 7 diferentes conceitos, contudo, uma análise um pouco melhor revela que, semanticamente, existem apenas 4 conceitos e para que pudesse ficar explícito marcamos cada um deles com diferentes cores a seguir.

C₁ = {carro, pessoa, veículo, edifício, coração}

C₂ = {automóvel, prédio, pessoa, coracao}

Ou seja, o valor semântico é o mesmo para as palavras carro, veículo e automóvel, assim como para edifício e prédio, além de existir ainda um erro morfológico para a palavra coração.

O que é importante observar é que para a finalidade de ensino conceitual, o que é relevante é o valor semântico do conceito, isto é, aquilo que ele

representa em relação ao contexto e com os outros conceitos com quem se relaciona, por isso, não seria tão prejudicial ao aluno descrever prédio quando o professor espera receber edifício porque, semanticamente, estão falando da mesma coisa e isso é facilmente perceptível e acordável numa rápida interação entre eles num evento de aprendizagem.

Por outro lado, isso não é tão fácil para as máquinas, por isso é preciso indicar para elas o que é um sinônimo, variação morfológica e erros de escrita. Dessa forma, quando fizer a verificação sobre os mapas de cada aluno, saberá o que poderá considerar pertinente ao contexto pelo fato de utilizar a mesma métrica de comparação para todos, podendo a partir daí adicionar ou não um conceito como parte integrante do itemset do aluno para o cálculo do conceitos conhecidos e faltantes.

O processo de normalização de conceitos realiza então, a verificação de conceitos na busca por seus sinônimos, variações morfológicas e erros de grafia quanto à acentuação e cedilha, substituindo, caso encontre, essas variações semânticas pelo conceito principal em cada mapa do aluno. No exemplo anterior, caso os conceitos indicados como corretos pelo professor sejam automóvel, edifício e coração, após o processo de normalização os dois conjuntos apresentarão a seguinte lista de conceitos:

$C_1 = \{\text{automóvel}, \text{pessoa}, \text{edifício}, \text{coração}\}$

$C_2 = \{\text{automóvel}, \text{edifício}, \text{pessoa}, \text{coração}\}$

Na figura 4.4 a seguir, apresentamos um exemplo da lista de conceitos normalizados de todos os mapas conceituais dos alunos. Os marcados na cor verde representam os que são pertencentes ao mapa conceitual referência e os em vermelhos aqueles existentes nos mapas dos alunos, mas não no mapa referência.

Atividade

Professor: Crediné Silva de Menezes | Turma: Turma 1 | Atividade: Toracotomia Emergencial | Questão focal: O que é uma toracotomia emergencial

Texto

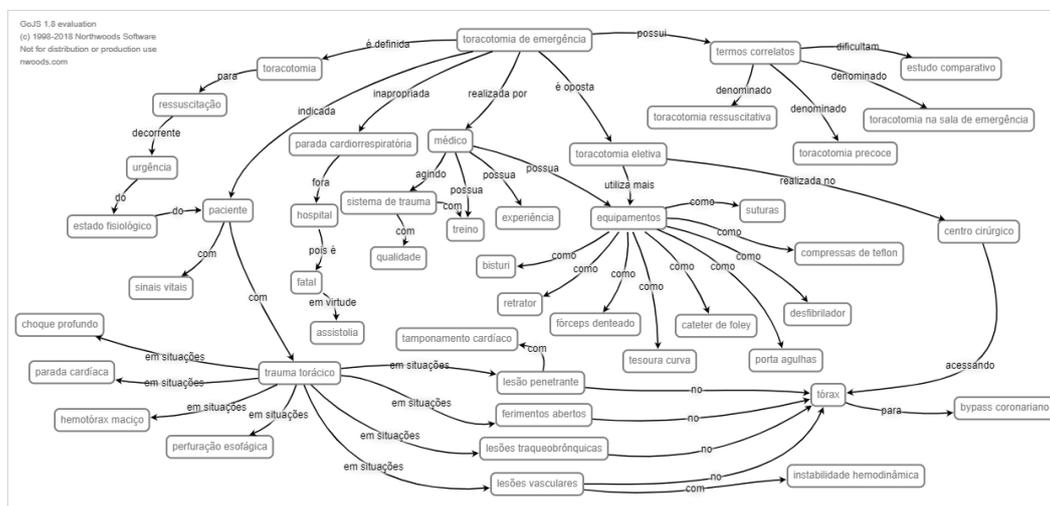
Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia resuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia de bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma tórácico em pacientes com sinais vitais nas situações de parada cardíaca ou que estejam em choque profundo, hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax na presença de instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiorrespiratória fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistolia.

A toracotomia de emergência deve ser realizada se houver um médico apropriadamente com experiência, treino e equipamentos, que esteja agindo em um sistema de trauma com treinamento o qualidade. Uma toracotomia eletiva utiliza mais equipamentos do que os que são requeridos para uma toracotomia de emergência. Os equipamentos típicos de uma toracotomia de emergência são bisturi, retrator adequado, tesoura curva, fórceps denteado, cateter de Foley, porta agulhas, desfibrilador, suturas e compressas de teflon.

Mapa Conceitual Referência



Conceitos Normalizados

- assistolia x bisturi x bypass coronariano x cateter de foley x centro cirúrgico x centro de cirurgias x choque profundo x compressas de teflon x desfibrilador x destreza x equipamentos x estado fisiológico x estudo comparativo x experiência x fatal x ferimentos abertos x fórceps denteado x hemotórax maciço x hospital x instabilidade hemodinâmica x lesão penetrante x lesões traqueobrônquicas x lesões vasculares x médico x paciente x parada cardiorrespiratória x parada cardíaca x perfuração esofágica x porta agulhas x qualidade x rapidez x ressuscitação x retrator x sinais vitais x sistema de trauma x suturas x tamponamento cardíaco x termos correlatos x tesoura curva x toracotomia x toracotomia de emergência x toracotomia eletiva x toracotomia na sala de emergência x toracotomia precoce x toracotomia resuscitativa x trauma tórácico x treino x tórax x urgência x

Buscar Conceitos Normalizados

Salvar Mapa

Salvar

Figura 4.4. Preparação da Tutoria (normalização de conceitos)

Essa é uma perspectiva interessante, uma vez que conceitos inesperados pelo professor podem surgir como parte integrante dos mapas conceituais dos alunos. Nesse ponto, o professor pode tomar duas decisões: rever o seu mapa conceitual referência, adicionando esses novos conceitos a ele e neste caso

também aprender com seus alunos pela reflexão da descoberta ou apenas ignorá-los, indicando assim que são realmente inadequados para o contexto da lição.

4.5.2. Cálculo da apresentação de conceitos

O cálculo da sequência de conceitos é a atividade que efetivamente aplica os conceitos de mineração de dados apresentadas no capítulo 3, residindo nela grande quantidade de complexidade e processamento podendo ser considerada o núcleo de conhecimento coletivo (turma) e individual (aluno) e a parte final da preparação de tutoria.

Nesta etapa são definidos os itemsets de cada aluno, baseando-se pela lista de conceitos normalizados da etapa anterior, ou seja, eles nada são além do que os conceitos do mapa de cada aluno que estão contidos na lista de conceitos normalizados e por isso considerados válidos.

Ainda que os itemsets possuam o seu valor, o objetivo principal dessa atividade é fornecer, ao seu término, a lista de sequência de conceitos a serem apresentadas a cada aluno de forma personalizada.

Dessa forma, uma vez conhecidos os itemsets, eles são utilizados como entrada do algoritmo que calcula o aprendizado da turma para níveis de suporte e confiança pré-determinados sob a forma de itemsets resultado, itemsets diferença, conjunto complementar e a lista de conceitos a ser apresentada a cada aluno, conforme figura 4.5.

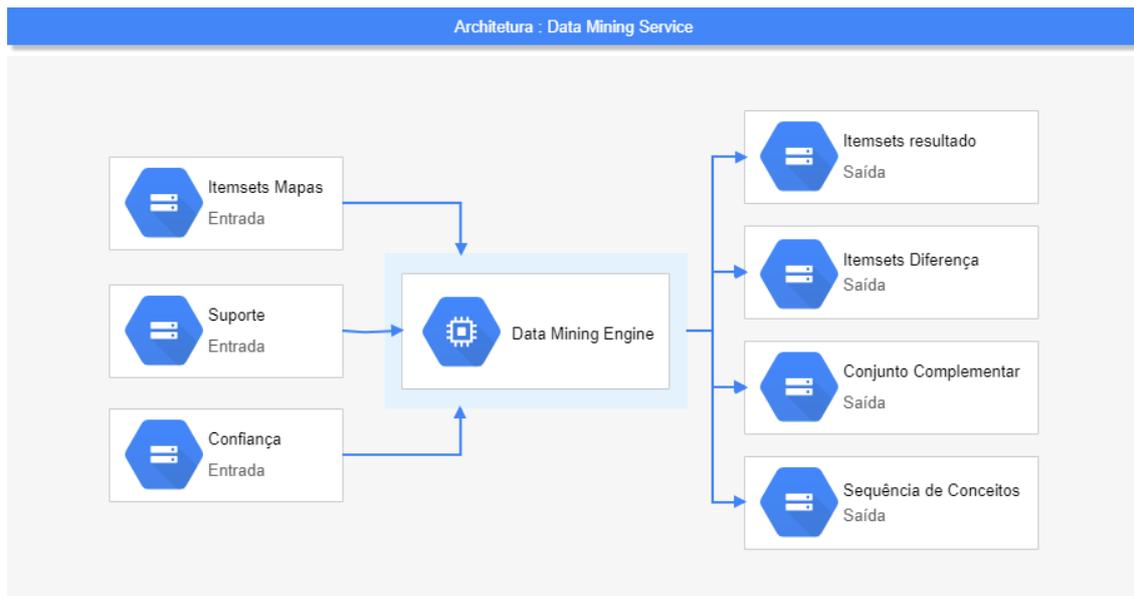


Figura 4.5.Arquitetura do serviço de mineração de dados

A decisão de pré-definir os valores de suporte e confiança ocorreu por duas principais razões:

- 1) Encapsular e desonerar do professor a complexidade de configuração desses parâmetros.
- 2) Definir um valor de limite inferior mínimo para o cálculo de itemsets frequentes e regras de associação

Mesmo sendo uma possibilidade interessante a variação de valores de suporte e garantia, procuramos omitir essa etapa a fim de torná-la transparente para o professor, e por esse motivo, definimos valores fixos de cálculo de suporte e confiança. Como regra, aplicamos a faixa de suporte de {0,7; 0,8; 0,9; 1} e confiança = 1. O significado dessa decisão refere-se ao valor mínimo considerado para aprovação em escolas regulares, ou seja, 70% de suporte (entendimento) sobre o conteúdo ministrado. Assim, o ensino do tutor começaria a partir do déficit conceitual entre o nível com suporte 0,7 e 0,8, prosseguindo para o 0,9 e finalmente 1. O valor de confiança de 1, significa que só nos é interessante regras de associação que possuam 100% de confiança em suas associações, requerendo apenas conceitos que evidenciam um forte relacionamento existente entre sua aparição e a de um conceito, de modo a justificar a associação semântica.

Lembre-se, como explicado no capítulo 3, essa é uma tentativa de elevar, a partir do trabalho individual de aprendizagem assistida, toda a turma a um mesmo nível conceitual de entendimento.

Portanto, a saída mais importante dessa atividade é a lista de sequência de apresentação de conceitos para cada aluno da turma, de modo a respeitar o cálculo de itemsets frequentes para as faixas especificadas anteriormente. Contudo, como também mencionado no capítulo 3, elas obedecem prioritariamente aos critérios de relevância requeridos pelo professor para somente depois concentrar-se nas regras de associação de maior valor.

Depois de obtidas essas informações, chega a hora da fase de tutoria, que é onde concretiza-se todo o trabalho exercido pelo professor desde a preparação da aula até a preparação da tutoria e é sobre ela que falaremos em seguida.

4.6. Tutoria

Tutorear uma pessoa significa guiá-la no sentido de que possa, por si só, construir suas próprias convicções e representação daquilo que está sendo apresentado. Não é um processo unidirecional, pautado apenas no conhecimento que o tutor possui sobre o assunto. Pelo contrário, exige conhecimento sobre o que o tutoreado conhece e, portanto, necessita de interação entre as duas partes.

À medida que discorríamos sobre este trabalho, apresentávamos características importantes e necessárias, não só do tutor, até porque ele é só uma parte desta complexa engrenagem, mas de todas as partes cruciais para que o evento de aprendizagem assistida pudesse acontecer, tais como teoria de aprendizagem, modelos de sistemas tutores inteligentes, elementos fundamentais que influenciam a aprendizagem e a explicitação do arcabouço conceitual do aluno por meio dos mapas conceituais. Neste ponto, apresentaremos o agente de software de tutoria, responsável por, não só ajudar o estudante a construir sua representação de mundo, mas fazê-lo com o compromisso de ser porta-voz do professor, enquanto este, por si só, não pode

fornecer atendimento individual de modo a suprir a carência cognitiva de cada aluno simultaneamente.

4.6.1. O tutor inteligente

Existem na literatura diversos tipos, modalidades e arquiteturas de sistemas tutores inteligentes (Carbonell, 1970), (Giraffa, Seleção e adoção de estratégias de ensino em sistemas tutores, 1997), (Giraffa, Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais., 1999), (Giraffa & Vicari, Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes Modelados através da Tecnologia de Agentes, 1999), (Hirashima, 2018), entretanto, como a objetivo deste projeto é a aprendizagem assistida sobre mapas conceituais, construímos um tutor como sistema de software multi-agente.

Arquiteturalmente, é composto por dois agentes de software confinados numa máquina de estados finitos. Esta decisão foi tomada, especificamente, para que pudéssemos ter o controle adequado sobre o comportamento do tutor nas interações com o aluno.

Se assim não fosse, seria necessário um poderoso motor de processamento de linguagem natural aliado a processamento semântico com suas devidas ontologias de domínio, uma vez que, pelo fato das interações ocorrerem por meio de conversa de texto (chat) entre o aluno e o bot, o contexto ficaria em aberto. Todavia, não é esse o foco deste trabalho. Neste momento, concentramo-nos em três aspectos principais:

- 1) Descobrir qual o aprendizado da turma para diferentes níveis de suporte e confiança**
- 2) Preparar um plano de aprendizagem individual baseado no conhecimento coletivo obtido**
- 3) Aplicar esse plano de aprendizagem por meio de um sistema tutor inteligente.**

Pode ser que haja a sensação de que o tutor apresente um comportamento restritivo pelo fato de estar submetido a uma máquina de estados finitos, contudo, os estados projetados são suficientes para satisfazer o propósito de aprendizagem assistida sobre mapas conceituais por sistemas tutores inteligentes.

Tecnologicamente, o tutor é classificado de forma popular como um bot, que é o diminutivo de robot, ou robô de internet, neste caso, um bot de ensino. Ele é uma aplicação de software com objetivo de simular ações humanas repetidas vezes de maneira padrão, da mesma forma como um robô faria.

Assim, pretendemos minimizar a lacuna homem-máquina, a fim de tornar o processo de aprendizagem suave e natural. Nas seções seguintes apresentaremos os detalhes dessa arquitetura multi-agente, assim como, seu comportamento.

4.6.2. A arquitetura tecnológica

O tutor foi projetado para ser arquiteturalmente aderente ao projeto MAPREF (Gaspar, Dissertação de Mestrado, 2018), funcionando como extensão à arquitetura já existente. Ela é constituída pelo tutor engine, um conjunto de bibliotecas construídas em Javascript e o tutor API, codificado em PHP rodando sobre um servidor Apache, responsável por processar as requisições do tutor engine, um banco de dados relacional MySQL para salvaguarda de dados da atividade e um banco de dados NoSQL MongoDB para processamento de mineração de dados conforme a figura 4.6 a seguir.

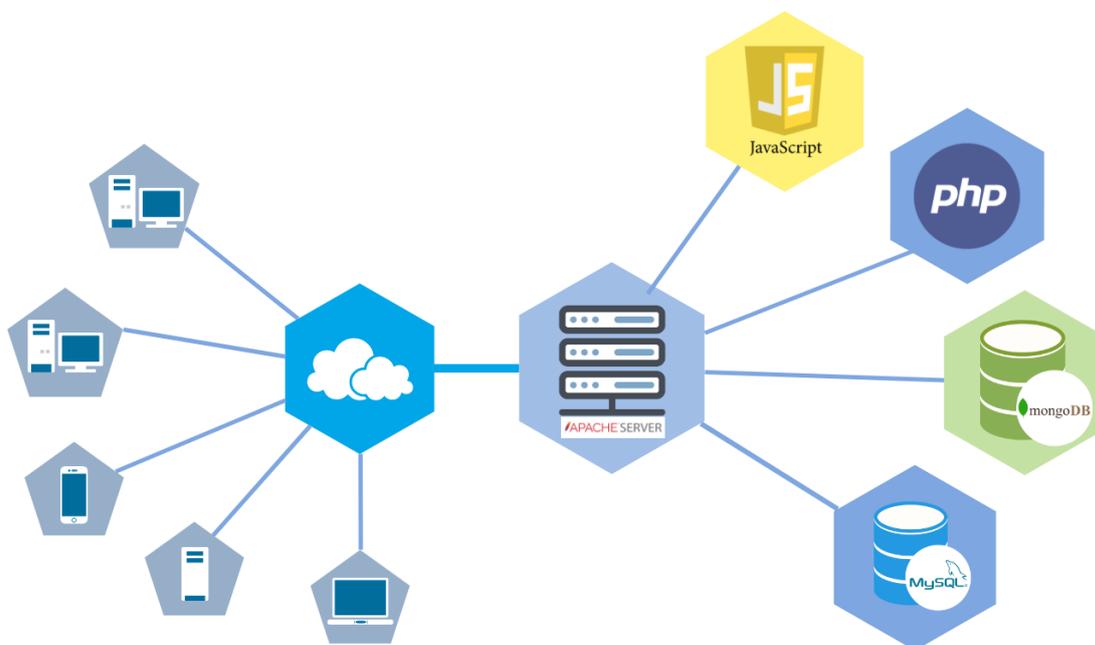


Figura 4.6-Arquitetura tecnológica do tutor

4.6.3. O Tutor Engine

O Tutor Engine é o núcleo do sistema de tutoria e é composto por bibliotecas codificadas em Javascript que, conjuntamente, são responsáveis pelo funcionamento da assistência a aprendizagem com tutor. Ele é formado pelas seguintes bibliotecas:

Biblioteca	Descrição
bot.js	É o agente responsável por realizar a tutoria em si. É ele o responsável por interagir com o aluno por meio de chat. Contém a linguagem própria da interação e as respectivas regras.
map.js	É o agente auxiliador do tutor, sendo responsável por realizar verificações no mapa conceitual e se comunicar com o agente tutor quando ocorre alguma modificação no mapa.

botui.js	É um framework JQuery responsável por enviar as mensagens do bot e responder as mensagens do aluno
go.js	O GoJS é uma biblioteca JavaScript rica em recursos para implementar diagramas interativos personalizados e visualizações complexas em navegadores e plataformas modernos. O GoJS facilita a construção de diagramas JavaScript de nós, links e grupos complexos com modelos e layouts personalizáveis. Foi utilizado para a construção dos mapas conceituais.
graph.js	Uma biblioteca para manipulação de grafos.
state-machine.js	Biblioteca para a máquina de estados do tutor
timer.js	Biblioteca para funções de tempo como cronômetro.
vue.js	O Vue.js é um framework JavaScript de código aberto para criar interfaces com o usuário e aplicativos.
jquery.js	O jQuery é uma biblioteca JavaScript rápida, pequena e rica em recursos. Ele torna as coisas como passagem e manipulação de documentos HTML, manipulação de eventos, animação e Ajax muito mais simples, com uma API fácil de usar que funciona em vários navegadores.

Tabela 4.2. Componentes do Tutor Engine

4.6.4. O Tutor API

O Tutor API é um motor escrito em PHP para processamento de mineração de dados e extração das regras de associação dos conceitos dos mapas conceituais. Ele utiliza, para isto, a biblioteca PHP-AI/PHP-ML – Artificial Intelligence and Machine Learning Library for PHP que emprega o algoritmo Apriori, discutido no capítulo 3.

O uso da biblioteca de inteligência artificial e aprendizado de máquina requer uma alta demanda de processamento e memória, assim, com a finalidade

de amenizar essa questão utilizamos, estrategicamente, o banco de dados No-SQL para otimização de tempo em vez de processamento todo em memória.

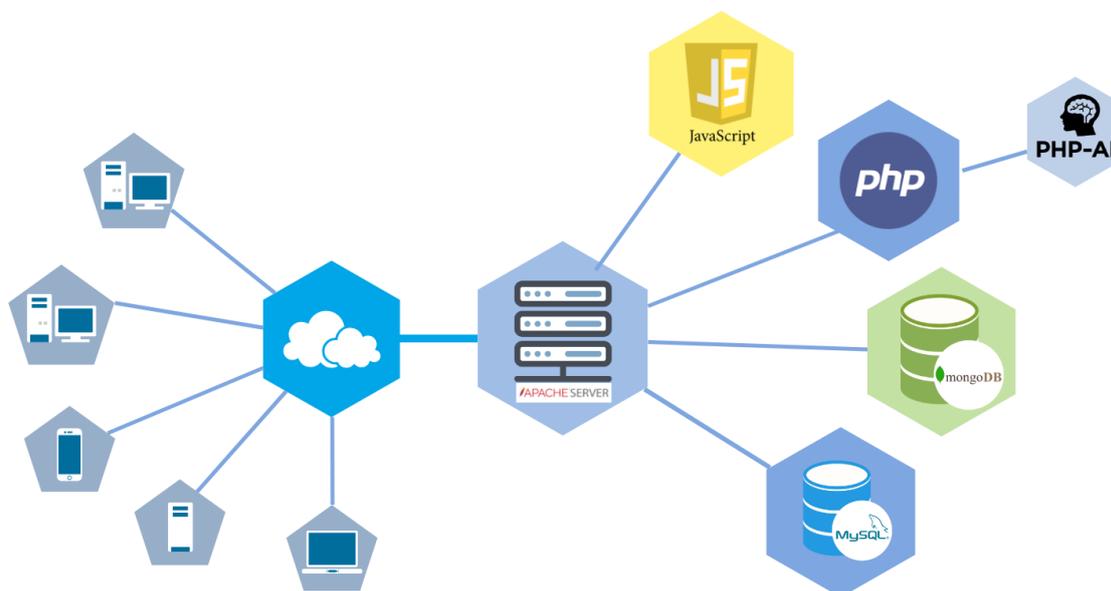


Figura 4.7. Relacionamento da biblioteca PHP-AI/PHP-MI na arquitetura

4.6.5. A comunicação entre os agentes

A necessidade da existência de dois agentes decorre da demanda por monitoramento das interações do aluno em dois pontos principais: O mapa conceitual e a conversa com tutor. Dessa forma, duas sentinelas ficam monitorando todo o tempo seu alvo, uma com foco no mapa e outra no chat, comunicando-se sempre que há mudanças em qualquer uma delas. Uma consideração importante a se fazer é que essa comunicação é assíncrona, visto que, a espera pelo fim de um evento por qualquer uma das partes comprometeria drasticamente a experiência do usuário e conseqüentemente o processo de aprendizagem.

Apesar dos agentes comunicarem-se assincronamente, toda a interação entre o tutor e o aluno ocorre sincronamente, uma vez que seguem estritamente

o ciclo de vida de uma máquina de estados finitos e é sobre ela que falaremos adiante.

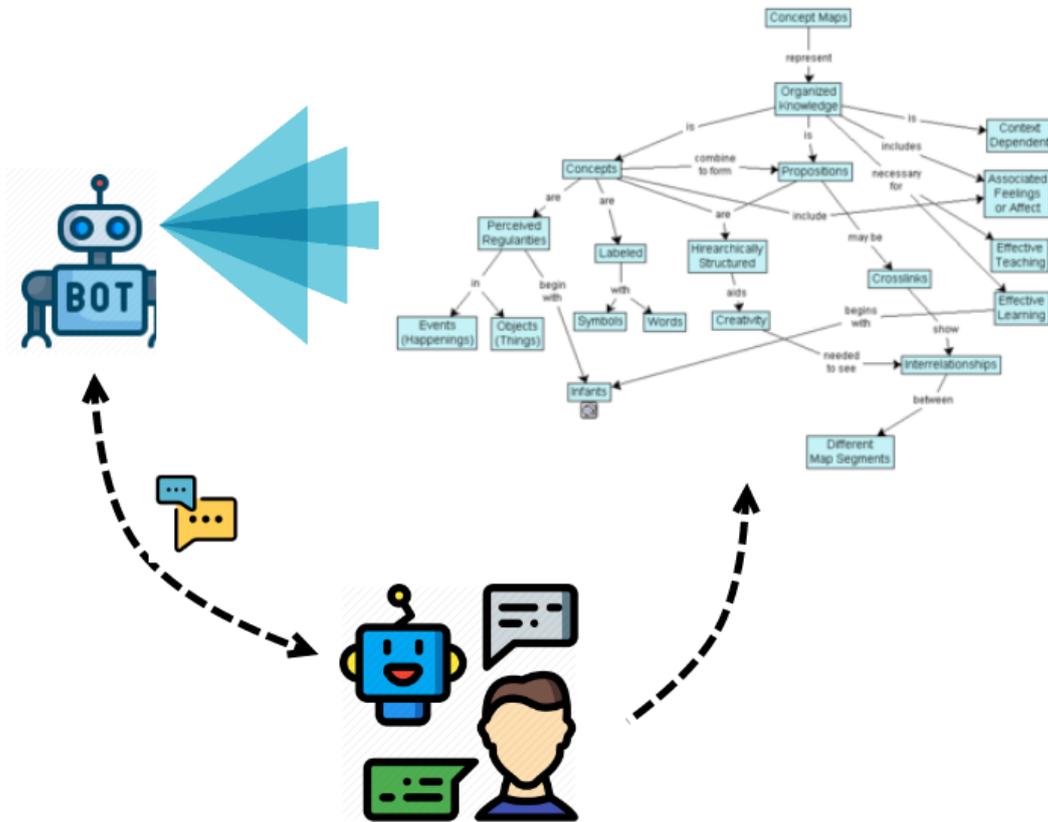


Figura 4.8.Arquitetura de comunicação agente-aluno e agente-agente

4.6.6. A máquina de estados finitos do tutor

Uma máquina de estados finitos ou apenas máquina de estados é um modelo matemático utilizado para representar programas de computador. Como descrita em seu nome, possui um número limitado de estados possíveis que representam seu comportamento num dado momento do tempo, assim, a entrada e saída de um estado provocam mudanças do sistema modelado por ela. Como regra essencial, deve estar em apenas um estado por vez, sendo este estado chamado de estado atual. Uma mudança de estado ocorre sempre do estado atual para o próximo estado por meio de uma transição, ela é descrita como uma condição que precisa ser satisfeita para que a mudança ocorra.

A escolha principal pelo uso da máquina de estados reside no fato de que, uma vez definidos adequadamente os estados e transições entre eles, o tutor sempre estará confinado em um estado válido, impedindo que comportamentos não mapeados não sejam possíveis.

Essa estratégia não foi escolhida para tolher a liberdade do aluno, mas para melhor guiá-lo no caminho de aprendizagem de modo seguro, até porque, existem dentro de cada estado variações da estratégia de comunicação visando tornar a interação entre tutor-aluno menos mecânica e mais humana.

A tabela 4.4 a seguir exhibe os estados e transições possíveis para a máquina de estados de tutoria e a figura 4.9 o seu diagrama.

Estado Inicial	Transição	Estado Final
Begin	Present	Presentation
Presentation	Search	Presentation
Presentation	Wait	Waiting
Searching	Present	Presenting Concept
Searching	Finish	End
Searching	Evaluate	Evaluating
Presenting Concept	Ask	Asking Relationship
Presenting Concept	Teach	Teaching Concept
Presenting Concept	Search	Searching
Teaching Concept	Detail	Detailing
Teaching Concept	Ask	Asking relationship
Teaching Concept	Search	Searching
Detailing	Ask	Asking Relationship
Detailing	Search	Searching
Asking Relationship	Present	Presenting Relationship
Asking Relationship	Evaluate	Evaluating
Asking Relationship	Search	Searching
Presenting Relationship	Evaluate	Evaluating
Presenting Relationship	Hint	Hinting
Presenting Relationship	Search	Searching
Hinting	Evaluate	Evaluating
Hinting	Search	Searching
Evaluating	Ask	Presenting Relationship
Evaluating	Search	Searching
Evaluating	Draw	Drawing
Waiting	Search	Searching
Drawing	Search	Searching

Tabela 4.3. Transição de estados da máquina de estados do tutor

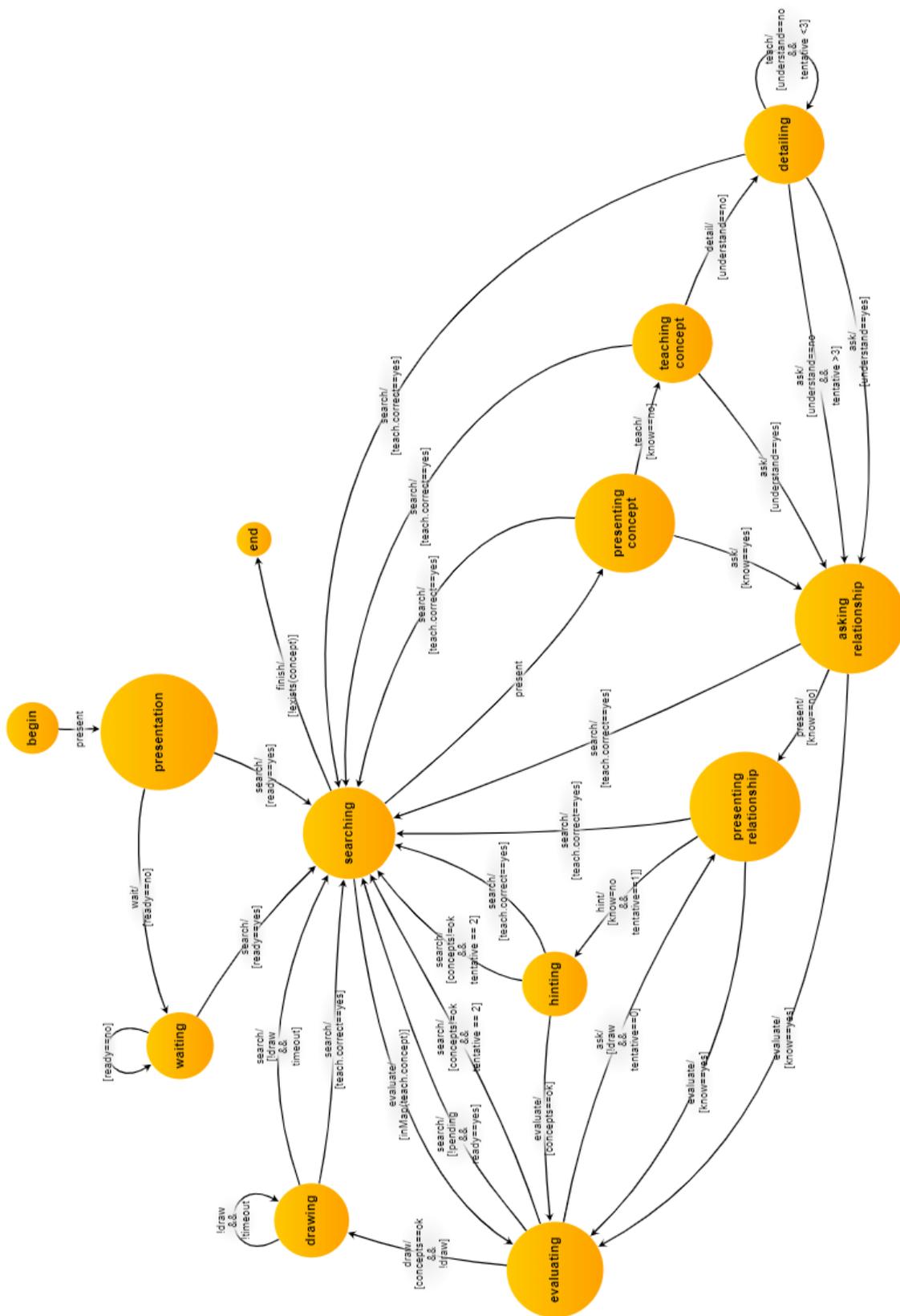


Figura 4.9. Diagrama da máquina de estados do tutor

Observe na figura 4.9 que não existem estados inconsistentes, ou seja, todos eles são executados a partir de uma transição válida disparada a partir da interação do usuário com o tutor, trazendo conseqüentemente, grande estabilidade ao sistema. A seguir descreveremos cada estado da máquina do tutor.

Begin

É o estado inicial da máquina de estados quando o tutor é iniciado. Neste estado não ocorre nenhuma interação com o usuário.

Transição: Present

Envia o tutor para o estado de Presentation para as apresentações iniciais para o usuário.

Presentation

Neste estado acontece a apresentação inicial do tutor para o usuário. Aqui são verificados se o usuário está acessando o ambiente pela primeira vez ou se está retornando para continuar a lição para a partir daí poder conduzi-lo no caminho apropriado.

Transição: Search

Direciona o tutor para busca de conceitos a serem apresentados.

Transição: Waiting

Direciona o tutor para um estado de espera.

Waiting

É um estado de espera. Algumas vezes o estudante não está pronto para seguir a lição e quando isso acontece, o tutor fica aguardando neste estado. Ele é acessado em apenas uma condição, quando ele não está pronto para iniciar a lição.

Transição: Search

Essa transição conduz o tutor para o estado em que ocorre a busca por pelo próximo conceito a ser discutido.

Searching

Este estado é responsável pela busca do próximo conceito a ser conversado e representa o início/reinício do ciclo de aprendizagem. Cada iteração de aprendizagem inicia-se com a busca do conceito a ser apresentado e termina ou com a avaliação com sucesso ou não do conceito e seus relacionamentos. Por essa característica, nesse estado também são realizados reset de variáveis de controle referentes a outros estados além da gravação dos dados de aprendizagem em banco de dados.

Outra transição que pode conduzir a esse estado é quando o aluno desenha o mapa de forma assíncrona. Às vezes, o aluno ignora o tutor e resolve por conta própria construir o seu mapa conceitual, talvez por desafiar-se ou simplesmente por achar o tutor intrusivo demais. O que realmente importa é que pode ser que ele esteja correto em sua construção. Nesses casos, o tutor tem que estar preparado para validar, á tempo, de forma assíncrona, o mapa conceitual. Essa validação ocorre com a ajuda de seu supervisor, o agente do mapa conceitual. Ele verifica as mudanças e avisa ao tutor aquilo que lhe é devido saber e caso aluno esteja realmente correto, passa a buscar novos conceitos para a apresentar para ele.

Transição: Present

Conduz o tutor para o estado que efetivamente apresenta o conceito quanto ao seu significado.

Transição: Evaluate

Às vezes, o aluno ignora o tutor e resolve por conta própria continuar a construção do mapa conceitual. Nesses casos, pode acontecer que quando resolva retomar a comunicação com tutor o conceito e seus relacionamentos já estejam desenhados no mapa. Por isso, é necessário realizar a verificação conceitual do conceito que está sendo buscado, encaminhando o tutor para o estado de evaluate, onde isso acontece.

Transição: Finish

É de se esperar que em algum momento o tutor terá conversado sobre todos os conceitos. Quando isso ocorre, a lição termina e o tutor é direcionado para o estado final.

Presenting Concept

Neste estado é perguntado, de forma preliminar, se o conceito escolhido no estado Searching é conhecido pelo usuário. O interesse é saber inicialmente se o aluno tem alguma similaridade do conceito.

Transição: Teach

Se o aluno não conhecer o conceito o tutor passará a detalhar o conceito no estado seguinte

Transição: Ask

Caso o aluno conheça o conceito, o tutor passará a questionar o aluno sobre os relacionamentos destes conceitos.

Teaching Concept

Neste nível, o tutor inicia a explanação do significado dos conceitos utilizando, para isso, os níveis de detalhes cadastrados pelo professor na fase de preparação de aula. Ele inicia com o nível de abstração mais alto e à medida que os conceitos vão sendo apresentando, utiliza o último nível de detalhes/granularidade que o aluno o tenha entendido. Por exemplo, caso o aluno tenha entendido o conceito anterior com o nível de granularidade intermediário, o tutor levará essa informação em conta, iniciando a nova apresentação de conceitos com esse mesmo nível de granularidade. Se o aluno entender o conceito na primeira explicação, o nível de granularidade é alterado para maior nível de abstração, funcionando assim como uma janela deslizante de granularidade.

A intenção dessa abordagem é poder exercitar no aluno a assimilação de conceitos com diferentes níveis de abstração, no entanto, sempre incentivará que ele utilize níveis mais altos de abstração, uma vez que, quando utilizados, economizam a quantidade de recurso cognitivo (Hirashima, 2018).

Transição: Detail

Essa transição leva o tutor para o estado em que ocorre o detalhamento do conceito, caso o aluno não tenha entendido no nível de granularidade apresentado.

Transição: Ask

Uma vez entendido o conceito apresentado, o tutor passa a perguntar informações sobre o relacionamento do conceito. Essa transição o encaminha para este estado.

Transição: Search

Detailing

Nem sempre é possível entender um conceito na primeira explicação, por isso, este estado existe para realizar apresentações dos conceitos aos alunos em níveis progressivos de granularidade, usando as informações de detalhes fornecidas pelo professor na fase de preparação da aula.

Transição: Ask

Uma vez entendido o conceito apresentado, o tutor passa a perguntar informações sobre o relacionamento do conceito. Essa transição o encaminha para este estado. Outra forma que invoca essa transição é quando o tutor tenta explicar o significado do conceito por mais de 3 vezes, sem sucesso. Neste caso, o tutor é encaminhado para o estado que explica os relacionamentos ao aluno com a intenção de que, uma vez entendido o relacionamento entre os conceitos, também será o seu significado.

Transição: Search

Asking Relationship

Realiza uma interação inicial sobre o conhecimento que aluno possui acerca de quem o conceito se relaciona. É responsável por fazer também algumas validações iniciais sobre a resposta fornecida pelo aluno.

Transição: Present

Essa transição é ativada caso o aluno não saiba com quem o conceito se relaciona e envia o tutor para o estado que realiza explicações mais detalhada.

Transição: Evaluate

Se o aluno souber quais são os relacionamentos do conceito apresentado pelo tutor, o próximo passo é realizar a verificação do mapa para encontrar pendências ou discrepâncias, essa transição leva até o estado que faz isso.

Transição: Search

Presenting Relationship

Neste estado são apresentados os relacionamentos dos conceitos de forma indireta. Ele informa ao aluno com quantos conceitos o conceito apresentado se relaciona e exibe um sinônimo.

Se o aluno acertar a resposta, o tutor mostra uma frase extraída do mapa conceitual que expressa o relacionamento do conceito apresentado com os outros conceitos e passa para o estado que realiza a verificação do mapa; se ele errar, o tutor exibe uma dica como nova tentativa de elucidação.

Transição: Evaluate

Esta transição encaminha o tutor para o estado que faz a aferição do mapa conceitual do aluno contra o mapa referência do professor.

Transição: Hint

Esta transição conduz o tutor ao estado que fornece dicas sobre o relacionamento do conceito.

Transição: Search

Evaluating

Após algumas interações do aluno com o tutor é possível que ele tenha desenhado algo no seu mapa conceitual. Quando o tutor reside neste estado, realiza a avaliação e verificação do mapa conceitual do aluno em relação ao

mapa referência do professor construído na fase de preparação de aula, comparando o conceito e seus relacionamentos.

O tutor também faz outras avaliações mais criteriosas como: se o aluno entendeu o conceito apresentado e seus relacionamentos, mas não desenhou eles no mapa ou a quantidade de vezes que o desenho do aluno foi avaliado. Como parâmetro, definimos esse valor em 2 tentativas, ou seja, caso o desenho seja avaliado mais que duas vezes o tutor infere que o aluno não sabe e passa para o próximo conceito.

Transição: Ask

Durante as interações o tutor pergunta ao aluno se ele conhece o conceito e com quem se relaciona. É bem possível que o aluno responda sim nessas duas perguntas como tentativa de enganar o tutor e avançar adiante. Ao verificar essa situação, o tutor encaminha o aluno para o passo anterior, reiniciando a lição.

Transição: Draw

Leva o tutor para o estado de desenho, e oferece a oportunidade para que o aluno que acertou o conceito e relacionamentos realize o desenho no mapa conceitual.

Transição: Search

Como mencionado, outro acionamento dessa transição acontece quando a avaliação do mapa do aluno foi feita por mais de 2 vezes.

Hinting

Neste estado são geradas e fornecidas dicas sobre o relacionamento do conceito apresentado com outros conceitos

Transição: Evaluate

Caso o aluno acerte a dica dada pelo tutor, seu mapa deverá ser analisado. Por isso, o tutor é levado ao estado de avaliação.

Transição: Search

Outra condição para que essa transição seja executada é quando o aluno tentou desenhar o relacionamento entre os conceitos por mais de duas iterações sem sucesso, neste caso, o tutor entende que o aluno não conhece o relacionamento, sugere a leitura do texto novamente e caminha para o próximo conceito.

Drawing

Neste estado o agente do mapa fica escutando modificações enquanto o aluno desenha e as informa ao tutor quando conveniente.

Transição: Search

Outra condição para que essa transição ocorra é o estouro de tempo dado pelo tutor para o desenho seja realizado pelo aluno. Este tempo é definido por parâmetro e atua de forma incremental, assim, o tutor espera primeiramente um tempo inicial T para que o desenho seja completado corretamente e incrementa em $2T$ na segunda espera, quando esse tempo expira, termina a chance do aluno. Esse mecanismo é necessário para manter o controle da interação, caso contrário, o aluno ficaria desenhando por tempo indefinido.

End

Inevitavelmente, a lista de conceitos a serem apresentados ficará vazia. Quando isso acontecer a lição chega ao fim e o tutor é encaminhado para este estado, representando o estado final.

4.6.7. O comportamento do tutor

Dentre os diversos tipos de tutores, escolhemos para este projeto um que tivesse o comportamento de guia, dessa forma, o agente trabalha de forma diretiva em suas intervenções, monitorando o aluno todo tempo e, conduzindo, quando permitido, a interação entre aluno-tutor visando a resolução do problema por todo processo. Acreditamos que para o escopo deste projeto é o comportamento que melhor se adere ao propósito, sendo eficaz no que preciso, sem permitir muitas distrações e desvios do foco por conversas inócuas.

4.7. Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo apresentamos a modelagem conceitual que fundamenta a aprendizagem assistida por tutores inteligentes sobre mapas conceituais, percorrendo sobre as fases, papéis envolvidos e restrições requeridas para que a construção do conhecimento possa ser viabilizada. No próximo capítulo, apresentaremos o experimento realizado com a finalidade de provar este arcabouço conceitual.

Capítulo 5

A prova de conceito

Neste capítulo descrevemos o experimento realizado para testar o modelo conceitual apresentado do capítulo 4. Nele apresentamos o contexto, pré-condições necessárias e relatos das atividades realizadas pelos alunos durante o experimento, assim como alguns resultados decorrentes dessa interação.

Este capítulo está assim organizado: Seção 5.1. Visão geral; Seção 5.2. Contexto; 5.3. O experimento; Seção 5.4. Pré-condições; Seção 5.5. Primeira atividade: A construção do mapa conceitual inicial; Seção 5.6. Intervalo: A Preparação da Tutoria Seção; Seção 5.7. Intervalo: Cálculo de itemsets frequentes e regras de associação; Seção 5.8. Segunda atividade: A Aprendizagem Assistida; Seção 5.9. Resultados; Seção 5.10. Questionário; Seção 5.11. Considerações sobre o capítulo

5.1. Visão geral

A prova de conceito foi realizada com a turma de doutorandos do departamento de informática da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, como atividade da disciplina Sistemas Inteligentes para Mediação da Aprendizagem, no semestre 2018/2, sob a tutela dos professores Crediné Silva de Menezes e Davidson Cury.

Esta disciplina objetiva estudar como sistemas inteligentes podem ser utilizados para apoiar a medição da aprendizagem e é ministrada remotamente por meio de mídias digitais tais como Google Hangouts, PBworks, Google Drive, You Tube dentre outras.

5.2. Contexto

Participaram deste experimento 6 pessoas de uma turma composta por 7 alunos, que possuem grande perícia em informática, dessa forma, a fim de aferir o aprendizado, foi escolhido um tema que fosse distante do que os alunos convivem diariamente. Essa abordagem objetiva concentrar-se especificamente na ajuda do tutor na condução da construção de conhecimento a partir de um tema pouco conhecido, uma vez que, a experiência acerca de um assunto, pode, por vezes, comprometer a avaliação da ferramenta, causando a falsa sensação de pouca aprendizagem quando comparada com o conhecimento já adquirido e assim, maquiagem os resultados obtidos.

A atividade a ser desenvolvida pelo aluno é a construção de um mapa conceitual a partir de um texto fornecido pelo professor. Ela se dará em três etapas: primeiramente com a construção inicial do mapa conceitual pelo aluno, com tempo predefinido em 30 minutos para sua execução. Depois ocorre uma pausa de 15 minutos para o processamento da lista de conceitos a ser ensinada. Por fim, acontece a etapa de assistência ao aprendizado realizado pelo tutor, estipulada em mais 30 minutos.

5.3. O experimento

Com a finalidade de proporcionar uma experiência de aprendizagem imparcial, foi escolhido um texto pertencente à área médica, sobre o assunto de toracotomia de emergência. O texto é relativamente pequeno, com 249 palavras, entretanto, com nível de complexidade superior à linguagem popular, por conter muitos termos específicos de área.

A seguir, apresentamos o texto escolhido pelo professor na fase de preparação de aula:

Toracotomia de emergência

Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia ressuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia de bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma torácico em pacientes com sinais vitais nas situações de parada cardíaca ou que estejam em choque profundo. hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax na presença de instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiorrespiratória fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistolia.

A toracotomia de emergência deve ser realizada se houver um médico apropriadamente com experiência, treino e equipamentos, que esteja agindo em um sistema de trauma com treinamento e qualidade. Uma toracotomia eletiva utiliza mais equipamentos do que os que são requeridos para uma toracotomia de emergência. Os equipamentos típicos de uma toracotomia de emergência são bisturi, retrator adequado, tesoura curva, fórceps denteado, cateter de Foley, porta agulhas, desfibrilador, suturas e compressas de teflon.

Tabela 5.1. Texto tema

5.4. Pré-condições

Uma condição necessária para o início da atividade é o seu planejamento pelo professor. Ele acontece na fase de Preparação da aula e tem por objetivo principal o cadastramento do texto e construção do mapa referência correspondente. Conforme capítulo anterior, outras informações dessa fase são a lista de sinônimos, indicador de relevância e detalhes da granularidade do conceito.

A figura 5.1 mostra a tela de preparação de aula, apresentando o texto sobre toracotomia de emergência e o mapa referência gerado a partir dele. Exibimos também as demais informações para o conceito raiz “Toracotomia de Emergência”

MapRef • **Quiz Mapa Referência** Meus mapas **Print** **Sair**

Atividade

Professor: Turma: Atividade: Questão focal:

Texto

Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia resuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia do bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma torácico em pacientes com sinais vitais nas situações de parada cardíaca ou que estejam em choque profundo, hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax na presença de instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiorrespiratória fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistolia.

A toracotomia de emergência deve ser realizada se houver um médico apropriadamente com experiência, treino e equipamentos, que esteja agindo em um sistema de trauma com treinamento e qualidade. Uma toracotomia eletiva utiliza mais equipamentos do que os que são requeridos para uma toracotomia de emergência. Os equipamentos típicos de uma toracotomia de emergência são bisturi, retrator adequado, tesoura curva, fórceps denteado, cateter de Foley, porta agulhas, desfibrilador, suturas e compressas de teflon.

Mapa Conceitual

Sinônimos

Buscar Sinônimos

Relevância

Este conceito é relevante

Descreva aqui o nível de detalhes para cada conceito

Descrição com menor detalhe	Descrição intermediária de detalhe	Descrição com riqueza de detalhes
toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial.	toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do	toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do

Buscar Descrição

Salvar Mapa

Figura 5.1. Tela de preparação de aula

Esta é uma atividade inerentemente de planejamento e requer dedicação e comprometimento do professor. Como se pode perceber, até mesmo que um pequeno texto pode gerar um mapa conceitual relativamente grande.

5.5. Primeira atividade: A construção do mapa conceitual inicial

Esta atividade tem a finalidade de explicitar o arcabouço conceitual do aluno, propiciando que o professor tenha uma visão do conhecimento sob a perspectiva do outro. É uma atividade muito importante pois é a partir da informação extraída dela que o tutor planejará o plano de ensino individual.

Para participar do experimento, os alunos devem se cadastrar no sistema de Construção Assistida de Mapas Conceituais de Referência – MAPREF, a partir do endereço <http://extroutmap.lied.inf.ufes.br:81/mapaReferencia> e acessar a opção “Meus Mapas Conceituais”, como exibem as figuras 5.1 e 5.2 abaixo.



A imagem mostra a interface de usuário do sistema MapRef. No topo, há o logotipo "MapRef" à esquerda e campos de entrada para "E-mail" e "Senha" à direita, com um botão "Entrar" em azul. Abaixo dos campos de login, há um link "Esqueceu a senha?". O conteúdo principal da página é dividido em duas seções. À esquerda, o título "Construção Assistida de Mapas Conceituais de Referência" está em uma fonte vermelha e serifada. Abaixo dele, há um texto descritivo em itálica: "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." À direita, há uma seção intitulada "Novo Cadastro" com cinco campos de entrada: "Nome", "E-mail", "Repetir e-mail", "Senha" e "Repetir senha". Abaixo desses campos, há um botão "Cadastrar" em azul. Na base da página, há uma barra de rodapé com o texto "Departamento de Informática - Universidade Federal do Espírito Santo - 2018 | Sobre".

Figura 5.2. Tela de login do MapRef

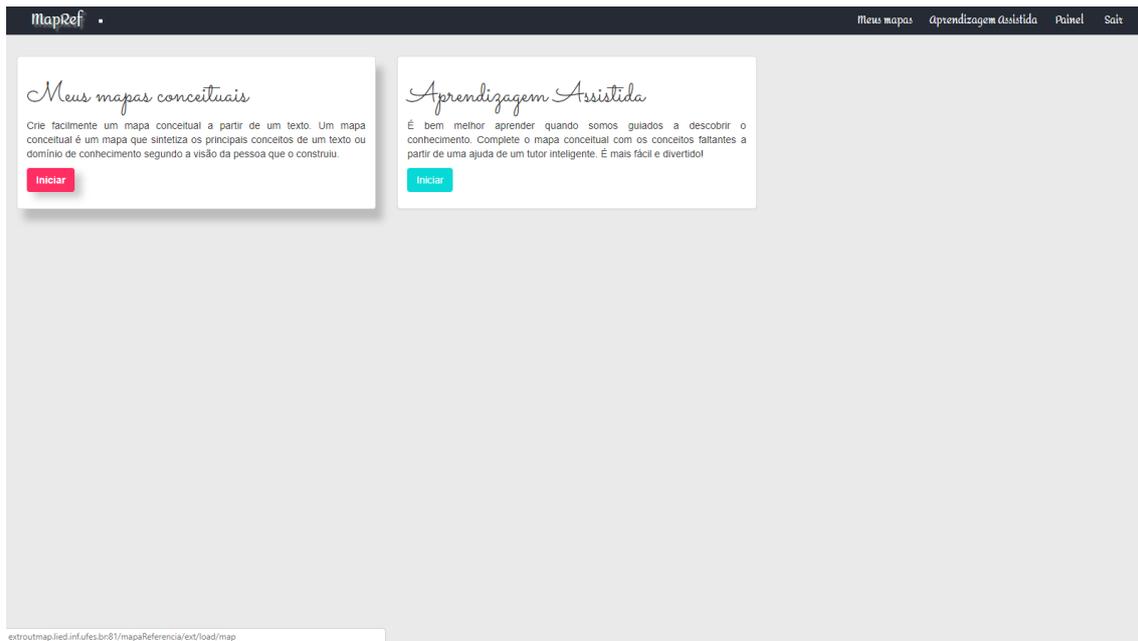


Figura 5.3. Tela inicial do MapRef para o perfil do aluno

Em seguida, devem selecionar o professor, turma e atividade a ser realizada. Uma vez seguidos esses passos, o aluno está liberado para realizar a primeira atividade: a construção do mapa conceitual a partir do texto do professor (figura 5.4).

MapRef • Cria Mapa Conceitual Meus mapas Aprendizagem Assistida Painel Sair

Atividade

Professor: Credinó Silva de Menezes Turma: Turma 1 Atividade: Toracotomia Emergencial Questão focal: O que é uma toracotomia emergencial

Texto

Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia ressuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia de bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma torácico em pacientes com sinais vitais nas situações de parada cardíaca ou que estejam em choque profundo, hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax na presença de instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiorespiratória fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistência.

A toracotomia de emergência deve ser realizada se houver um médico apropriadamente com experiência, treino e equipamentos, que esteja agindo em um sistema de trauma com treinamento o qualidade. Uma toracotomia eletiva utiliza mais equipamentos do que os que são requeridos para uma toracotomia de emergência. Os equipamentos típicos de uma toracotomia de emergência são bisturi, retrator adequado, tesoura curva, fórceps dentada, cateter de Foley, porta agulhas, desfibrilador, suturas e compressas de teflon.

Mapa Conceitual

GeoJS 1.8 evaluation
 (c) 1998-2018 Northwoods Software
 Not for distribution or production use
 northwoods.com

Figura 5.4. Tela de construção do mapa conceitual inicial

Ao fim da atividade, os alunos foram orientados a salvar seus respectivos mapas conceituais e aguardar a próxima atividade. Neste ponto foi feito um intervalo de 15 minutos.

O intervalo é necessário para que o professor realize ajustes na tutoria. Lembre-se, esses ajustes são feitos na fase de Preparação da tutoria, nela são escolhidos quais conceitos são considerados pertinentes, além de calculados os itemsets dos alunos e construído o plano de ensino.

5.6. Segunda atividade: Intervalo (A Preparação da Tutoria)

Agora que a turma de alunos está aguardando, o professor tem a importante tarefa de preparar a tutoria. Como planejado, ela foi realizada no dentro do breve período de 15 minutos, contudo, esta é apenas uma abordagem, afinal, pode ser dado o intervalo que o professor achar conveniente, o importante é que ele se sinta confortável e à vontade para realizar essa tarefa, caso contrário, pode refletir em distorções dos resultados que se esperavam.

A figura 5.5, a seguir, mostra a visão preliminar do professor acerca dos conceitos normalizados, eles são os conceitos que forma encontrados nos mapas conceituais dos alunos. Nesta etapa, o professor tem de escolher o que será ou não considerado como um conceito válido para que sejam normalizados.

A normalização consiste da redução de conceitos que tenham similaridades por sinônimos ou variação morfológica a um único conceito que os represente. Observe que existe distinção classificatória entre conceitos, em que, aqueles pertencentes ao mapa referência são marcados em verde, enquanto que, aqueles não encontrados no mapa referência são marcados em vermelho. Quanto à estes, cabe o professor discernir se serão os não considerados, uma vez que podem ser pertinentes e não foram percebidos anteriormente ou ainda, emergiram como resultado da atividade.

MapRef • Olha! Mapa Referência

Meus mapas Painel Sair

Atividade

Professor: Crodiné Silva de Menezes | Turma: Turma 1 | Atividade: Toracotomia Emergencial | Questão focal: O que é uma toracotomia emergencial

Texto

Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia resuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia de bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma tórácico em pacientes com sinais vitais nas situações de parada cardíaca ou que estejam em choque profundo, hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax na presença de instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiopulmonar fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistência.

Mapa Conceitual

Conceitos Normalizados

acesso cirúrgico eletivo acesso cirúrgico eletivo ao tórax assistência bisturi bypass coronariano cateter de foley centro cirúrgico choque profundo cirurgia de bypass coronariano compressas de teflon controlada desfibrilador eletiva em choque profundo emergencial equipamentos equipamentos físicos emergência fatal fatal em virtude da assistência ferimentos abertos ferimentos abertos do tórax forma controlada fórceps denteados hemotórax maciço inapropriada inicial instabilidade hemodinâmica lesão penetrante lesão penetrante do tórax lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco lesões traqueobrônquicas lesões traqueobrônquicas lesões vasculares lesões vasculares no tórax médico médico apropriado médico com experiência indicio de emergência paciente pacientes parada cardiorrespiratória parada cardiorrespiratória fora do hospital parada cardíaca parada respiratória perfuração esofágica porta-agulhas precoce processo de ressuscitação inicial resuscitativa resuscitação resuscitação inicial retrator adequado sala de emergência sistema de trauma suturas tamponamento cardíaco termos correlatos tesoura curva toracotomia toracotomia de emergência toracotomia eletiva toracotomia na sala de emergência toracotomia precoce toracotomia resuscitativa toracotomia resuscitativa trauma tórácico treinamento e qualidade treino treino e equipamentos tórax urgência

Buscar Conceitos Normalizados

Figura 5.5. Tela de preparação de tutoria

Depois que foram escolhidos os conceitos normalizados, é preciso que o professor salve sua escolha. A figura 5.6, mostra a escolha dos conceitos normalizados pelo professor após sua filtragem e a tabela 5.2 sua associação numérica.

Chave	Conceitos
1	assistolia
2	bisturi
3	cateter de foley
4	choque profundo
5	compressas de teflon
6	desfibrilador
7	equipamentos
8	experiência
9	fatal
10	ferimentos abertos
11	fórceps denteado
12	hemotórax maciço
13	instabilidade hemodinâmica
14	lesão penetrante
15	lesões traqueobrônquicas
16	lesões vasculares
17	médico
18	paciente
19	parada cardiorrespiratória
20	parada cardíaca
21	perfuração esofágica
22	porta agulhas
23	Ressuscitação
24	sistema de trauma
25	suturas
26	tamponamento cardíaco
27	termos correlatos
28	tesoura curva
29	toracotomia
30	toracotomia de emergência
31	toracotomia eletiva
32	toracotomia na sala de emergência
33	toracotomia precoce
34	toracotomia ressuscitativa
35	trauma torácico
36	treino
37	tórax
38	urgência

Tabela 5.2. Relação de conceitos normalizados

MapaRef - Olhar Mapa Referência Meus mapas Painel Sair

Atividade

Professor: Turma: Atividade: Questão focal:

Texto

Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia resuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia de bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma tórácico em pacientes com sinais vitais nas situações de parada cardíaca ou que estejam em choque profundo, hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax em presença de instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiorrespiratória fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistência.

Mapa Conceitual

Conceitos Normalizados

assistência x bisturi x cateter de foley x choque profundo x compressas de teflon x desfibrilador x equipamentos x experiência x fatal x ferimentos abertos x fórceps denteados x hemotórax maciço x instabilidade hemodinâmica x lesão penetrante x lesões traqueobrônquicas x lesões vasculares x médico x paciente x parada cardiorrespiratória x parada cardíaca x perfuração esofágica x porta-agulhas x ressuscitação x sistema de trauma x suturas x tamponamento cardíaco x termos correlatos x tesoura curva x toracotomia x toracotomia de emergência x toracotomia eletiva x toracotomia na sala de emergência x toracotomia precoce x trauma tórácico x treino x tórax x urgência x

Buscar Conceitos Normalizados

Figura 5.6. Normalização de conceitos

A execução da ação de salvar desencadeia uma série de outras atividades em segundo plano, como aplicar a correção normalizada a todos os mapas conceituais dos alunos, calcular seus itemsets a partir dos conceitos normalizados e a aferição do aprendizado de associação entre conceitos por faixa de suporte e confiança (itemsets frequentes). Exibimos na tabela 5.3 os itemsets obtidos do mapa de cada aluno após normalização de conceitos.

Aluno	k-itemset	%
1	2,3,5,6,7,8,11,12,13,15,20,21,22,24,25,26,27,28,30,31,32,33,34,35;	24/38
2	1,2,3,4,5,6,7,11,12,18,20,21,22,23,25,28,30,31,32,33,34	21/38
3	2,3,4,5,6,7,8,11,12,15,17,20,21,22,25,28,29,30,31,33,36	21/38
4	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22,25,26,28,29, 30,31,32,33,34,35,36,37,	33/38
	38	
5	29,38	2/38
6	7,8,29	3/38

Tabela 5.3. Itemsets dos alunos

Uma vez definidos todos os itemsets referentes aos mapas conceituais iniciais, é necessário selecionar quais deles serão relevantes para o cálculo de itemsets frequentes, visto que, ruídos na amostra podem conduzir a perturbações nos resultados. Na tabela 5.2, percebe-se que os itemsets dos alunos 5 e 6, possuem tamanho muito inferior em relação à média do conjunto de itemsets, possuindo respectivamente, tamanho 2 e 3, contra 17, $(24+21+21+33+2+3)/6$, da média.

Quando isso acontece, o algoritmo despreza esses dados por entender que se tratam de discrepâncias/divergências (outliers) que gerarão ruído, interferindo assim, no resultado final, além de aumentar significativamente o tempo de processamento. O critério utilizado é que cada itemset deve possuir tamanho superior à metade do valor mediano do conjunto de itemsets. No nosso exemplo, serão considerados itemsets com tamanho superior a 17 elementos.

Na próxima seção apresentaremos o cálculo dos itemsets resultado por nível, conforme discutido no capítulo 3, utilizando como referências apenas conjuntos que satisfaçam os critérios definidos anteriormente.

5.7. Segunda atividade: Intervalo (Cálculo de itemsets frequentes e regras de associação)

O cálculo de itemsets frequentes, regras de associação e a resultante lista de sequência de conceitos para cada aluno é uma tarefa bastante custosa em termos de processamento e por esse motivo é realizada em segundo plano. A fim de tornar transparente para o professor, esse processo foi encapsulado, realizando o cálculo automático em níveis pré-definidos para os valores de suporte em 70%,80%,90% e 100% e confiança de 100%. Como mencionado no capítulo 3, o significado dessa decisão refere-se ao valor mínimo considerado para aprovação em escolas regulares, ou seja, 70% de suporte (70% de entendimento entre a associação conceitual) sobre o conteúdo ministrado. Os outros valores de faixa foram definidos em termos empíricos.

A partir daí, é preciso que se escolha qualquer um dos dois caminhos possíveis para início do cálculo de itemsets frequentes, pois no caso em questão, tanto o conjunto de nível 2 da esquerda quanto o da direita possuem mesmo número de elementos pertencentes aos conceitos marcados como relevantes pelo professor. Quando isso ocorre, o algoritmo seleciona o último conjunto de itemset, neste caso, {2,3,5,6,7,8,11,12,15,20,21,22,25,28,30,31,33}. A tabela 5.4 mostra o cálculo de itemsets com a variação de suporte e a figura 5.7 a escolha realizada.

Nível	(β)	(α)	k-itemset
	1		
1	0,9	1	2,3,5,6,7,11,12,20,21,22,25,28,30,31,33
	0,8		
2	0,7	1	{2,3,5,6,7,11,12,20,21,22,25,28,30,31,32,33,34}, {2,3,5,6,7,8,11,12,15,20,21,22,25,28,30,31,33}

Tabela 5.4. Caminhos de itemsets

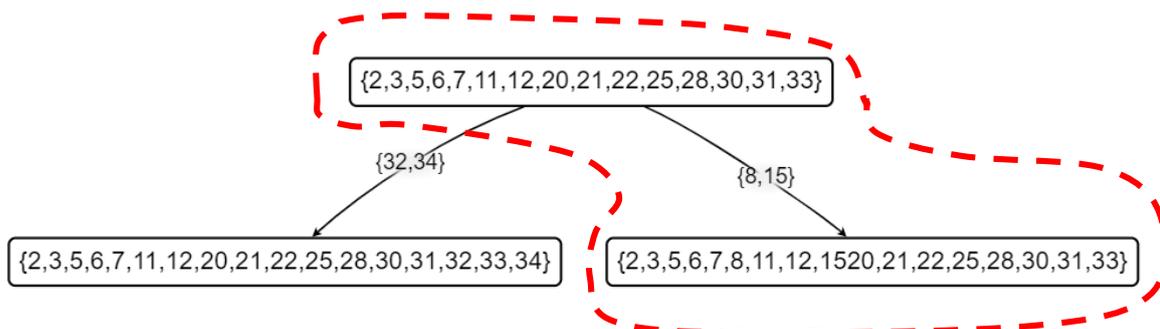


Figura 5.7.Caminhos de itemsets

Observe que os itemsets de entrada apresentam variação apenas quando o valor de suporte é de 75% (0,75), próximo ao limiar estabelecido previamente de 70%. Esse comportamento é, por análise matemática, naturalmente previsível, uma vez que, existem apenas 4 conjuntos de itemsets a serem processados, permitindo assim, variações incrementais a cada 25% (1/4). Isso nos permite concluir que a próxima variação, caso haja, ocorrerá com o valor de suporte igual a 0,5, estando abaixo da faixa pré-determinada, neste caso, os itemsets com suporte igual a 0,75 serão os mesmos que os de suporte 0,7e 0,6, e portanto, já são suficientes para o nosso propósito.

Uma vez escolhido o itemset inicial, são calculados, a partir da execução do algoritmo os itemsets resultado, conjunto diferença, regras de associação e conjunto complementar, mostrados na tabela 5.5 a seguir.

Nível	(β)	(α)	k-itemset Resultado	Conjunto Diferença	Regras de Associação	Conjunto Complementar
1	1		2,3,5,6,7,11,12,20			{1,4,8,9,10,13,14,15, 16,17,18,19,20,23,24 ,26,27,29,32,34,35,3 6,37,38}
	0,9	1	,21,22,25,28,30,3	-	-	
	0,8		1,33			
3	0,7	1	{2,3,5,6,7,11,12,2 0,21,22,25,28,30, 31,32,33,34}, 2,3,5,6,7,8,11,12, 1520,21,22,25,28, 30,31,33	{8,15}	{8} => {15} = 100%	{1,4,8,9,10,13,14,15, 16,17,18,19,20,23,24 ,26,27,29,,35,36,37,3 8}

Tabela 5.5.Tabela de Itemsets

Conhecidos o itemset resultado, itemset diferença, regras de associação e conjunto complementar, precisamos apenas da lista de conceitos relevantes indicados pelo professor, quando da preparação da aula, para obtenção da lista padrão de conceitos a ser apresentada.

Considerando a lista de conceitos relevantes $R=\{2,6,7,10,16,20,30,31,35,37\}$, obtemos a seguinte sequência padrão de conceitos S:

$$S = \{8,15,10,16,35,37,1,4,9,13,14,17,18,19,23,24,26,27,29,32,34,36,38\}$$

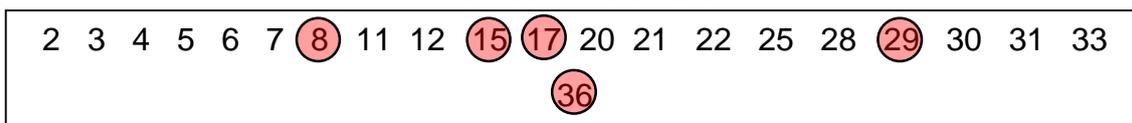
Assim, para a lista S anterior é gerada a sequência de apresentação de conceitos para cada aluno, exibida na tabela 5.6, considerando se cada conceito da lista está ou não presente em seu mapa conceitual.

Aluno	k-itemset	Sequência
1	2,3,5,6,7,8,11,12,13,15,20,21,22,24,25,26,27,28,30,31,32,33,34,35	10,16,37,1,4
2	1,2,3,4,5,6,7,11,12,18,20,21,22,23,25,28,30,31,32,33,34	8, 15,10,16,35,37
3	2,3,4,5,6,7,8,11,12,15,17,20,21,22,25,28,29,30,31,33,36	10,16,35,37,1,9,13,14,18
4	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22,25,26,28,29, 30,31,32,33,34,35,36,37,38	1,18,23,24,27

Tabela 5.6. Sequência calculada para cada aluno

Por exemplo, quando comparamos o itemset resultado I do aluno 3 com a sequência padrão S, é possível verificar que ele já possui os conceitos 8,15,17,29,36. Assim, o próximo conceito da lista a S ser escolhido é o 10, depois o 16, 35, 37 e assim por diante, conforme a figura 35.

Itemset I – aluno 3



sequência de conceitos padrão S

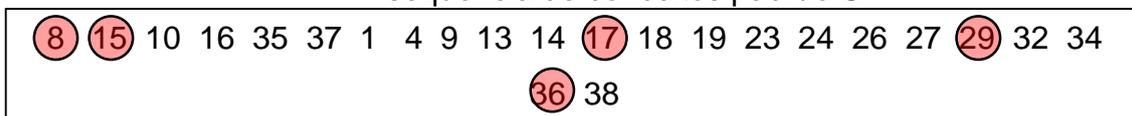


Figura 5.8. Sequência de conceitos

Essa comparação permite a construção da lista de cada aluno, considerando não só o que ele já conhece, mas também o conhecimento compilado da turma, e sinaliza o fim da fase de preparação de tutoria.

Uma vez construído o plano de ensino, procedemos à próxima fase: A aprendizagem assistida que pode ser acessada a partir do segundo cartão no painel principal, figura 5.9.

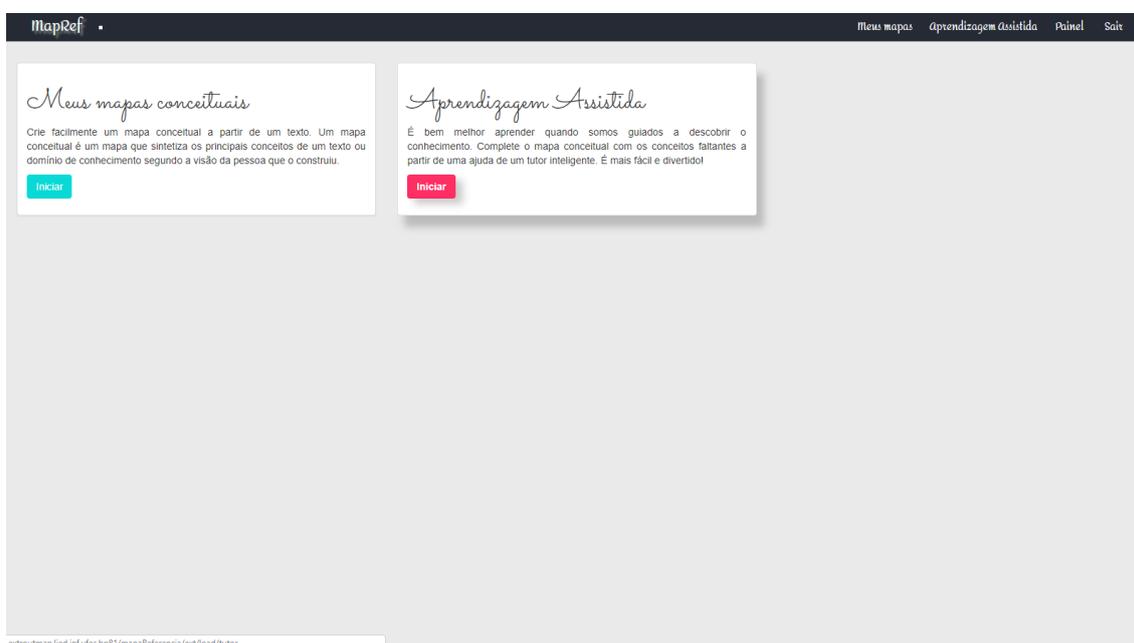


Figura 5.9. Seleção da opção de aprendizagem assistida

5.8. Terceira atividade: A Aprendizagem Assistida

A aprendizagem assistida compreende o processo de interação entre aluno-tutor para apresentação dos conceitos faltantes no seu mapa conceitual em relação ao que o professor definiu na etapa de preparação de tutoria, respeitando os critérios calculados pelo tutor e que resultem na elevação coletiva de conhecimento da turma sobre a associação conceitual a um mesmo patamar.

Ao iniciar a tutoria, é realizada uma carga de dados essenciais do aluno, referentes ao contexto em que se encontra, como por exemplo, sua última versão do mapa conceitual, o mapa referência, se é um início ou retorno à atividade de aprendizagem assistida, último conceito apresentado, a questão focal sobre o assunto, a lista de sinônimos de conceitos, os níveis de detalhes dos conceitos em diferentes granularidades, além da própria lista contendo a sequência de conceitos mais adequada a ser apresentada. Assim, a partir dessas informações, o tutor sabe se deve iniciar um diálogo com alunos que estão acessando a atividade pela primeira vez ou reiniciá-lo de forma a manter continuidade, ou seja, sem que o aluno tenha a percepção de ruptura na interação de aprendizagem. A figura 5.10 apresenta uma interação de aprendizagem quando é iniciada pela primeira vez e a figura 5.11 um recorte da mesma tela, apresentando quando o aluno retorna para realizar a atividade, depois de um primeiro momento.

Atividade

Professor: Credinés Silva de Menezes | Turma: Turma 1 | Atividade: Toracotomia Emergencial | Questão focal: O que é uma toracotomia emergencial

Texto

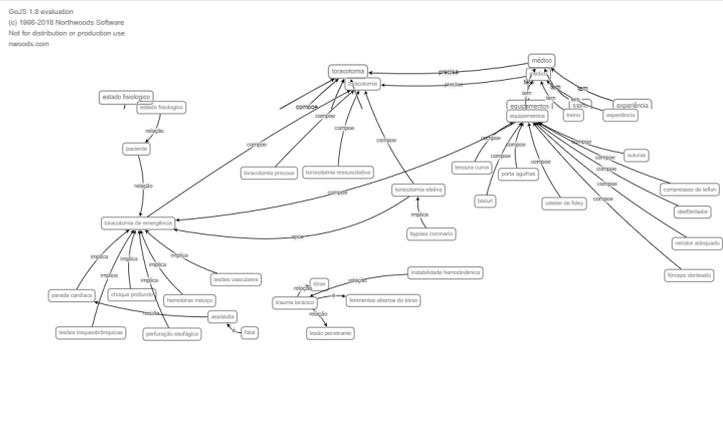
Toracotomia de emergência é definida como uma toracotomia que ocorre como parte integral do processo de ressuscitação inicial, em termos de urgência do procedimento em relação com o estado fisiológico do paciente. Ela também possui termos correlatos que podem ser denominados como a toracotomia na sala de emergência, toracotomia precoce e toracotomia resuscitativa, que dificultam o estudo comparativo.

Por outro lado, existe a toracotomia eletiva que é oposta à toracotomia de emergência, uma vez que geralmente é realizada de forma controlada no centro cirúrgico com acesso cirúrgico eletivo ao tórax, como para cirurgia de bypass coronariano. Uma toracotomia de emergência está indicada depois de um trauma tórácico em pacientes com sinais vitais nas situações da parada cardíaca ou que estejam em choque profundo, hemotórax maciço, lesão penetrante do tórax com tamponamento cardíaco, ferimentos abertos do tórax, lesões vasculares no tórax na presença da instabilidade hemodinâmica, lesões traqueobrônquicas e perfuração esofágica.

A toracotomia de emergência, como procedimento, é considerada inapropriada para parada cardiopulmonar fora do hospital pois, nesse caso é quase uniformemente fatal em virtude da assistolia.

A toracotomia de emergência deve ser realizada se houver um médico apropriadamente com experiência, treino e equipamentos, que esteja agindo em um sistema de trauma com treinamento o qualidade. Uma toracotomia eletiva utiliza mais equipamentos do que os que são requeridos para uma toracotomia de emergência. Os equipamentos típicos de uma toracotomia de emergência são bisturi, retrator adequado, tesoura curva, fórceps dentado, cateter de Foley, porta agulhas, desfibrilador, suturas e compressas de teflon.

Mapa Conceitual

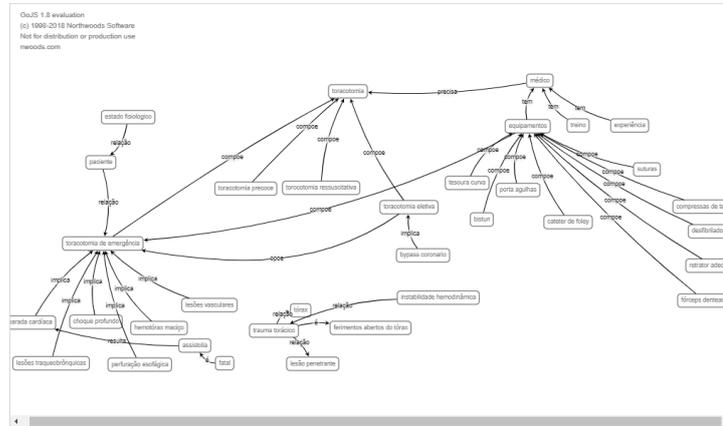


Tutor

- Tudo bem? Eu sou o Bot!
- Vamos lá! O tema da nossa conversa é sobre o que é uma toracotomia emergencial.
- Percebi que faltam alguns conceitos no seu mapa conceitual.
- Gostaria de apresentar os conceitos faltantes. Você está pronto?
- vamos lá
- Vamos para o próximo conceito
- O próximo conceito é ferimentos abertos. Sabe o que é?

Figura 5.10.Exemplo da primeira interação do usuário com o tutor

Mapa Conceitual



Tutor

- Que bom que voltou para terminar o mapa.
- Vamos lá! Vou continuar de onde paramos.
- Lembra, o tema da nossa conversa é sobre O que é uma toracotomia emergencial.
- E o último conceito que te apresentei foi paciente.
- Gostaria de apresentar os conceitos faltantes. Você está pronto?
- sim
- Blz, agora vou te apresentar os outros conceitos...
- Vou te apresentar o conceito **parada cardiopulmonar**. Tem ideia do que é?

Figura 5.11.Exemplo da interação de retorno do usuário com o tutor

Durante o processo de aprendizagem assistida vão sendo coletados dados da interação do aluno com o tutor, sendo possível, após algum tempo, aferir o resultado desse diálogo, por isso, é preciso definir os critérios de avaliação a fim de utilizar a mesma métrica. Na próxima seção apresentaremos os critérios de avaliação e os resultados da interação na aprendizagem assistida.

5.9. Verificação de Resultados

Ao término do período de tempo pré-determinado é possível verificar o desempenho de cada aluno com base naquilo que desenvolveu quando comparado com o mapa referência definido pelo professor. É bem verdade que grande parte do processo avaliativo tradicional é temido tanto pelo aluno quanto pelo professor, uma vez que, no primeiro caso, evidencia o que ele falta aprender sob a ótica do professor e no segundo caso, revela se o professor alcançou ou não o objetivo pretendido, afirmando ou refutando o sucesso do plano de aula. Entretanto, esse momento não deve ser um “caça às bruxas”, mas uma oportunidade para valorização dos pontos fortes e ajuste e correção daquilo que é preciso melhorar.

Pelo fato do contexto de aprendizagem ser inerente à mapas conceituais, a avaliação quanto à validade dos resultados reside especificamente na verificação dos conceitos e seus relacionamentos estarem corretos. Assim, como uma implicação decorrente dessa premissa é possível estabelecer 8 critérios de avaliação apresentados a seguir:

Critério 1: Conceito Correto

O conceito foi desenhado corretamente pelo aluno quando comparado com o mapa conceitual referência.

Critério 2: Relacionamento aderente

Os relacionamentos do conceito chave verificado estão corretamente ligados aos seus predecessores.

Critério 3: Faltam relacionamentos com o conceito chave

O conceito verificado não possui todas as ligações de relacionamentos com seus predecessores.

Critério 4: Relacionamento aderente à proposição, mas está invertido

O relacionamento que liga os conceitos da proposição possui sentido invertido. Essa é uma situação interessante porque, em grande parte dos casos, não deprecia a semântica da relação, contudo, o relacionamento não está completamente correto.

Critério 5: Conceitos ligados corretamente mas a relação possui nome diferente

Os relacionamentos do conceito verificado possuem nome diferentes em relação ao definido no mapa referência ou estão incompletos.

Critério 6: Os conceitos estão corretamente associados, mas o relacionamento não foi nomeado

O conceito e seus relacionamentos estão corretamente ligados ao predecessor, mas o relacionamento não foi nomeado. Isso pode significar que o aluno sabe que existe um relacionamento entre os conceitos, mas ainda desconhece a relação.

Critério 7: Relacionamento não foi criado ou relacionamento está ligado ao conceito errado

Há situações em que o aluno cria apenas o conceito sem, no entanto, relacioná-lo a outro conceito. Numa sintaxe ligeiramente semelhante, o aluno desenha o conceito, mas o liga a um predecessor incorreto.

Para a finalidade de aferição do aprendizado, os casos anteriores não são muito relevantes, uma vez que, a validade está apenas no desenho correto do conceito (critério 1).

Critério 8: Conceito incorreto (não é conceito)

O conceito está incorreto porque existem problemas quanto ao entendimento da construção de mapas conceituais, geralmente pelo desenho de uma longa frase apontada como conceito.

Esses critérios podem ser representados como nós da figura 5.12 e seu valor pode ser calculado simplesmente somando-se cumulativamente o valor de cada critério para o qual o conceito em questão é pertinente.

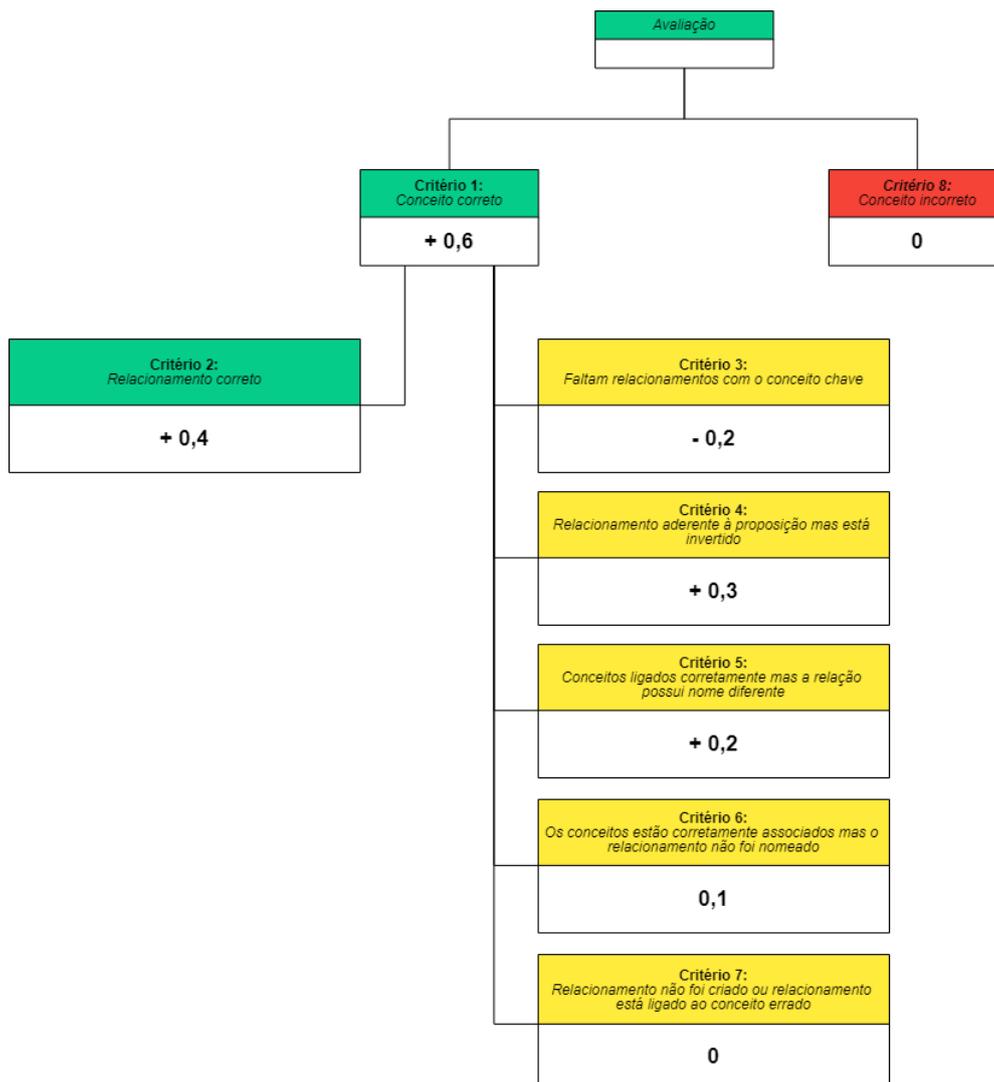


Figura 5.12. Critério de pontuação para construção do mapa

Por exemplo, considere os conceitos desenhados pelo aluno 3 em nosso experimento de aprendizagem, conforme a figura 5.13 e o mapa referência em que sinalizamos esses conceitos na figura 5.14.

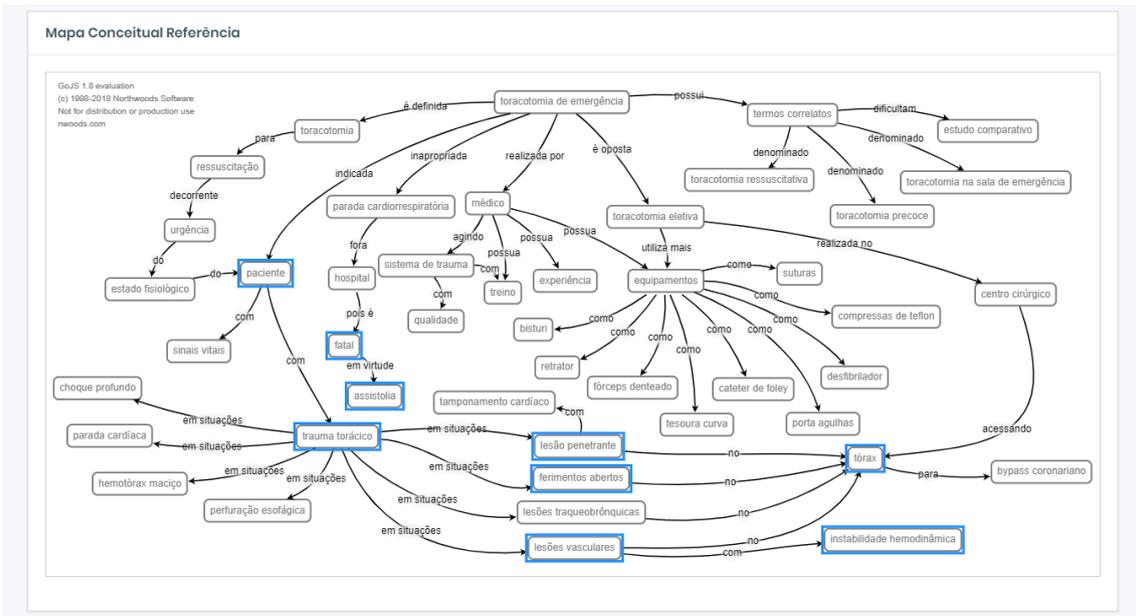
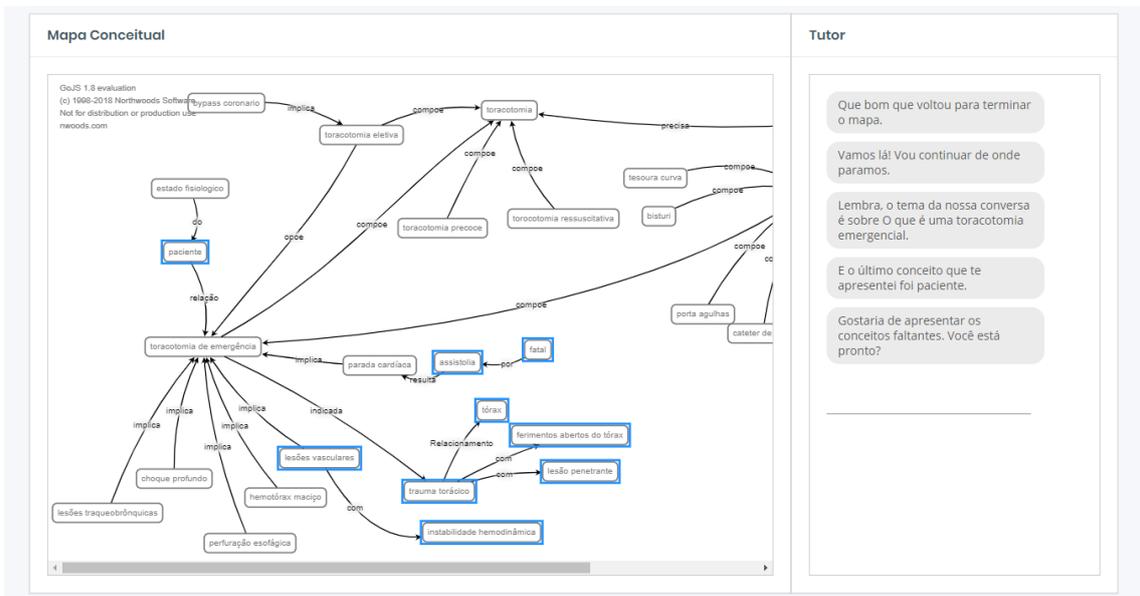


Figura 5.13. Mapa referência para a atividade “Toracotomia de Emergência”



Tutor

Que bom que voltou para terminar o mapa.

Vamos lá! Vou continuar de onde paramos.

Lembra, o tema da nossa conversa é sobre O que é uma toracotomia emergencial.

E o último conceito que te apresentei foi paciente.

Gostaria de apresentar os conceitos faltantes. Você está pronto?

Figura 5.14. Mapa do aluno 3 para a atividade “Toracotomia de Emergência”

Classificando esses conceitos de acordo com os critérios mencionados anteriormente, obtemos a figura 5.7, decorrente da tela de resultados exibida na figura 5.6 em versão consolidada e na figura 5.8, um recorte da versão analítica.

Atividade				
Professor	Turma	Atividade	Questão focal	
Credinó Silva de Menezes	Turma 1	Toracotomia Emergencial	Insira aqui a questão focal.	

Resultados				
Clique na linha para detalhar				
#	Nome	Nota Inicial *	Nota Final *	Evolução *
1	Ricardo Mora de Lemos	42,66%	55,26%	29,63%
2	Genoaldo dos Santos	42,37%	55,26%	30,43%
3	Camila Maira Zanoni	44,21%	67,11%	51,79%
4	Cíntia Marcolossi	66,84%	79,47%	18,90%
Média		49,01%	64,28%	32,69

Tabela 5.7. Tela de resultados na versão consolidada

Resultados				
Clique na linha para detalhar				
#	Nome	Nota Inicial *	Nota Final *	Evolução *
1	Ricardo Mora de Lemos	42,66%	55,26%	29,63%
	Conceito	Critério de Avaliação		Pontuação
	Ferimentos abertos	Critério 1: Conceito Correto Critério 5: Conceitos ligados corretamente mas a relação possui nome diferente		0,8
	Lesões Vasculares	Critério 1: Conceito Correto Critério 5: Conceitos ligados corretamente mas a relação possui nome diferente		0,8
	Tórax	Critério 1: Conceito Correto Critério 7: Relacionamento não foi criado ou relacionamento está ligado ao conceito errado		0,6
	Assistolia	Critério 1: Conceito Correto Critério 7: Relacionamento não foi criado ou relacionamento está ligado ao conceito errado		0,6
	Choque Profundo	Critério 1: Conceito Correto Critério 2: Relacionamento aderente à proposição		1
	Total			3,8 [76%]
2	Genoaldo dos Santos	42,37%	55,26%	30,43%
3	Camila Maira Zanoni	44,21%	67,11%	51,79%
4	Cíntia Marcolossi	66,84%	79,47%	18,90%
Média		49,01%	64,28%	32,69%

Tabela 5.8. Tela de resultados na versão analítica

Aluno 3

#	Conceito	Critério	Pontuação no conceito
10	ferimentos abertos	Critério 1, Critério 5	0,8
16	lesões vasculares	Critério 1, Critério 5	0,8
35	trauma torácico	Critério 1, Critério 7	0,6
37	tórax	Critério 1, Critério 7	0,6
1	assistolia	Critério 1, Critério 5	0,8
9	fatal	Critério 1, Critério 5	0,8
13	instabilidade hemodinâmica	Critério 1, Critério 2	1
14	lessão penetrante	Critério 1, Critério 5	0,8
18	paciente	Critério 1, Critério 4	0,9
17	médico	Critério 1, Critério 7	0,6
Total			7,7 (77%)

Tabela 5.9. Pontuação detalhada por critério de avaliação para o aluno 3

Observe que esse aluno acertou 77% (7,7 pontos do total de 10 pontos possíveis) dos conceitos que desenhou. Perceba que essa é uma visão relativa da iteração, ou seja, são considerados apenas os conceitos discutidos entre o aluno e o tutor durante a seção experimental.

Quando comparamos esse resultado com a quantidade de conceitos pretendida pelo professor, conseguimos ter uma visão holística da avaliação. No cenário proposto, o professor escolheu 38 conceitos como conceitos normalizados, sendo que o aluno acertou 10 conceitos desse total. Quando comparamos apenas os pontos válidos, ou seja, depois dos critérios de avaliação, 7,7 pontos expressam aproximadamente 20,3% do total de pontos possíveis.

Isso pode parecer pouco, entretanto, considerando o breve período de tempo do experimento (30 min), 20,3% representam um ganho substancial de conhecimento acerca da associação conceitual.

Nas tabelas 5.10, 5.11 e 5.12 a seguir exibimos o resultado para os todos os participantes restantes do processo de aprendizagem assistida. Na tabela 5.13, esse resultado com valores de média e na tabela 5.14 a inclusão do desvio padrão.

Aluno 1

#	Conceito	Critério	Pontuação no conceito
10	ferimentos abertos	Critério 1, Critério 5	0,8
16	lesões vasculares	Critério 1, Critério 5	0,8
37	tórax	Critério 1, Critério 7	0,6
1	assistolia	Critério 1, Critério 7	0,6
4	choque profundo	Critério 1, Critério 5	0,8
Total			3,6 (72%)

Tabela 5.10. Pontuação detalhada por critério de avaliação para o aluno 1

Aluno 2

#	Conceito	Critério	Pontuação no conceito
8	experiência	Critério 1, Critério 5	0,8
15	lesões traqueobrônquicas	Critério 1, Critério 7	0,6
10	ferimentos abertos	Critério 1, Critério 7	0,6
16	lesões vasculares	Critério 1, Critério 7	0,6
35	trauma torácico	Critério 1, Critério 2	1
37	tórax	Critério 1, Critério 2, Critério 3	0,8
Total			4,4 (73%)

Tabela 5.11. Pontuação detalhada por critério de avaliação para o aluno 2

Aluno 4

#	Conceito	Critério	Pontuação no conceito
1	assistolia	Critério 1, Critério 5	0,8
18	paciente	Critério 1, Critério 7	0,6
23	ressuscitação	Critério 1, Critério 2	1
24	sistema de trauma	Critério 1, Critério 5	0,8
27	termos correlatos	Critério 1, Critério 4	0,9
Total			4,1 (82%)

Tabela 5.12. Pontuação detalhada por critério de avaliação para o aluno 4

#	Aluno	Pontuação inicial	% inicial	Pontuação final	% final	Evolução
1	Julian Rocha Martins	16,20	42,63%	20,80	54,74%	28,40%
2	Ágatha Castro Ferreira	16,10	42,37%	21,00	55,26%	30,43%
3	Emilly Martins Silva	16,80	44,21%	24,50	64,47%	45,83%
4	Arthur Melo Araujo	25,40	66,84%	30,00	78,95%	18,11%
Média		18,63	49,01%	24,08	63,36%	30,69%

Tabela 5.13. Indicadores para a atividade "Toracotomia de Emergência"

Desvio Padrão	Média
9,22%	49,01%

Tabela 5.14. Desvio padrão e média para a atividade "Toracotomia de Emergência"

Quando analisamos a avaliação por critério de acerto, figura 5.15, é possível observar que a maior parte dos casos residem nos critérios 1, 5 e 7. Isso significa que os alunos desenham corretamente os conceitos mas tem dificuldade em atribuir um nome adequado à relação da proposição, por isso, o nome da relação diverge da que se espera pelo professor quando este construiu o mapa referência. Uma visão complementar é a que os alunos desenham os conceitos, mas não desenham o relacionamento ou ainda, quando o desenham, relacionam ao conceito errado.

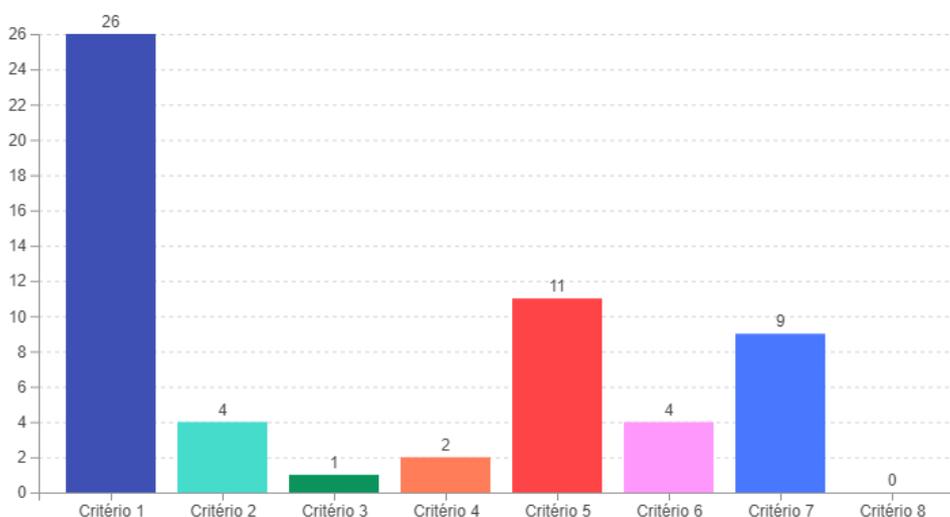


Figura 5.15. Distribuição da avaliação por critério utilizado

5.10. Questionário

Ao fim da aprendizagem assistida, os alunos foram convidados a preencher um questionário (Apêndice A) acerca da experiência com a ferramenta e do processo de aprendizagem. Ele contém questões pertinentes a, essencialmente, dois domínios, a saber, domínio que envolve aspectos técnicos como tempo de processamento e aparência e domínio que envolve aspectos pedagógicos como flexibilidade sobre o erro e níveis de complexidade da atividade, além de conter um campo livre para comentários com a finalidade de obter de maneira mais informal e menos estruturada as críticas, sugestões ou opiniões sobre a ferramenta. Na tabela 5.15, são apresentados os dados da avaliação dos alunos.

Aspecto	Nota
Aspectos Gerais	
Construção de Mapas Conceituais	Excelente
Aprendizagem Assistida	Bom
Aspectos Pedagógicos	
Elaboração e criação do conhecimento	Bom
Desafio ao usuário	Excelente
Capacidade científica	Excelente
Reflexão	Bom
Múltiplos caminhos	Bom
Interdisciplinaridade	Bom
Pesquisa	Bom
Níveis de complexidade	Bom
Adequação	Excelente
Objetivo	Bom
Reforço	Bom
Estímulos motivadores	Bom
Autonomia	Excelente
Coerência	Bom
Reflexão sobre o erro	Bom
Tempo	Excelente
Layout	Bom
Aspectos Técnicos	
Processamento	Bom
Instruções	Bom
Reversibilidade	Bom

Usabilidade	Bom
Aparência	Bom
Custo	Excelente

Tabela 5.15. Quesitos avaliados no questionário

A questão de texto livre possibilitou captar uma melhor impressão do aluno sobre a ferramenta. Nela foram realizadas considerações e apontamentos desde aspectos tecnológicos, pedagógicos até sobre o próprio questionário. Apresentaremos a seguir os comentários registrados:

Comentário do aluno 1

Achei interessante o bot ser bastante comunicativo. Sobre a parte técnica, se desenvolveu bem comigo, sem muitos travamentos.

Senti necessidade de uma busca rápida dos conceitos no texto, poderia ter um destaque da palavra no texto de qual o bot está se referindo na conversa, e também no chat, as palavras que o bot cita como conceito, retiradas do texto, poderia vir com um destaque, um leve negrito em outra cor... algo como código que costumamos usar letras monospace... Em alguns momentos o bot repetiu as mesmas frases enquanto eu mexia no MC, poderia ter um reconhecimento se a frase for a mesma ele não repetir..(ou apaga a que já tem e mostra a nova mensagem com a animação para não perder a percepção de que o bot está avisando alguma coisa). A descrição de como desenhar o MC, a mesma que descrita no chat do hangout, poderia estar em um "popover" ou "modal" que se abre ao clicar em um (?), assim fica sempre disponível para o usuário.

Quanto à ação do bot, me senti cortado ou frustrado quando vi a frase "Acho melhor passar pra outro conceito...", dava vontade de mandar ele esperar pq eu estava desafiado a acertar aquele conceito que eu estava com dificuldade. No mais, parabéns pelo trabalho!

Comentário do aluno 2

A proposta é excelente, mas alguns problemas cunho técnico podem ser solucionados:

1. Permitir que sejam feitas perguntas ao Bot (identificar interrogação no final de frase).
2. Esperar soltar o clique do mouse para lançar uma ação do bot. Antes de terminar a ligação um conceito a outro o bot fica falando que tá errado.
3. Melhorar o layout... destacar, no texto, o conceito trabalhado é uma boa dica.
4. Explicar como o bot funciona antes de uma seção... um pequeno texto dizendo quais são as regras de interação (o que pode e o que não pode fazer com o bot) seria muito útil...

Comentário do aluno 3

Há espaço para melhorias, principalmente no que diz respeito ao bot, algumas questões de layout também podem ser repensadas. Entretanto, alguns feedbacks ao usuário melhoraram a experiência principalmente na atividade assistida.

Comentário do aluno 4

O layout da tela poderia ser melhorado, por exemplo, o texto poderia ficar ao lado do mapa conceitual, isso ajudaria na organização. Sobre o questionário, acredito que algumas questões da poderiam ser reescritas e os critérios de resposta podem ser diferenciados para cada uma delas,

5.11. Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo apresentamos o experimento de aprendizagem com o propósito de validar o modelo conceitual proposto. Ao final do experimento foi possível verificar as potencialidades, capturar questões a serem melhoradas, assim como, pensar criticamente acerca dos resultados e extrair conclusões sobre eles e é sobre isso que falaremos no próximo capítulo.

Capítulo 6

Conclusão

Este capítulo apresenta as considerações de todo o trabalho desenvolvido por esta pesquisa, bem como a discussão de trabalhos futuros essenciais para a continuidade e aprimoramento dela, sendo realizadas reflexões sobre diferentes aspectos tais como técnicos e pedagógicos.

Este capítulo está assim organizado: Seção 6.1. Sobre o experimento; Seção 6.2. Sobre a técnica; 6.3. Sobre o tutor; Seção 6.4. Sobre o plano pedagógico de ensino; Seção 6.5. Trabalhos futuros

6.1. Sobre o experimento

O experimento de aprendizagem assistida sobre o modelo conceitual proposto neste trabalho permitiu obter como resultado a validação do arcabouço conceitual projetado, além de reflexões críticas que geraram conclusões não só sobre os aspectos metodológicos e técnicos, mas também, pedagógicos.

Avaliações sobre o tema escolhido apontaram grande dificuldade no desenvolvimento de mapas conceituais uma vez que o texto pertencia a um domínio inóspito aos alunos havendo pouca ou nenhuma familiaridade com ele. Ponderamos que este aspecto contribuiu substancialmente de forma negativa para a execução da atividade, sendo desejável, para um melhor aproveitamento, a introdução prévia de conteúdo superficial ou preliminar, pertencente a domínios circunvizinhos aos já existentes aos alunos.

A utilização de mapas conceituais como técnica para elicitar a arquitetura conceitual do aprendiz, assim como, objeto de aprendizagem, possui como questão subjacente a aprendizagem significativa abordada por Ausubel e depois aprimorada por Novak. Seu uso aliado às técnicas de mineração de dados demonstra grande potencial para catalisar o processo de aprendizagem,

considerando questões de proximidade semântica e relacionamento entre conceitos de modo a delimitar regiões semânticas pertencentes ao contexto do tema proposto.

Estabelecer essas regiões semânticas é um grande desafio e foge ao escopo deste trabalho, entretanto, é possível especializar um lócus de estudo, ainda que incipiente, de modo a preservar o valor semântico existente nas associações entre conceitos, e assim, apesar de ser um pequeno esforço, conduzir à mudanças significativas dos resultados e aprimoramento do modelo conceitual proposto.

Quando é realizada uma análise criteriosa do experimento realizado, verifica-se que muitos casos de erro são associados às proposições que, na verdade, podem ser consideradas corretas se forem realizadas uma adequação no critério de medição, a fim de que seja mais tolerante em seu julgamento, preservando valor semântico.

Por exemplo, considere os casos pertencentes ao “critério 5 – Relacionamento ligado corretamente, mas a relação possui nome diferente”, situações em que o aluno nomeava o relacionamento de forma diferente à esperada, ou seja, diferente da do mapa referência. Uma análise mais profunda permitiu verificar que algumas aproximações dessas relações, nesses casos, pequenas variações, não conduziam à alteração do valor semântico da proposição, podendo assim, ser considerados como corretos.

Observe a proposição “ferimentos abertos” – “acontecem no” – “tórax” pertencente ao mapa do aluno 2. Assim, o conceito “ferimentos abertos” se relaciona com o conceito “tórax” a partir do relacionamento esperado “no”. No entanto, o aluno 2 o nomeou como “acontecem no” que possui o mesmo sentido semântico por ser parte da frase esperada.

Essa extrapolação ou enfraquecimento da rigidez morfológica, motivou a mudança do critério 2 – “Relacionamento Correto” para “Relacionamento Aderente”, conforme a definição a seguir e a figura 6.1.

Critério 2: Relacionamento aderente

Os relacionamentos do conceito chave verificado estão corretamente ligados aos seus predecessores, podendo ter nomes idênticos ou similares ao mapa referência.

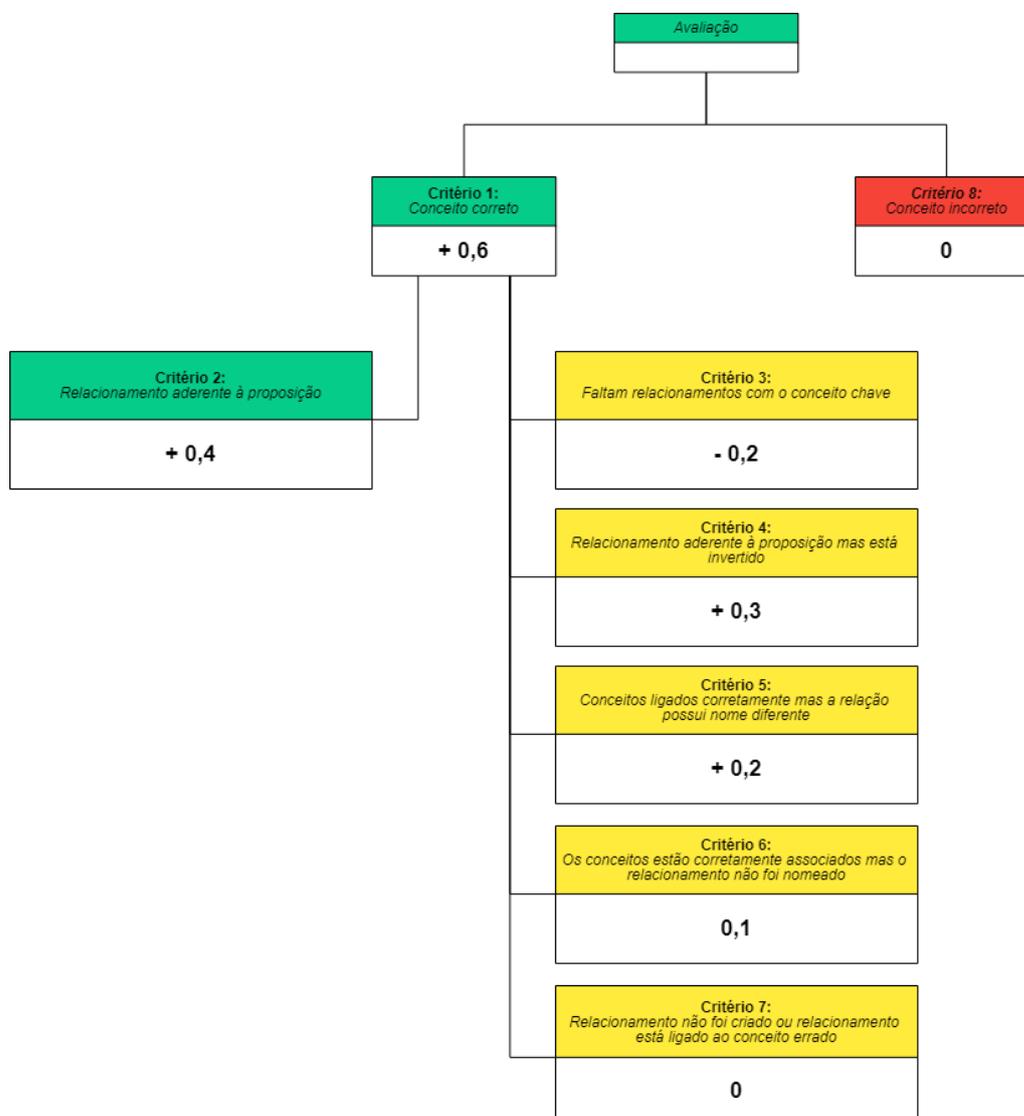


Figura 6.1. Alteração do critério 2 de avaliação

Dessa forma, quando mudamos esse critério de avaliação para passar a aceitar como válido os relacionamentos com o critério mencionado anteriormente, temos uma melhora nos resultados em quase 6,2% em média. A tabela 6.1 exibe o progresso dos alunos para a iteração no experimento proposto a partir de um resultado comparativo e a tabela 6.2 o desvio padrão e a média.

#	Nome	Pontuação iniciais	Nota Inicial	Pontuação finais	Nota Final	Evolução
1	Julian Rocha Martins	16,20	42,63%	21,00	55,26%	29,63%
2	Ágatha Castro Ferreira	16,10	42,37%	21,00	55,26%	30,43%
3	Emilly Martins Silva	16,80	44,21%	25,50	67,11%	51,79%
4	Arthur Melo Araujo	25,40	66,84%	30,20	79,47%	18,90%
Média		18,63	49,01	24,43	64,28%	32,69%

Tabela 6.1. Indicadores para a atividade "Toracotomia de Emergência" após critério de ajuste

Amostra	Desvio Padrão	Média
Antes	9,22%	49,01%
Depois	8,96%	64,28 %

Tabela 6.2. Média e desvio padrão antes e depois da iteração de aprendizagem

Na tabela 6.3 a seguir, exibimos adicionalmente à tabela 6.1, a quantidade de conceitos inicial e final para cada aluno e na tabela 6.4 a visão da avaliação apenas para a iteração do experimento. Perceba que os alunos obtiveram nota média em torno de 80% para o período de aprendizagem em questão, representando uma evolução de quase 33%.

Aluno	Qtd conceitos Inicial	Pontuação inicial	% Inicial	Qtd conceitos final	Pontuação final	% Final
1	24	16,20	42,63%	29	21,00	55,26%
2	21	16,10	42,37%	28	21,00	55,26%
3	21	16,80	44,21%	31	25,50	67,11%
4	33	25,40	66,84%	38	30,20	79,47%
Média	25	18,63	49,01%	33	24,43	64,28%

Tabela 6.3. Visão holística da avaliação do experimento de aprendizagem

Aluno	Percentual acerto na iteração	Evolução na iteração	Percentual restante
1	76,00%	29,63%	23,68%
2	73,33%	30,43%	26,32%
3	88,00%	51,79%	18,42%
4	86,00%	18,90%	0,00%
Média	80,83%	32,69%	17,11%

Tabela 6.4. Visão da iteração da avaliação do experimento de aprendizagem

Aproximações, como as realizadas anteriormente, permitem uma melhora nos resultados pelo entendimento e compreensão daquilo que o aluno objetivou fazer. Acreditamos firmemente que extrapolações do artifício anterior como

modelagens ontológicas em (Jovanovic J. &, 2007) e (Jovanović, Gašević, Knight, & Richards, 2007) assim como melhor tratamento do processamento de linguagem natural (Bateman, Ross, & Tenbrink, 2010) (GASPERIN & S., 2000), (DHURIA, 2015) conduzem a resultados mais substanciais sobre a abordagem deste trabalho.

Outra questão importante que influenciou os resultados, foi a construção de mapas conceituais utilizando livre curso, ou seja, não utilizando em todo o tempo a ferramenta automática de geração de mapas por seleção de texto disponível no MAPREF. Alguns alunos relataram que a liberdade de criação de mapas pelo não uso da seleção de texto, permite maior rapidez na execução da atividade. Entretanto, verificamos que pessoas que usaram somente a ferramenta automática, ou ainda, a utilizaram na maior parte do tempo cometeram menos erros, permitindo alcançar um resultado melhor. Por exemplo, considere a figura 6.1 que indica o erro cometido pelo aluno ao desenhar no mapa o conceito **bypass coronário**. Quando realizamos uma análise comparativa a partir do texto da tabela 5.1, verificamos que o conceito bypass coronário não existe, sendo na verdade **bypass coronariano**. Em termos semânticos representam a mesma coisa, no entanto, morfologicamente são diferentes e isso indica para o tutor o resultado de que está incorreto.

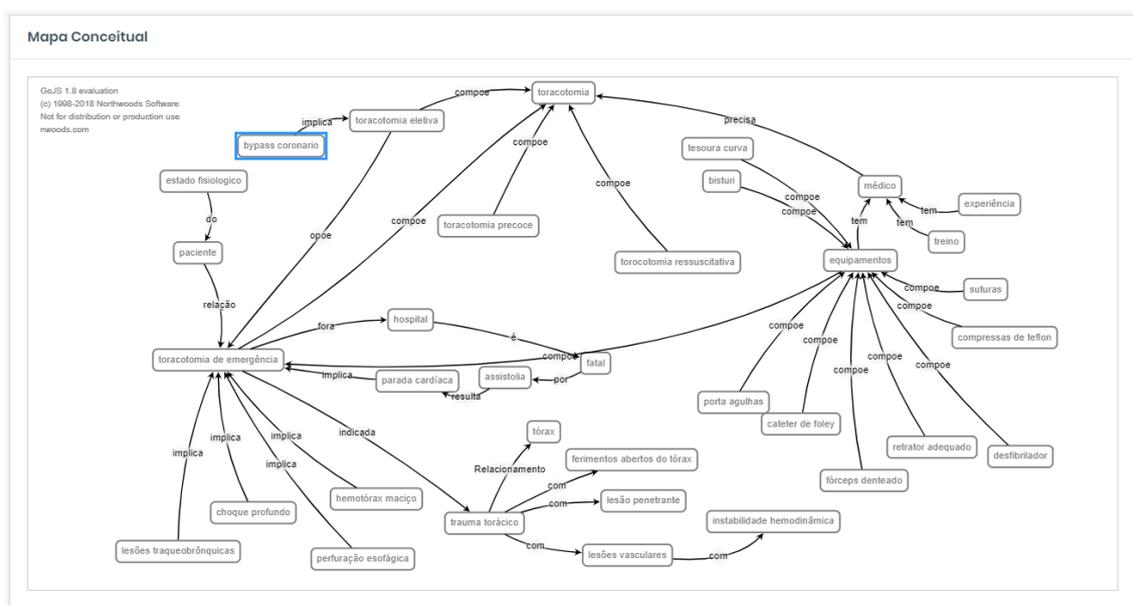


Figura 6.2. Exemplo de erro pelo uso livre da ferramenta

Discussões têm sido feitas para mensurar o quanto a permissividade concedida pela livre criação de conceitos no mapa conceitual é relevante para conduzir a resultados substanciais para o aprendizado ou apenas geram ruídos que dificultam o processamento computacional e turvam o processo cognitivo. De modo a nos posicionar, acreditamos que possa haver uma abordagem híbrida, em que, durante a atividade de construção preliminar do mapa conceitual do aluno, seja utilizada apenas a ferramenta de construção por seleção do texto base e no momento da aprendizagem assistida por tutor, seja permitido o uso livre da criação de conceitos no mapa conceitual.

6.2. Sobre a técnica

A utilização da técnica de itemsets frequentes em níveis e suas regras de associação para descoberta de conceitos que possuem proximidade semântica, demonstrou grande valor para o processo de aprendizagem, uma vez que satisfazem o objetivo pretendido de conduzir a turma a um mesmo nível de entendimento da associação conceitual a partir de um trabalho individual. No experimento proposto, por exemplo, os casos em que os primeiros conceitos da lista de conceitos (8 e 15) eram faltantes nos mapas conceituais dos alunos, foram incluídos com pontuação mínima de 80%, elevando assim, a turma do nível 2 (70% de compreensão entre a associação entre os conceitos apresentados) para nível 1 (100% de compreensão entre a associação entre os conceitos apresentados), conforme a tabela 5.5.

Por outro lado, verificamos que o tempo de processamento para conjunto de dados que tenham mais de 30 elementos tornou-se impraticável para computadores servidores de pequeno porte, comprometendo a atividade de aprendizagem, necessitando assim, de servidores com maior capacidade de processamento.

6.3. Sobre o tutor

O tutor foi projetado como agente de software de comportamento diretivo, de modo a conduzir o aluno como um guia por um caminho pré-estabelecido de aprendizagem, considerando, no entanto, o conhecimento prévio do aprendiz, além de algumas características particulares suas.

A condução do aluno até o objetivo por meio do pensamento crítico e autorreflexão funciona bem na maior parte das interações, entretanto, alunos apontaram a necessidade de concessão de maior liberdade de tempo e interação não programada (questões em aberto) por meio de questionamento do aluno ao tutor durante a construção do mapa conceitual, mesmo assim, ele foi mencionado como comunicativo e aderente a proposta realizada.

6.4. Sobre a perspectiva do professor

A perspectiva do professor é uma das mais importantes para avaliação da ferramenta uma vez que é ele o responsável por preparar todo o conteúdo de aula e configuração do tutor para a atividade de aprendizagem assistida. Ela se concentra, especificamente, em três partes: Preparar Aula, Planejar Tutoria e Resultados. Nesse contexto, pedimos que fosse realizada, por professor, uma avaliação sob o ponto de vista pedagógico, usabilidade, utilidade e pertinência que podem ser vistas abaixo:

“Achei a ferramenta bem intuitiva, até para construir o mapa conceitual de referência. Na parte de sinônimos fiquei com algumas dúvidas. Intuitivamente eu selecionei um conceito e digitei um novo sinônimo para ele, entretanto, essa parte poderia ficar um pouco mais clara. Além disso, embora inicialmente exija um grande esforço do professor para preparar uma boa aula, apresentando os conceitos relevantes e descrevendo-os em níveis diferentes de detalhe, a aula pode ser atualizada com o tempo e poderá depois beneficiar muitos alunos.

Na parte de conceitos normalizados, achei interessante trazer vários outros conceitos que aparecem nos mapas conceituais dos alunos, assim você pode perceber alguns desses conceitos como relevantes.

Achei clara a apresentação dos resultados e gostei principalmente de poder ver a evolução do aluno de forma consolidada e analítica”

Dentre as três fases pertinentes ao professor, gostaríamos de enfatizar a de Planejar a Tutoria. Perceba que ela é de grande valia não só pelo fato de nela ser definido o plano de ensino que o tutor utilizará mas também porque é nela que ocorre a explicitação dos conceitos oriundos dos mapas dos alunos e que não foram percebidos pelo professor. Essa perspectiva ressalta o uso dos mapas conceituais, não só como ferramenta para explicitação do arcabouço do aluno, mas também como um mecanismo de negociação entre conceitos, como apontado por Novak, permitindo neste caso, que o professor também aprenda com o aluno.

6.5. Trabalhos Futuros

Existem muitos desdobramentos decorrentes deste trabalho, de modo a contribuir para seu aprimoramento e possibilitar uma melhor experiência do aluno no processo de aprendizagem.

Interações entre aluno-tutor podem ser aperfeiçoadas por meio de processamento de linguagem natural, permitindo uma comunicação mais efetiva do aluno com o tutor em momentos não planejados. Isso permitirá um maior relacionamento entre eles, diminuindo a sensação de envolvimento artificial, aumentando o interesse pela lição.

Acreditamos que a interação pode ainda ser melhorada pela integração com modelos e bases de dados ontológicas, proporcionando, conjuntamente com o processamento de linguagem natural um maior poder de entendimento acerca das iterações do aluno com o tutor.

No que diz respeito a arquitetura, o tutor pode ser fracionado em maior número de agentes de software, dividindo a carga de processamento e

auxiliando no monitoramento das interações e tempo de resposta ao aluno. Esse é um fator importante, uma vez que captar as sutilezas e nuances de cada aluno é um desafio em virtude da complexidade de artefatos, itens e fatores a serem monitorados e que contribuem para construção do perfil do aluno.

Enfatizamos a importância do trabalho de aprendizagem assistida ou supervisionada por agentes de software inteligentes sobre mapas conceituais como campo relativamente emergente, possibilitando que uma série de estudos e pesquisas possam a ser conduzidos, gerando uma grande contribuição para a educação em geral.

Finalmente, para resultados mais amplos e precisos, disponibilizaremos em breve a ferramenta para professores e alunos da rede pública do estado.

Referências

- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast Algorithms for Mining Association Rules. *Proceedings of the 20th VLDB Conference*. Santiago, Chile.
- Aguiar, C. Z. (Março de 2017). Concept Maps Mining for Text.
- Aguiar, C. Z., Cury, D., & Zouaq, A. (2017). Mineração de Mapas Conceituais para Sumarização de Textos. *VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação - SBIE*.
- Amo, S. d. (2004). Técnicas de Mineração de Dados. *XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*. Salvador.
- Aragón, R. (2016). Interação e mediação no contexto das arquiteturas pedagógicas para a aprendizagem em rede. *Revista Educação Pública Cuiabá*, 261-275 .
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton.
- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and.
- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view* (2nd ed.). New York: Holt Rinehart and Winston.
- Bateman, J. A., Ross, J. H., & Tenbrink, T. (2010). A linguistic ontology of space for natural language processing. Em *Artificial Intelligence* (Vol. 174, pp. 1027-1071).
- Bruner, J. S. (1976). *O Processo da Educação*. Nacional.
- Carbonell, J. R. (1970). CAI: an artificial intelligence approach to computer assisted. *IEEE Transactions on Man Machine Systems*, 11, pp. 190–202.
- DHURIA, S. (2015). Natural Language Processing: An approach to Parsing and Semantic Analysis. *International Journal of New Innovations in Engineering and Technology*.
- Flôres, M. L., Tarouco, L. M., & Reategui, E. B. (2009). Orientações para o sequenciamento das instruções em um objeto de aprendizagem. *RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação* , v. 7, n. 1.
- Frasson, C., Mengelle, T., & Aimeur, E. (1997). Using Pedagogical Agents in a Multi-Strategic Intelligent Tutoring System. *Eighth World Conference on Artificial Intelligence in Education - Workshop V : Pedagogical Agents*. Kobe.

- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (15 de Abril de 2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, (pp. 8410-8415).
- Gaspar, W. (Agosto de 2018). Construção, Comparação e Agrupamento Automáticos de Mapas Conceituais Como Apoio a Atividades Pedagógicas. Vitória, Espírito Santo.
- Gaspar, W., Aguiar, C. Z., Gava, T. B., & Cury, D. (2018). Uma Arquitetura Tecnológica Para Apoiar o Professor na Utilização de Mapas Conceituais em Sala de Aula. *VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2018)*. Fortaleza.
- GASPERIN, C. V., & S., V. L. (2000). *Fundamentos do processamento estatístico da linguagem natural*. PUC-RS.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. (6ª ed. ed.). São Paulo: Atlas.
- Giraffa, L. M. (1997). *Seleção e adoção de estratégias de ensino em sistemas tutores*. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS.
- Giraffa, L. M. (1999). *Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais*. Tese de Doutorado.
- Giraffa, L. M., & Vicari, R. M. (1999). Estratégias de Ensino em Sistemas Tutores Inteligentes Modelados através da Tecnologia de Agentes. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, Nº 5.
- Goulart, R. R., & Giraffa, L. M. (2001). *Arquiteturas de Sistemas Tutores Inteligentes*. Faculdade de Informática PUCRS. Porto Alegre,RS: Campus Global – FACIN – PUCRS.
- Gowin, D. (1981). *Educating*. New York: Cornell University Press.
- Hammes, L. J., & Junior, E. G. (2018). O impacto da formação de mídias na educação dos professores da educação básica. *Momento - Diálogos em Educação*, pp. 336-352.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining Concepts and Techniques*. Elsevier.
- Hipp, J., Guntzer, U., & Nakhaeizadeh, G. (2000). Algorithms for Association Rule Mining – A General Survey and Comparison. *SIGKDD Explorations*, 2, 58-64.
- Hirashima, T. &. (2018). A Cognitive Model for ITS. *Advanced Research on Computers in Education*.

- Jackson, N. J. (2013). *The Concept of Learning Ecologies*. Lifewide Learning, Education & Personal Development.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jones, M. G., & Brader-Araje, L. (2002). The Impact of Constructivism on Education: Language, Discourse, and Meaning. *American Communication Journal*, 5.
- Jovanovic, J. &. (Setembro de 2007). Using Semantic Web Technologies to Analyze Learning Content. *IEEE Internet Computing*, pp. 45-53.
- Jovanovic, J., Devedzic, V., Gasevic, D., Hatala, M., Eap, T., Richards, G., & Brooks, C. (Setembro de 2007). Using Semantic Web Technologies to Analyze Learning Content. *IEEE Internet Computing* .
- Jovanović, J., Gašević, D., Knight, C., & Richards, G. (2007). Ontologies for Effective Use of Context in e-Learning Settings. *Educational Technology & Society*, 47-59.
- Krogh, G. V., & Roos, J. (1995). *Organizational epistemology*. New York: Martin's Press.
- Lamas, F., Boeres, C., Cury, D., & Menezes, C. S. (2005). Comparando mapas conceituais utilizando correspondência de grafos. *Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação - SBIE*, (pp. 24-27).
- Luther, A. (2000). The "Old" Method of Teaching Vs. the "New" Method of Teaching. *Journal of Thought*, 59-69.
- Magro, M. C. (1999). *Linguajando o linguajar: da biologia à linguagem. (Doutorado em Lingüística) - Instituto de Estudos da Linguagem*. Campinas.
- Marconi, M. A., & Lakatos. (2004). *Metodologia Científica* (4ª ed. ed.). Sao Paulo: Atlas.
- Maturana, H. R., & Varela, F. (2001). *A Árvore do Conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana*. São Paulo: Palas Athenas.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge Press.
- Mazzochi, N. P., & Maraschin, C. (Setembro de 2000). O acoplamento cognição-internet: Uma nova autoria. Rio Grande do Sul.
- Miller, G. A. (15 de April de 1955). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Eastern Psychological Association*, No. 2, pp. 343-352.

- Moran, J. M., Masetto, M. T., & Behrens, M. A. (2000). *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica* (21ª ed ed.). Papirus.
- Moreira, M. A. (2005). Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. *Revista Chilena de Educação Científica*, 38-44.
- Moreira, M., & Rodríguez, M. C. (1997). Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*, (pp. 19-44). Burgos.
- Murray, W. R. (1997). Knowledge-based Guidance in the CAETI Center Associate. *Eighth World Conference on Artificial Intelligence in Education - Workshop V : Pedagogical Agents*. Kobe.
- Nevado, R. A., Menezes, C. S., & Júnior, R. R. (2011). Debate de Teses – Uma Arquitetura Pedagógica. *Anais do XXII SBIE - XVII WIE*. Aracaju.
- Novak, J. (1977). *A theory of education*. New York: Cornell University Press.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2010). A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, 9-29.
- Novak, J., & Gowin, D. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Piaget, J. .. (1976). *Equilíbrio das estruturas cognitivas: Problema central do desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Piaget, J. (1978). *Epistemologia Genética*. Martins Fontes.
- Piaget, J. (1978). *Os Pensadores - A Epistemologia Genética*. Abril Cultural.
- Prithviraj, P., & Porkodi, R. (2015). A Comparative Analysis of Association Rule Mining Algorithms in Data Mining: A Study. *American Journal of Computer Science and Engineering Survey*.
- Real, L. M., Maraschin, C., & Axt, M. (s.d.). <http://www.cinted.ufrgs.br>. Acesso em 2019, disponível em <http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo9/artigos/9cLuciane.pdf>
- Richard R. Burton. (1988). The Environment Module of Intelligent Tutoring Systems. Em J. J. Martha C. Polson, *Foundations of intelligent tutoring systems*. Hillsdale, N.J. : L. Erlbaum Associates.

- Richardson, J. J., & Polson, M. C. (1989). *Proceedings of the Air Force Forum for Intelligent Tutoring Systems*. DEFENSE TECHNICAL INFORMATION CENTER.
- Richardson, R. J. (2015). *Pesquisa Social Métodos e Técnicas* (3ª ed ed.). São Paulo: Atlas.
- Romão, W. &. (2018). Extração De Regras De Associação Em C&T: O Algoritmo Apriori.
- Roy Williams, R. K. (2011). *Emergent learning and learning ecologies in Web 2.0*.
- Saadatmand, M. &. (2018). Emerging technologies and new learning ecologies: Learners' perceptions of learning in open and networked environments. *Proceedings of the 8th International Conference on Networked Learning*, pp. 266-275.
- Salomão Venâncio, L. &. (2006). Cognição situada: fundamentos e relações com a ciência da informação. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação.*, 11.
- Seely Brown, J. (2000). Growing Up: Digital: How the Web Changes Work, Education, and the Ways People Learn. *Change The Magazine of Higher Learning*, 32-38.
- Sena, M. T., & Finatti, J. R. (2011). Projetos De Aprendizagem E Tecnologias Digitais: Uma Experiência Promovendo Transformações Na Convivência Na Escola. *X Conferência Nacional de Educação - EDUCERE*, (pp. 2458-2470). Curitiba.
- Sjøberg, S. (2007). Constructivism and learning . *International Encyclopaedia of Education 3rd Edition*. Elsevier.
- Smart, P., Heersmink, R., & Clowes, R. (2016). *The cognitive ecology of the internet*. Dordrecht: Springer.
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 257-285.
- Tébar, L. (2011). *O perfil do professor mediador* (1ª ed ed.). São Paulo: Senac São Paulo.
- Vigotski, L. (2015). *Formação Social da Mente: o Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores* (7ª ed ed.). Martins Fontes.
- Vygotsky, L. (1987). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- Vygotsky, L. (1988). *A formação social da mente*. (2º ed. brasileira ed.). São Paulo: Martins Fontes.
- Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems*. Morgan Kaufmann Publishers.

Apêndice A

Atividade			
Professor	Turma	Atividade	Questão focal
Crodinê Silva de Menezes	Turma 1	Toracotomia Emergencial	O que é uma toracotomia emergencial

1. Mapa Conceitual
No geral, como você avalia a funcionalidade de construção de mapas conceituais:
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

2. Aprendizagem Assistida
No geral, como você avalia a funcionalidade de aprendizagem assistida:
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

3. Elaboração e criação do conhecimento
Favorecimento da capacidade de elaboração e criação do conhecimento a partir da ação-reflexão-ação.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

4. Desafio ao usuário
Desafio ao usuário em atividades que oportunizem o levantamento de hipótese, a interação, a reflexão, a troca e a construção do seu conhecimento.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

5. Capacidade
Ampliação da capacidade científica, cultural e estética.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

6. Reflexão
Desafio à reflexão, possibilitando ao usuário buscar, construir, avaliar e valorizar sua produção.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

7. Múltiplos caminhos
Possibilidades de múltiplos caminhos para solução dos problemas.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

8. Interdisciplinaridade
Favorecimento à utilização interdisciplinar.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

9. Pesquisa
Instigação à procura de outras informações em diferentes fontes de pesquisa.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

10. Níveis de complexidade
Apresentação de atividades variadas, contemplando os diversos níveis de complexidade.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
11. Adequação
Adequação ao equipamento disponível nos respectivos ambientes de ensino.
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
12. Objetivo
Este material é adequado ao objetivo que tenho em mente?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
13. Reforço
Existe algum tipo de reforço quando é estabelecido o acerto ou o erro?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
14. Processamento
O programa é ágil no processamento das informações?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
15. Estímulos motivadores
Disponibiliza estímulos motivadores aos usuários?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
16. Autonomia
O programa estimula a autonomia dos usuários?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
17. Coerência
Existe coerência entre os objetivos do programa e as atividades que nele são apresentadas?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
18. Reflexão sobre o erro
Há como refletir sobre o erro?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
19. Tempo
O tempo de aula é suficiente para a aplicação do material?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
20. Instruções
As instruções são fornecidas de forma clara e objetiva? Há ambiguidades?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente

21. Reversibilidade
O material oferece a opção de reversibilidade das ações realizadas?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
22. Usabilidade
Avalie o programa quanto à usabilidade:
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
23. Aparência
Avalie o programa quanto à aparência:
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
24. Custo
Qual o seu custo? É possível implementá-lo no trabalho de sala de aula?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
25. Layout
O layout é bem organizado na tela?
<input type="radio"/> Muito Ruim <input type="radio"/> Ruim <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Bom <input type="radio"/> Excelente
Comentários
Escreva aqui um comentário, críticas, sugestões ou opiniões sobre o programa
<div style="border: 1px solid #ccc; height: 100px; width: 100%;"></div>