

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
PROGRAMA MULTIDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM
COMPUTACIONAL DE CONHECIMENTO

Ferramenta de Autoria Colaborativa para Construção de
Conhecimento e Concepção de Documentos Baseados
em Mapas Conceituais Aplicados ao Contexto de
Ensino a Distância

Alex Coelho

Maceió, AL, Brasil
Dezembro de 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
PROGRAMA MULTIDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM
COMPUTACIONAL DE CONHECIMENTO

Ferramenta de Autoria Colaborativa para Construção de Conhecimento e Concepção de Documentos Baseados em Mapas Conceituais Aplicados ao Contexto de Ensino a Distância

Alex Coelho

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento do Instituto de Ciência da Computação da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Modelagem Computacional de Conhecimento (MSc).

Área de Concentração: Modelagem Computacional de Conhecimento

Linha de Pesquisa: Modelagem Computacional em Educação

Fábio Paraguaçu

Orientador

Maceió, AL, Brasil

Dezembro de 2007

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

C672f Coelho, Alex.

Ferramenta de auditoria colaborativa para construção de conhecimento e concepção de documentos baseados em mapas conceituais aplicados ao contexto de ensino a distância / Alex Coelho. – Maceió, 2007.

98 f. : il.

Orientador: Fábio Paraguaçu.

Dissertação (mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Maceió, 2007.

Bibliografia: f. 92-98.

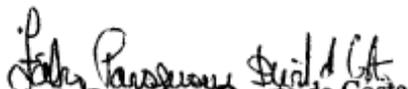
1. Tecnologia educacional. 2. Ambiente interativo de aprendizagem. 3. Ensino a distância. 4. Aprendizagem colaborativa. 5. Aprendizagem – Mapas conceituais. 5. Aprendizagem – Suporte computacional. I. Título.

CDU: 004.4:37.018.43

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
PROGRAMA MULTIDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM
COMPUTACIONAL DE CONHECIMENTO

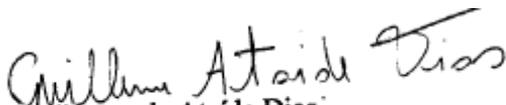
Membros da Banca Examinadora da Dissertação de Mestrado do aluno Alex Coelho, intitulado: “**Ferramenta de Autoria Colaborativa para Construção de Conhecimento e Concepção de Documentos Baseados em Mapas Conceituais Aplicados ao Contexto de Ensino a Distância**”, apresentada ao Programa Multidisciplinar de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento, da Universidade Federal de Alagoas, em 19 de dezembro de 2007.

Banca Examinadora:



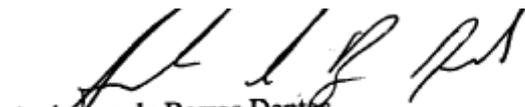
Fábio Paraguaná Duarte da Costa

Doutor em Informática – Universidade D’Aix Marseille III - França



Guilherme de Ataíde Dias

Doutor em Ciência da Informação – Universidade de São Paulo



Anderson de Barros Dantas

Doutor em Engenharia da Produção – Universidade Federal de Santa Catarina

“o sujeito não é apenas ativo, mas interativo.”

Lev S. Vygotsky (1896-1934).

Agradecimentos

À Deus pela oportunidade de terminar este trabalho, sendo que sem Ele nada disso seria possível. A meus pais, Alexandre e Leonídia, que sempre estiveram presentes e me auxiliando em todas as etapas da minha vida. A meus irmãos que sempre me apoiaram, dando força em todos os momentos. A minha namorada Fernanda, que assim como minha família me deu força para suportar todas as adversidades que à distância nos impôs. Ao professor Pós-Doutor Fábio Paraguaçu pelo privilégio de trabalhar a seu lado e sob sua orientação. Aos mais que colegas, meus amigos de mestrado, Elba, Fábio, Heitor, Séfora, Thaíse e Valdick, por todo o suporte afetivo e emocional que me propiciaram, sendo minha família na minha estada em Maceió. Aos meus colegas da Secretaria de Segurança Pública que sempre se mostraram compreensíveis e companheiros.

Resumo

O processo de construção de conhecimento e aprendizagem através da utilização de recursos tecnológicos consiste em um tema complexo e muito debatido, tanto no contexto psicopedagógico quanto computacional, uma vez que, deve ser levado em consideração todo o processo cognitivo associado a aprendizagem. Diversas metodologias e experiências têm sido utilizadas com o intuito de fazer com que todo o processo de aprendizagem seja enriquecido com as atuais possibilidades que a tecnologia e principalmente a Internet passaram a propiciar. Assim, neste trabalho é proposta a criação de modelos de interação e o protótipo de um ambiente colaborativo como proposta para o processo de construção de conhecimento através da utilização de mapas conceituais, além de recursos de comunicação e vídeo, subsidiando todo o processo de aprendizagem, sendo uma ferramenta diferenciada das demais soluções encontradas atualmente, uma vez que todo o processo passa a ser regido por um modelo negociável e gerenciado, o que não ocorre nos demais ambientes existentes, auxiliando no processo de avaliação e mensuração do conteúdo internalizado pelos usuários através de relatórios, utilizando um modelo síncrono de comunicação para todo o processo. São consideradas técnicas de Inteligência Artificial para a construção deste ambiente, sendo utilizados mecanismos como as redes de petri, princípios de raciocínio diagramático, linguagens de representação de conhecimento, além de levar em consideração aspectos vinculados a estudos sobre a colaboração em aprendizagem com suporte computacional, mais conhecido como CSCL (*Computer Support Collaborative Learning*), tendo como produto final os modelos provados através da construção do ambiente interativo.

Palavras-Chave: Construção de conhecimento, aprendizado colaborativo, mapas conceituais, CSCL.

Abstract

The knowledge and learning building process through the technologic resources use, and consist in a complex and talked about subject. Both in the context psycho-educational as computational should be taken into consideration the entire process associated with the cognitive process. Several methodologies and experience have been used to enrich the learning process with the current possibilities that technology and especially the Internet can provide. Thus, this proposed work is a prototype of a collaborative environment as a new solution to the knowledge building process through the use of conceptual maps and resources for communication and video, subsidizing all learning process, being a different tool of others solutions currently. The process to become managed by a negotiable model, which does not exist in current environments, aids in the evaluation and measurement of learned content by using a synchronous communication model for the entire process.

Techniques used for artificial intelligence in the environment construction could be considered and mechanisms used as the preti's networks, diagrammatic reasoning principles, languages of knowledge representation, and take into account aspects linked with studies on the collaboration learning with computational support, better known as CSCL (Computer Suport Collaborative Learning).

Keywords: Knowledge building, collaborative learning, conceptual maps, CSCL.

Conteúdo

Capítulo 1	
Introdução	1
1.1 Motivação e Problemática	2
1.2 Objetivo	4
1.3 Estrutura da Dissertação	4
Capítulo 2	
Fundamentação Teórica.....	6
2.1 EAD mediada por computador	6
2.1.1 Ambientes Educacionais Interativos	7
2.2 CSCL (<i>Computer Support Collaborative Learning</i>).....	8
2.2.1 Comunicação em CSCL	17
2.2.2 Negociação em CSCL	21
2.3 Raciocínio Diagramático	24
2.4 Representação de Conhecimento.....	28
2.4.1 Redes Semânticas	29
2.4.2 Grafos Conceituais	33
2.4.3 Ontologias.....	36
2.4.4 Mapas Conceituais.....	39
2.4.5 Considerações sobre as Linguagens de Representação	44
2.5 Linguagens Formais	47
2.5.1 Autômatos finitos	47
2.5.2 Redes de Petri	49
Capítulo 3	
Trabalhos Relacionados.....	54
3.1 CMapTools	55
3.2 Inspiration.....	57

3.3 Considerações sobre as ferramentas	59
Capítulo 4	
Arquitetura Funcional.....	61
4.1 Módulo Visual	63
4.2 Módulo de Negociação	64
4.3 Módulo de Comunicação.....	65
4.4 Módulo de Armazenamento	66
4.5 Arquitetura Geral.....	67
Capítulo 5	
Protótipo	70
5.1 Visão Geral do Protótipo	71
5.2 Artefatos do Protótipo	75
5.3 Protótipo	77
Capítulo 6	
Considerações Finais	87
6.1 Trabalhos Futuros	89
Referências	92

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa conceitual do processo de construção do conhecimento social e colaborativo (BROWN; DUGUID, 1991 & LAVE; WENGER, 1991).....	13
Figura 2. Exemplo de uma rede semântica.....	30
Figura 3. Rede semântica do problema da “Cor de Clyde”.....	31
Figura 4. Representação lógica das redes semânticas (BITTENCOURT, 2007).....	32
Figura 5. Representação lógica da rede semântica apresentada na Figura 3 (BITTENCOURT, 2007).....	32
Figura 6. Grafo Conceitual na notação linear.....	33
Figura 7. Grafo Conceitual na notação gráfica.....	34
Figura 8. Características da notação dos grafos conceituais (SOWA, 2006).....	35
Figura 9. Notação linear do grafo conceitual apresentado na Figura 8.	35
Figura 10. Representação lógica utilizando a CGIF das Figuras 8 e 9.....	35
Figura 11. Representação lógica utilizando a KIF.	36
Figura 12. Ontologia do domínio de circuitos eletrônicos.	37
Figura 13. Vértices e relacionamentos em um mapa conceitual.	41
Figura 14. Grafo (a) representado através de lista (b) e matriz de adjacência (c) (CORMEN et al, 2002).....	45
Figura 15. Exemplo de um autômato finito determinístico (HOPCROFT et al., 2003).....	48
Figura 16. Elementos que compõem um sistema modelado com a utilização de redes de petri (PENHA et al, 2004).	50
Figura 17. Situação em que não ocorre o disparo da transição T1 em uma rede (PENHA et al, 2004).....	51
Figura 18. Situação de conflito em uma rede de petri (PENHA et al, 2004).	52
Figura 19. Rede de petri (a) e sua representação através de matrizes (b) (PENHA et al, 2004).	52
Figura 20. CmapTools, construção de mapas conceituais.....	56

Figura 21. Inspiration, diagramação de elementos visuais.....	58
Figura 22. Modelo de interação sob a perspectiva dos usuários.	61
Figura 23. Visão interna da modelagem da ferramenta de autoria.....	62
Figura 24. Modelo visual da ferramenta de autoria.....	63
Figura 25. Modelo de interação para negociações sobre a ferramenta de autoria.....	64
Figura 26. Modelo de comunicação e troca de informações utilizando entre agentes.	65
Figura 27. Modelo de comunicação adotado no sistema autor.....	66
Figura 28. Modelo de armazenamento.	67
Figura 29. Arquitetura funcional da ferramenta de autoria.	68
Figura 30. Modelo de desenvolvimento em camadas.	74
Figura 31. Diagrama de casos de uso do protótipo Jmap.	75
Figura 32. Diagrama de classes do protótipo da ferramenta de autoria Jmap.	77
Figura 33. Tela inicial do sistema Jmap.	78
Figura 34. Tela de apresentação do sistema Jmap.....	79
Figura 35. Tela para a construção dos mapas conceituais na Ferramenta Jmap.	80
Figura 36. Tela para a construção dos modelos de negociação da ferramenta Jmap.	82
Figura 37. Definição da ordem dos elementos de uma negociação	83
Figura 38. Tela da sala de reunião da ferramenta Jmap.	84
Figura 39. Tela da Sala de vídeo do sistema Jmap.....	85

Lista de Tabelas

Quadro 1. Principais diferenças entre CSCW e CSCL	9
---	---

Índice de Abreviaturas e Siglas

EAD - Educação a Distância

CSCL - *Computer Support Collaborative Learning*

CSCW - *Computer Supported Cooperative Work*

KBes - *Knowledge-Building Environments*

IA - Inteligência Artificial

ALN - *Asynchronous Learning Networks*

GDSS - *Group Decision-Support Systems*

CGIF - *Conceptual Graph Interchange Form*

KIF - *Knowledge Interchange Format*

KQML - *Knowledge Query and Manipulation Language*

OWL - *Web Ontology Language*

IHMC - *Institute for Human Machine Cognition*

PDF - *Portable Document Format*

XML - *eXtensible Markup Language*

FMS - *Flash Media Server*

RIA - *Rich Internet Applications*

MXML - *Macromedia fleX Markup Language*

MVC - *Model-View-Control*

FIFO - *Fist In Fist Out*

KSE - *Knowledge Sharing Effort*

GPL - *General Public License*

Capítulo 1

Introdução

Com o passar dos anos, a tecnologia da informação como um todo passou por muitas mudanças e estas passaram a interferir diretamente na sociedade, assumindo um papel abrangente nos processos desenvolvidos pelos homens, sendo um facilitador nos mais diversos contextos em que é aplicada. O processo convencional de construção de conhecimento, por exemplo, o realizado em sala de aula, no qual o professor é o responsável por repassar conteúdo e os alunos são meros ouvintes, está consequentemente tornando-se obsoleto e ultrapassado, fazendo com que modalidades como a Educação a Distância (EAD), via computador ganhe importância considerável, sendo um dos instrumentos de aprendizagem mais importantes neste novo cenário.

Teorias sócio-construtivista-interacionistas como as de Piaget (1896), Vygotsky e Cole (1998), contribuíram profundamente para mudanças estruturais no processo de ensino e aprendizagem, passando a ser considerado todo o conhecimento prévio apresentado por alunos e professores, além de levar em consideração todo o processo colaborativo existente nas interações entre estes, com novos pontos de vista, enriquecendo o processo de forma a tornar o aluno mais que um mero expectador, incentivando este a questionar, investigar e compreender o que está sendo aprendido. Diversas teorias ligadas à aprendizagem fizeram com que todo o processo tradicional de ensino fosse profundamente modificado, mostrando que os processos de ensinar e aprender são muito mais que transmissão e memorização de conceitos e conhecimento.

Com tal contexto, a Internet surge como um facilitador no processo de construção de conhecimento, de forma a fornecer e subsidiar o desenvolvimento de soluções síncronas¹ e assíncronas² que se prestem a disponibilizar meios que auxiliem alunos e professores a tornar todo o processo de aprendizagem mais dinâmico, mensurável e produtivo. Dentre estas soluções, a construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem que forneçam características e funcionalidades que auxiliem o processo de aprendizagem passou então a ser fundamental. Aspectos como a colaboração tornam tais ferramentas mais atraentes e ao mesmo tempo mais complexas, isto devido à necessidade de um processo mais rígido de controle e gerenciamento das regras existentes entre os participantes.

A utilização de tecnologias da informação, principalmente a Internet, como ferramenta que possa contribuir para que o processo de aprendizagem seja enriquecido, passou a ser um tema amplamente pesquisado pela comunidade científica, incluindo pesquisas em Inteligência Artificial e Aprendizado Colaborativo. Em um contexto mais amplo, estas pesquisas contribuíram para o surgimento de novas áreas no ramo das ciências de aprendizagem.

1.1 Motivação e Problemática

Características da EAD tornam complexa a avaliação de quanto foi assimilado por um participante, e isto se agrava em um contexto colaborativo com diversos pontos de vista. Com isto, diversas pesquisas e ferramentas têm sido apresentadas no sentido de se possibilitar a mensuração da aprendizagem de alunos, além de incentivar o processo de construção de conhecimento de maneira colaborativa o que torna o processo de aprendizagem mais produtivo e menos maçante ao aluno.

Aspectos como a negociação e a comunicação entre os indivíduos em ambientes colaborativos de aprendizagem, têm sido muito criticadas caracterizando-se como itens problemáticos nas soluções apresentadas e encontradas no mercado (STAHL, 2006), fazendo com que estes temas estejam em constante discussão e aumentando sua importância a cada dia no processo de construção de conhecimento.

Nesse contexto, a educação a distância via computador, é apontado como um dos principais instrumentos de aprendizagem. A utilização de ferramentas como ambientes interativos de aprendizagem por computador no contexto da educação a distância tem

¹ Comunicação síncrona: Possibilita que as pessoas comuniquem-se em tempo real. Ex: Chat.

² Comunicação assíncronas: Troca de informação num tempo posterior. Ex: correio eletrônico.

crescido a cada ano, sendo que passaram a ser considerados aspectos colaborativos que ultrapassam os limites do que foi proposto inicialmente do que vinha a ser a EAD, que pregava a propagação da informação sem levar em consideração como era realizada a construção do conhecimento, bem como, o ponto de vista de cada indivíduo envolvido no processo de aprendizagem.

Diversos movimentos têm sido realizados no sentido de fazer com que o aprendizado se torne mais produtivo e mais interativo a um baixo custo, levando em consideração aspectos básicos que tangem a EAD como a disposição geográfica das pessoas, bem como as limitações temporais.

Neste sentido, levando em consideração todas as possibilidades que a Internet pode propiciar, os problemas anteriormente citados podem ser minorados, oferecendo suporte síncrono e assíncrono de ensino e aprendizado através de sistemas virtuais de interação. Contudo, isto pode ser uma complexa tarefa devido à quantidade de informação que pode ser disposta em um contexto colaborativo.

Com isso, é necessário que sejam desenvolvidas ferramentas que possibilitem o suporte psico-pedagógico a estudantes e professores, abrindo espaço para uma melhor utilização de recursos tecnológicos, colaborando com a construção de conhecimento, ou seja, no processo de aprendizado, particularmente no que diz respeito ao lado cognitivo que é trabalhado entre os usuários destes ambientes.

Aspectos cognitivos devem ser levados em consideração e são importantes ferramentas neste novo cenário de aprendizado, no qual todo o conteúdo é trabalhado no sentido de prover uma maior facilidade na assimilação dos conceitos lançados, de forma que estes estão diretamente relacionados a um contexto diagramático do raciocínio, uma vez que, tudo que é assimilado pelo cérebro humano, é armazenado como uma imagem mental que possui relacionamento com outras imagens.

Assim, tais ambientes devem ser capazes de modelar e representar conhecimento, além de possibilitar que todo este conteúdo seja mensurado, com suporte que facilite todo o processo de comunicação e colaboração, trazendo à tona o conhecimento que realmente é relevante ao aprendizado e seus relacionamentos.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho consiste na formulação de modelos de colaboração para interações em tempo real, além de, secundariamente um ambiente colaborativo, no qual os usuários possam discutir e negociar a concepção de documentos, através da diagramação de elementos, com a finalidade de se obter um mapa conceitual sobre o objeto em discussão, explicitando assim todo o processo de desenvolvimento do conhecimento de forma colaborativa, além da utilização de recursos áudio-visuais que contribuam para a aprendizagem e exposição de conteúdo, tendo como suporte canais de comunicação síncronos, provando a efetividade dos modelos propostos.

No caso, uma ferramenta que através de uma arquitetura funcional explicita a estrutura de raciocínio utilizada pelos participantes de maneira colaborativa para a obtenção do resultado, tendo como base um quadro branco comum a todos os participantes, sendo um processo regido por uma negociação para se obter o resultado, contribuindo na construção, análise e mensuração do conhecimento adquirido pelos participantes do processo de interação através da geração de um relatório, sendo levadas em consideração técnicas para negociação e gerência destas interações.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, no qual foram considerados temas que cooperassem para a construção da ferramenta, bem como, colaborassem para o enriquecimento deste trabalho conforme é descrito abaixo:

- No capítulo 2 encontra-se todo o embasamento teórico, no caso o estado da arte sobre a ciência de aprendizagem colaborativa suportada por computadores, além de serem considerados os princípios do raciocínio diagramático, linguagens para representação do conhecimento e linguagens formais.
- No capítulo 3 são consideradas ferramentas existentes no mercado que desempenham e possuem características semelhantes ao que é proposto neste trabalho.

- No capítulo 4 é apresentada a arquitetura funcional criada para o desenvolvimento da ferramenta, guiando o processo de construção ferramenta de autoria.
- No capítulo 5 encontra-se o protótipo da ferramenta proposta, além da apresentação de todo o contexto que guiaram sua construção e utilização.
- No capítulo 6 é realizada uma discussão final e apontamentos sobre trabalhos futuros que podem ser realizados levando em consideração tudo o que pode ser absorvido durante a execução deste trabalho.

Este trabalho tem como motivação a melhora nos processos de interação e conseqüentemente de construção do conhecimento na modalidade de educação a distância, devido a crescente importância que esta forma de ensino vêm ganhando, além das dificuldades e desafios encontrados pelos usuários da EAD.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Este capítulo, apresenta uma breve contextualização sobre a EAD e os ambientes interativos de aprendizagem. São mencionados também conceitos relacionados ao estado da arte da CSCL (*Computer Support Collaborative Learning*), bem como sua história e aplicação. Além disso, é apresentado um levantamento sobre a importância do raciocínio diagramático e com isso são tratados temas relevantes para a compreensão da aquisição e descoberta de conhecimento a partir da utilização de imagens e diagramas.

A necessidade de compreensão das tecnologias que possibilitem construções de representações mentais de conhecimento, conduziu a uma revisão das linguagens de representações de conhecimento. Finalizando, são apresentadas técnicas que auxiliam no controle da negociação, sendo relevante ao processo colaborativo, o que deve ser tratado com muita atenção, já que para o sucesso de um processo colaborativo a negociação é um aspecto fundamental.

2.1 EAD mediada por computador

Os primeiros esforços no sentido da concretização da EAD tiveram início com as escolas por correspondência, realizadas em um contexto que extrapolava as fronteiras da sala de aula e em situação de comunicação assíncrona, em meados do século XIX. A partir de tal processo, vislumbrou-se a possibilidade de levar a educação para um grande número de pessoas separadas geograficamente, fazendo com que o ensino chegasse aos mais remotos

locais, que até então não dispunham de possibilidades de acesso a uma educação convencional.

Com o passar dos anos surgiram diversos esforços com o intuito de propagar a Educação a distância. Dentre estes pode ser citar mais recentemente o projeto universidade aberta do governo federal e a criação das universidades virtuais, que são ferramentas ou portais disponibilizados por instituições de ensino superior, sendo uma tendência para o desenvolvimento e expansão desta modalidade de ensino, levando á tona uma relação estrutural entre a educação a distância, até então conhecida e o processo de aprendizagem suportada através da utilização de computadores. Segundo a Revista Veja (2007) e Melhor (2007) o Brasil contava em 2005 com quase 500 mil vagas para estudantes que cursavam a modalidade de ensino a distância, fossem estas para cursos superiores ou mesmo técnicos além de prever um investimento de 2,7 bilhões de reais até 2010.

Em meados dos anos 90 o computador passou a ser algo comum no cotidiano da maioria das pessoas com a massificação da informática em empresas, lares e da mesma maneira nas escolas, que tiveram e tem de aprender a conviver com este novo recurso. Outro importante pilar no desenvolvimento da EAD realizado através da utilização de computadores foi o advento da Internet, no qual foram vislumbradas novas possibilidades.

Assim, a educação a distância mediado por computador, passou a ser visto com outros olhos, sendo que instituições de ensino tradicionais passaram a ter seu interesse despertado por esta nova modalidade de ensino, abrindo com isto espaço para confecção de *software* voltados para a educação. O computador passou a ser utilizado visando auxiliar no processo de ensino, e com isso contribuir para o processo de aprendizado (PANQUEVA, 1997).

No entanto, além de oportunidades surgiram desafios vinculados a Educação a distância. A concepção de ambientes educacionais informatizados deve considerar diversos aspectos que vão desde questões pedagógicas vinculadas ao ensino até a aspectos inerentes aos conceitos vinculados a própria EAD. Diversos estudos têm demonstrado que a interação entre estudantes e ferramentas de EAD facilita o processo de aprendizagem, e dentre estas ferramentas pode-se citar os ambientes educacionais interativos, que é apresentado na próxima seção.

2.1.1 Ambientes Educacionais Interativos

A idéia básica dos ambientes interativos de aprendizagem consiste na construção do conhecimento que é muitas vezes realizada de forma individual, no qual se busca aguçar no

estudante a realização de exploração, investigação, descoberta de conteúdo, fazendo com que ele passe de mero expectador à construtor de opinião (BARANAUSKAS, 1999).

Os ambientes interativos de aprendizagem são baseados em quatro princípios básicos, sendo eles: o estudante deve ser capaz de construir seu conhecimento; o estudante deve ser capaz de controlar de forma mais significativa o sistema; o sistema deve considerar o estudante de forma individualizada; e o sistema deve prover um *feedback* das funções realizadas durante o processo de interação do estudante com o sistema e com outros estudantes vinculados ao processo de aprendizagem (VARGAS; MARTINS, 2005).

Este tipo de ambiente pode apresentar-se como propulsor da educação, de forma a maximizar o processo de capacitação e aprendizado já que possibilita a construção de modelos a partir da interação entre os usuários, possibilitando a colaboração e cooperação entre os participantes.

Esta ferramenta passa a ter mais importância já que proporciona a oportunidade não só de se verificar o quanto o aluno aprendeu, mas também observar todo o processo que o aluno realizou para se obter determinado resultado, facilitando o processo de avaliação além de aumentar o *feedback* do instrutor ao aluno. Isto é muito utilizado em ambientes de ensino de linguagens de programação, no qual é de grande valor a descrição de todo raciocínio envolvido no processo de solução de um problema (VARGAS; MARTINS, 2005).

Assim, estas características já se mostram de grande importância para o processo da EAD, no qual a interação deve ser maximizada visando diminuir o abismo que separa instrutor e aluno. Para tanto, diversos estudos estão sendo realizados com o intuito de minimizar esta distância e dentre os principais esforços neste sentido está a CSCL.

2.2 CSCL (*Computer Suport Collaborative Learning*)

A Aprendizagem Colaborativa com Suporte Computacional (CSCL) é um ramo das ciências da aprendizagem que foca o estudo de como indivíduos colaborando podem aprender com o auxílio de computadores. Segundo Minerva (2007) a CSCL pode ser definida como uma estratégia educativa em que dois ou mais sujeitos constroem o seu conhecimento através da discussão, da reflexão e tomada de decisões, e onde recursos de informática, dentre diversos outros, atuam como mediadores do processo de ensino-aprendizagem encurtando o processo realizado entre professor-aluno e aluno-aluno.

Com a interação entre tecnologia e aprendizagem, diversas possibilidades passaram a ser consideradas e exploradas com a utilização de computadores na educação. Como em

outras formas particulares de aprendizagem a CSCL está intrinsecamente ligada à educação, podendo ser aplicada a todos os níveis educacionais (STAHL et al., 2006).

A CSCL é considerada uma linha de pesquisa irmã da CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*), porém a CSCW se restringe a considerar aspectos tecnológicos que possibilitam a colaboração, como novos protocolos de comunicação e ferramentas para construção de *softwares* que possibilitem a colaboração. Um comparativo entre as principais diferenças entre a CSCW e CSCL é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Principais diferenças entre CSCW e CSCL.

CSCW	CSCL
Tende a focar sua atenção nas técnicas de comunicação.	Tende a concentrar sua atenção no que está sendo comunicado.
Utilizada principalmente no contexto empresarial e comercial.	Explorado em ambiente educativos.
Tem como finalidade facilitar a comunicação e a produtividade do grupo.	Tem como finalidade sustentar uma aprendizagem eficaz em grupo.

Fonte: Minerva (2007)

Nos últimos anos a CSCL passou a ganhar espaço considerável devido à reação de especialistas a *software* que se baseiam na forma de aprendizagem individual e isolada. Além disto, com o surgimento e evolução da Internet e todo o seu potencial para conectar pessoas, isso passou a estimular o avanço de pesquisas que facilitassem a disseminação de conhecimento.

Estudos preliminares realizados no início do século davam conta de que a aprendizagem em grupo era fundamentalmente como um processo individual, no qual o fato dos indivíduos trabalharem em grupo era tratado apenas como uma variável contextual que apenas influenciava a aprendizagem individual. Para a CSCL, o foco da aprendizagem é aprender através da colaboração com outros alunos e professor, em vez de diretamente do professor. Assim, o computador passa de um simples instrumento de disponibilização de conteúdo, para um sustentáculo da colaboração entre os indivíduos envolvidos, ofertando meios de comunicação e interação para a educação (STAHL et al., 2006).

A inclusão da colaboração no contexto de aprendizagem, mediação realizada por computadores e educação a distância problematizaram a noção do que é aprendizagem e levantaram diversas questões referentes a premissas citadas por autores sobre como estudar

este tema. A importância dos computadores para a CSCL é notoriamente crescente, estimulando alunos a aprenderem em grupos, porém a habilidade de combinar essas duas características (suporte computacional e aprendizagem colaborativa) tem se caracterizado um desafio para os especialistas.

A sustentação fornecida por computadores na educação é geralmente realizada pela adoção de *software* no processo de construção de conhecimento. Segundo Stahl et al. (2006) “[...]o *software* é feito para dar suporte, e não para substituir processos de colaboração existentes entre professores e alunos, bem como o *feedback* que deve existir entre estes”.

A CSCL propõe o desenvolvimento de *software* que propicie e dissemine o aprendizado em grupo, oferecendo maneiras que incentivem a exploração intelectual e interação social. Com isso, a CSCL é frequentemente combinada com o *e-learning*, incentivando assim a construção de conhecimento de forma social. Os estudos sobre a aprendizagem em grupo vêm sendo realizados desde muito antes de se ouvir falar de CSCL.

Em meados dos anos 60, antes da aparição dos computadores pessoais, já existiam esforços e discussões sobre a aprendizagem colaborativa realizada por pesquisadores de educação e psicologia social. Adicionalmente, os ambientes de *software* CSCL, que são geralmente conhecidos como KBEs (*Knowledge Building Environments*), passaram a oferecer diversas formas de suporte pedagógico ou de apoio à aprendizagem colaborativa, que geralmente são implementados levando em consideração técnicas computacionais complexas, incluindo a IA (Inteligência Artificial), dando suporte à interação e conseqüentemente ao enriquecimento do processo de construção de conhecimento.

Diversas alternativas anteriores para a utilização de computadores foram realizadas, utilizando para isto técnicas de IA. Segundo Koshmann (1996) uma seqüência histórica destes esforços até a CSCL em meados da década de 90 podem ser identificadas e classificadas, como:

- a) Instrução assistida por computadores: Abordagem comportamental que dominou os primeiros esforços das aplicações computacionais educacionais, no início dos anos 60. Neste período se confundia a aprendizagem com a memorização, no qual o conteúdo era apresentado numa seqüência lógica, através de repetições e práticas computadorizadas, somente se preocupando com a disponibilização de conteúdo sem se preocupar com o aprendizado do aluno;
- b) Sistemas tutores inteligentes: Abordagem introduzida nos anos 70 foi considerada promissora, indo contra a visão behaviorista de que poderia

haver suporte a aprendizagem sem levar em conta como os envolvidos representavam e processavam o conhecimento adquirido. Este modelo era baseado em uma filosofia cognitivista, ou seja, se preocupava em analisar a aprendizagem de cada aluno através de modelos mentais e representações mentais, que muitas vezes se mostravam equivocadas. Replicavam a ação de um tutor humano oferecendo respostas às entradas fornecidas pelos alunos, baseadas nos modelos existentes;

- c) Logo: Linguagem de programação interpretada voltada para o aprendizado de aprendizes em programação. No caso é utilizado um robô que responde aos comandos executados pelos usuários. Como se trata de uma linguagem interpretada e interativa o resultados são expressos instantaneamente após a execução dos comandos, incentivando o aprendizado. Criada no fim da década de 60 por Seymour Papert e Wally Feurzeig, ganhou grande espaço em meados da década de 80. Leva em consideração a filosofia construtivista introduzida por Piaget.

Os primeiros esforços que se caracterizaram como precursores para o que posteriormente ascenderia a ser a CSCL e que contribuíram no sentido de firmá-la foram projetos desenvolvidos no início da década de 90. Ambos os projetos exploraram o uso da tecnologia com o objetivo de melhorar a aprendizagem relacionada à literatura. Em ordem cronológica sendo (STAHL et al., 2006):

- Projeto ENFI, da Universidade Gallaudet: produziu alguns dos primeiros exemplos de programas para composição literária com suporte computacional, no qual era dado suporte a alunos com limitações auditivas, e problemas de escrita;
- Projeto CSILE, da Universidade de Toronto: posteriormente conhecido como *Knowledge Forum*, foram desenvolvidas tecnologias e pedagogias para tornar a escrita mais significativa, estimulando os alunos a produzir textos em conjunto;
- Projeto *Fifth Dimension*, da Universidade da Califórnia: tinha como principal objetivo aprimorar a habilidade de leitura e de resolução de problemas dos alunos.

Dentre os diversos esforços para a utilização de computadores com aspectos colaborativos, pode se mencionar como exemplo, a conexão de vários dispositivos de entrada

para possibilitar a interação de diversos usuários simultaneamente sobre a mesma aplicação. Porém, isto não garante que este tipo de solução seja colaborativamente interessante para o aprendiz, visto que o processo de construção de conhecimento é muitas vezes colocado em segundo plano, passando a chamar mais a atenção por considerar aspectos tecnológicos do que por causa um impacto no aprendiz dos alunos.

Ademais, com o passar dos anos diversos outros esforços foram realizados, amadurecendo o que hoje consiste na CSCL, solidificando assim a base deste ramo da ciência da aprendizagem, com conceitos e paradigmas sólidos. Dentre alguns aspectos construídos com o passar dos anos, que podem auxiliar a guiar o desenvolvimento de soluções em computadores para CSCL, quatro termos importantes devem ser considerados na elaboração e construção destes KBEs (STAHL, 2002):

1. Construção de conhecimento colaborativo: O termo “construção de conhecimento” é mais concreto e descritivo que o termo “aprendizagem” quando se está interessado no processo de colaboração. Isto pode também ajudar a se evitar que uma maior ênfase individualista epistemológica, favorecendo uma visão prática no processo de educar;
2. Perspectivas pessoais e grupais: A construção de conhecimento colaborativo está estruturada sobre perspectivas pessoais e de grupos lançadas no processo. No caso, é necessário que as ações não fiquem presas a regras e pensamentos individualistas, mas sim extrapolem essa fronteira mantendo uma fundamentação baseada também sobre a interação e entendimento do grupo;
3. Mediação por artefatos: Mediação significa que algo acontece por meio de alguma coisa ou através do envolvimento de alguém. A mediação consiste na escolha do meio de comunicação bem como os fins e as metas que podem ser alcançadas com a adoção destes meios. Os artefatos no processo de construção de conhecimento significam objetos criados por pessoas para uso específico, compartilhando e descobrindo novos conhecimentos através da construção e interação de indivíduos por meio destes artefatos. Como exemplo, podemos citar convenções sobre linguagem natural, cognição, aspectos culturais, dispositivos físicos e digitais, possibilitando a criação e compartilhamento de novos conceitos além de preservá-los.
4. Análise da Interação: As interações em processos de construção de conhecimento colaborativo ocorrem naturalmente e assim cuidadosamente e rigorosamente podem ser analisadas dando visibilidade a atividades e trabalhos

realizados, cruzando perspectivas e regras de mediação de artefatos para se ter uma visão de todo o processo de construção de conhecimento.

Estes quatro termos analisados em conjunto, derivam de estudos em diversas áreas levando a tona toda uma peculiaridade interdisciplinar que envolve o CSCL. Os procedimentos de construção de conhecimento estão baseados sobre teorias que vão de encontro com temas como lingüística, cognição, física, pedagogia e computação. O aprendizado colaborativo é ainda visto como um conjunto de métodos e técnicas de aprendizagem para utilização em grupos estruturados, bem como estratégias de desenvolvimento de competências mistas, no caso, aprendizagem e desenvolvimento pessoal e social, onde cada membro do grupo é responsável por sua própria aprendizagem e pela aprendizagem dos elementos restantes do grupo (MINERVA, 2007).

Portanto, pode-se afirmar que a aprendizagem colaborativa é um processo que envolve o aprendizado individual que é complementado interativamente através do compartilhamento de conhecimento social de um grupo. A Figura 1 apresenta um mapa conceitual do processo de construção do conhecimento social de maneira colaborativa, no qual são apresentados dois processos distintos interagindo e se complementando segundo BROWN; DUGUID (1991); LAVE; WENGER (1991).

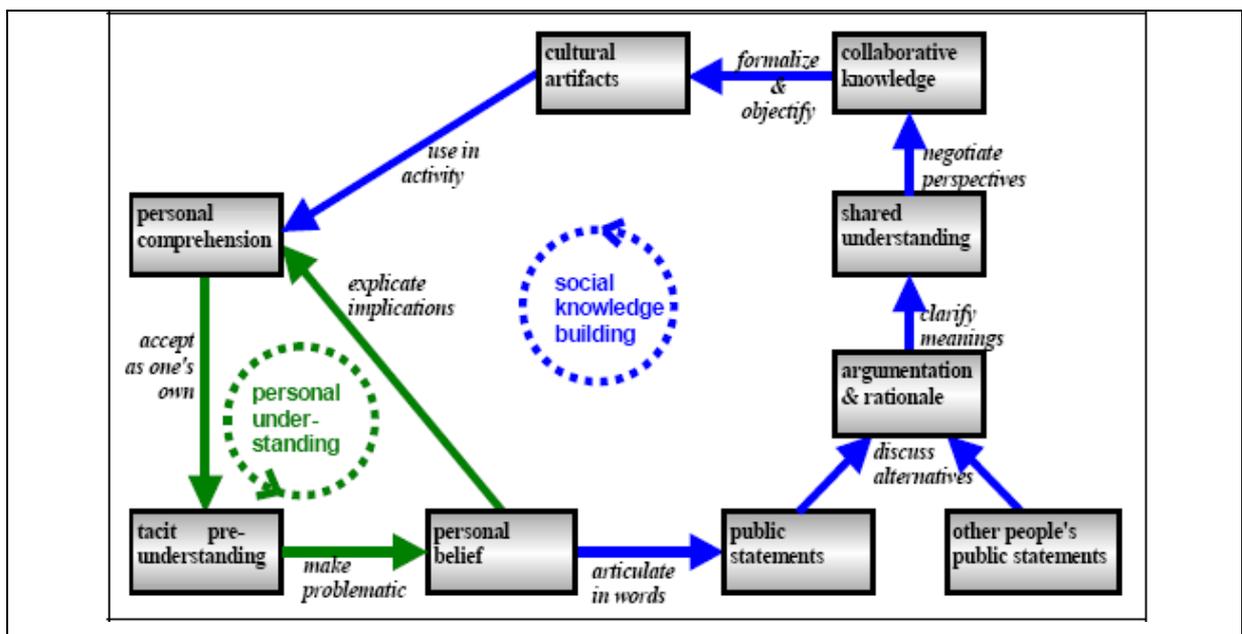


Figura 1. Mapa conceitual do processo de construção do conhecimento social e colaborativo (BROWN; DUGUID, 1991 & LAVE; WENGER, 1991).

O mapa conceitual apresentado modela a constituição do processo de aprendizagem individual e social. Conforme exibido na Figura 1, no lado inferior esquerdo, é apresentado o ciclo de compreensão pessoal. O restante do mapa conceitual descreve como a compreensão pessoal, mencionada anteriormente, é articulada a um processo social de interação com outras pessoas e com o compartilhamento de cultura, também conhecido como ciclo de construção de conhecimento social. Este compartilhamento de cultura passa a ser algo que participa da construção do entendimento pessoal, moldando a forma de pensar, interesses, motivações e diversas outras influências que colaboram no sentido de construir o conhecimento.

Stahl (2006) menciona que tanto a cognição pessoal quanto a social não podem ser separadas a não ser de maneira artificial como em um modelo desenhado para análises. Este relacionamento mútuo é natural, deixando claro que nenhum dos ciclos pode existir individualmente. Os ciclos podem ser mais detalhadamente observados, onde:

1. *Ciclo de Compreensão Pessoal*: Diversos estudiosos argumentam que a aprendizagem começa na base da pré-compreensão tácita. Um indivíduo originalmente tem uma compressão inicial sobre algo, possuindo assim um entendimento tácito ou superficial do assunto que este considera aceitável, gerando assim uma crença pessoal de conhecimento que são confrontadas verificando suas implicações, baseados na problemática apresentada. A rede de significados na qual é feito todo o senso do mundo de um indivíduo é muitas vezes falho e, para tanto, torna-se constante e necessário o reparo do entendimento através de re-interpretações ou construção de novas estruturas, resolvendo conflitos e sanando deficiências, criando assim novas compreensões. Isto tipicamente envolve algum *feedback* do mundo que no processo de construção de conhecimento muitas vezes ocorre através de experiências com ferramentas e representações simbólicas, muitas vezes originadas de uma combinação de pontos de vista. Esta rede de significados pessoais tem como principais fontes a interpretação de linguagens tanto faladas quanto escritas, história, cultura, estruturas sociais e políticas. Este contexto social está implícito, mesmo que muitas vezes imperceptível, isto porque todo este processo está incorporado dentro de um pré-entendimento gerado sob diversas circunstâncias. Assim é necessário se aprofundar mais explicitamente no processo social e de criação de novos conceitos de maneira colaborativa.
2. *Ciclo de Construção de Conhecimento Social*: Como apresentado na Figura 1, o ciclo de aprendizagem individual é complementado pelo aprendizado de diversos indivíduos. Isto acontece quando alguma pessoa apresenta sua crença sobre algo, isto

apresentado de maneira social, de maneira a se ter diversos pontos de vista, que discutem sobre múltiplas perspectivas dos diversos participantes envolvidos no processo de construção de conhecimento. Isto, com o passar do tempo, torna as crenças pessoais iniciais mais refinadas devido ao processo extensivo de discussões e interação, conflitando diversas interpretações. O processo de discussão consiste de argumentos providos por diferentes e racionais pontos de vistas. O intercâmbio de conhecimento pode gradualmente convergir sobre um compartilhamento de entendimento, resultando em uma maior nitidez de diferenças em interpretações e terminologias com um mútuo entendimento através de negociações. Uma vez que a negociação de diferentes perspectivas de entendimento resulta em um senso comum, então tais resultados podem ser aceitos como conhecimento compartilhado. Assim, dentro de uma epistemologia social as crenças e perspectivas dos indivíduos, são partes distintas dentro do processo de construção de conhecimento, tornando-se a base de um processo de conhecimento sócio-cultural, no qual, tanto compartilhamento de linguagem quanto representações individuais passam a fazer parte de um todo. Adicionalmente, estas crenças são transformadas em conhecimento através da interação, comunicação, discussão, esclarecimento e negociação sendo utilizados para a formalização do objetivo. Ademais, pode-se dizer então que o conhecimento é um produto social mediado. O fato de o conhecimento ser um produto da comunicação social, não significa que este seja infundado ou arbitrário, muito pelo contrário, já que está fundamentado em diversos pontos de vista.

Assim, em todo o processo apresentado pelo mapa conceitual presente na Figura 1, o processo de comunicação que resulta em conhecimento, incorpora a argumentação que pode introduzir evidências empíricas e deduções lógicas de outros conhecimentos já definidos, tanto individuais como sociais. Metodologias científicas podem contribuir para legitimar os papéis dentro do processo de construção de conhecimento, subsidiando o processo de transformação de ponto de vistas em conhecimento. Uma característica marcante no processo de construção de conhecimento social é o fato de tal conhecimento nunca ser absoluto - embora seu caráter seja de uma verdade final - sempre existirá possibilidade de um questionamento futuro, de re-interpretação, renegociação e re-cognição (STAHL, 2006).

Os pontos de vista resultantes da discussão, argumentação e esclarecimento formam uma linguagem compartilhada, criados através do processo de comunicação. Esta comunicação e análise é negociada por grupos e torna o conhecimento compartilhado e

acessível a todos, tendo como resultado por meio desta comunicação pública a incorporação de novos conceitos no processo de aprendizagem individual de cada participante do grupo. Segundo Stahl (2006) é importante verificar que o pensamento individual, que pode ser observado no lado esquerdo da Figura 1, é indispensável para todo o processo de construção de conhecimento, no caso todo o processo descrito no lado direito da Figura 1, provendo uma íntima ligação entre ambas as partes através de uma linguagem e constante internalização de significados, auxiliando no processo de aprendizagem.

Em um ponto de vista cognitivo, existem diversas habilidades e sub-processos no sentido de se trabalhar com representações, seja com a utilização de diagramas, ou atividades como a sumarização, entendimento de textos, pensamentos críticos e ou lógica estruturada de argumentos, no qual estes processos incluem habilidades vinculadas à interação social. É importante mencionar que a utilização de diagramas de maneira isolada pode vir a distorcer a idéia de colaboração, uma vez que podem ser suprimidas algumas das habilidades e características mencionadas acima, como a argumentação e a comunicação necessária para o crescimento mútuo entre os participantes.

O entendimento colaborativo pode ser expresso de diversas maneiras e é persistido através de objetos simbólicos, no caso artefatos culturais. Estes artefatos são representações formais como sistemas matemáticos simbólicos ou diagramas que fornecem sustentações cognitivas e ajudam a preservar e comunicar e preservam o entendimento bem como seus significados. A utilização de diagramas para a perpetuação destes significados vem ganhando espaço devido a sua facilidade de representação e abrangência de conteúdo em cada artefato criado.

Assim, o conhecimento encapsulado nestes artefatos ganha novo significado a cada utilização, isto vinculado ao contexto, retratando novos processos de interpretações e atividades no mundo e subseqüentemente sendo integrados na compressão pessoal implícita por indivíduos e grupos. Estes esquemas de representação formalizam a compreensão compartilhada, sendo objetos simbólicos e culturais que ajudam a transmitir o conhecimento colaborativo (STAHL, 2006).

Este contexto é oferecido pela Teoria da Atividade de Leont'ev (1978), sendo que, essa teoria tem grande importância na construção de sistemas CSCL, uma vez que:

1. Toda e qualquer atividade em grupo pode ser mediada por ferramentas culturais;
2. As atividades desenvolvidas em ferramentas CSCL podem assumir diferentes níveis de abstração e compreensão;

3. O entendimento conceitual das atividades de maneira social é primordial para uma posterior compreensão individual.

Como se observa no presente trabalho, a aprendizagem colaborativa envolve indivíduos como membros de um grupo, porém também envolve fenômenos como a comunicação, negociação e o compartilhamento dos entendimentos – incluindo a construção e a manutenção das concepções compartilhadas das tarefas – que são cumpridas interativamente através de processos em grupo.

2.2.1 Comunicação em CSCL

Em geral existem diversos conceitos e teorias de comunicação, que circunstanciam a um número de significativos fatos de interação em processos de comunicação. Muitos destes fatores evoluíram ao passar dos anos colaborando com a evolução da CSCL como: o telefone, eliminando um contato visual no caso face-a-face; trocas de correspondência de maneira assíncrona; grupos de reuniões exceto por interações um-a-um; TV e filmes complementados com tecnologias de manipulações de mensagens. Portanto, a CSCL cresceu simultaneamente com a evolução e transformação dos meios, modos e unidades de contexto da comunicação (STAHL, 2006).

O modelo de comunicação em CSCL pode abranger diversos modos de comunicação, incluindo discussões em sala de aula, reuniões de pequenos grupos, fóruns de discussões, *chats* e *e-mail*, por exemplo. Littlejohn (1999) menciona que as formas de comunicação podem ser classificadas em nove grandes categorias de teorias de comunicação, caracterizadas por:

- Cibernética: auxilia no fluxo da informação entre remetente da mensagem e receptor da mensagem, permitindo efeitos de *feedback* e da transmissão de informações;
- Semiótica: analisa o papel dos signos, símbolos e linguagens na interação comunicativa;
- Análise de Conversações: identifica estruturas da conversação ordinária, tais como o par pergunta-resposta;
- Produção de Mensagens: considera como a produção de mensagens é determinante para a apresentação de traços pessoais e mentais, além dos processos mentais utilizados para a produção de mensagens;

- Recepção de Mensagens: foca em como os indivíduos interpretam o significado das mensagens comunicadas, organizando a informação recebida de maneira a fazer julgamentos baseados sobre essa informação;
- Interação Simbólica: visões de grupo, família e estruturas sociais de comunidades como produtos de interações entre membros, no qual a interação cria, define e sustenta estas estruturas;
- Abordagem Sócio-Cultural: enfatiza o papel de fatores sociais e culturais em comunicação dentro ou entre comunidades;
- Hermenêutica Fenomenológica: explora introduções da interpretação, tais como problemas da tradução e da interpretação profunda de textos históricos de diversas culturas;
- Teoria Crítica: revela as relações de poder dentro da sociedade que distorcem sistematicamente uma comunicação e promovem a desigualdade ou a opressão.

Estes vários tipos de teorias focam sobre diferentes unidades de análise como: bits de informação, palavras, mensagens, interações sociais, comunidades, história e sociedade. Embora as teorias de comunicação tradicionais façam uma análise da comunicação num ponto de vista tanto individual quanto social de comunicação, levando em consideração tanto à comunicação face-a-face quanto à mediada tecnologicamente entre indivíduos, ambas não se dirigem diretamente à combinação particular dos interesses encontrados dentro da CSCL (STAHL, 2002).

Com o advento da Internet, tornou-se óbvio que a tecnologia pôde ser útil para fornecer novos meios de comunicação para comunidades de aprendizagem. A CSCL originalmente foi criada baseada na idéia de salas de aula, na interação face-a-face entre diversos indivíduos, porém esta idéia com o passar dos anos foi superada, sendo válido mencionar que poderiam ter sido adotados conceitos e bases de conhecimento, por exemplo, comunidades de prática sem prejudicar a construção de conhecimento de maneira colaborativa, tais como outras diversas teorias científicas de interações possíveis de uma comunidade de interesses em comum (SCARDAMALIA; BEREITER, 1996).

Os novos ambientes de comunicação CSCL são estruturados de maneira a possibilitar a contribuição por parte dos indivíduos através de processos de discussão *online*, introduzindo conhecimento e colaborando junto ao processo de construção de novos conceitos dentro dos grupos. A nova teoria da comunicação perseguida pela CSCL está baseada sobre a teoria

construtivista de conhecimento, no qual o conhecimento passou a ser visto não como um conjunto de fatores que os professores poderiam empacotar como mensagens explícitas para recepção por estudantes, mas mais como um processo sutil de desenvolvimento em que os estudantes passam a construir nova compreensão baseada em suas conceitualizações atuais (STAHL, 2006).

Além disso, seguindo os princípios de Vygotsky, o conhecimento geralmente é construído socialmente através de interações entre pessoas antes de realizar a internalização como um conhecimento individual. Estes aspectos sociais ganharam espaço dentro da teoria da atividade desenvolvida com o passar dos anos por seguidores de Vygotsky, enfatizando que a cognição individual é mediada por artefatos físicos e simbólicos que centralizam aspectos sócio-culturais que culminam na negociação para se obter o consenso (PAPERT, 1980).

O modo de comunicação CSCL pode combinar muitos tipos de comunicação, sendo elas síncronas e assíncronas, incluindo as discussões em sala de aula, reuniões de pequenos grupos, processos de discussões através de fóruns, *chat* e *email* conforme mencionado anteriormente. Segundo Stahl (2006) o modelo assíncrono permite que os participantes desta modalidade de comunicação imprimam seu próprio ritmo, ou seja, que interajam em momentos distintos além de independentes geograficamente, porém isto torna a comunicação limitada e lenta, incentivando respostas rápidas e curtas por parte dos participantes e com isso limitando a construção de conhecimento.

O modelo de comunicação síncrona é aplicado em sistemas de tempo real que reagem, gerando respostas automaticamente, sendo que apesar de manter a possibilidade da distribuição geográfica dos participantes é necessário que todos estejam presentes ao mesmo momento de tempo para a interação. Os *chats* são exemplos de comunicação síncrona, que podem consistir em uma ferramenta que acelera a interação entre os participantes, porém assim como a comunicação assíncrona, incentiva respostas rápidas e com estrutura complexa o que pode tornar o entendimento confuso, uma vez que, a todo momento são lançadas novas informações, o que pode comprometer a construção do conhecimento. Em geral, cada modelo tem os seus prós e contras, sendo então interessante levantar quais os pontos positivos de cada abordagem e então realizar uma mistura cuidadosa destes (STAHL, 2006).

O meio de comunicação da CSCL baseado em computadores vem com o passar dos anos ganhando espaço além de apresentar vantagens, primeiro quanto à possibilidade de armazenamento persistente das interações e artefatos, como diagramas, gráficos e relatórios criados, além de possibilitar a revisão destes. O poder computacional é outra vantagem nesta

metodologia, auxiliando na manipulação, organização e processamento das informações. Porém é necessário salientar que o computador muitas vezes pode ser um misterioso artefato confundindo e frustrando os participantes com símbolos e funções complicadas, particularmente até o domínio da ferramenta por parte dos usuários (STAHL, 2002).

Stahl (2006) menciona que a aprendizagem colaborativa focaliza freqüentemente a composição de pequenos grupos, talvez de quatro ou cinco estudantes que constroem seu conhecimento com a utilização de mapas mentais, compartilhando informação e reagindo a cada novo artefato lançado, discutindo, negociando, decidindo e alcançando conclusões em comum. A idéia da formação do grupo consiste na comunicação de fatos que passariam despercebidos aos olhos de alguns integrantes do grupo se estes agissem de maneira isolada, fazendo com que tais fatos sejam acrescidos à crença individual dos participantes.

O contexto da comunicação CSCL consiste em um dos pilares da construção do conhecimento. Em sua maioria a comunicação entre grupos de aprendizes é realizada através de discussões. No caso Aurélio (2007) define a discussão como uma seqüência de emissões de textos curtos, falados ou escritos em uma linguagem natural, como por exemplo, o português. Neste ponto é interessante mencionar a similaridade dos *chats* com a linguagem falada, no qual são dispostos textos de maneira complexa e desestruturada, porém com convenções próprias.

O processo de discussão se assemelha com a linguagem escrita, embora possa ser interativa de maneira que o significado seja determinado por seqüências ou por linhas das mensagens dos diferentes grupos. Na aprendizagem colaborativa, a idéia de pensamento bem definido na mente de um indivíduo não deve existir, mas sim o de construir significados interativamente com os membros colaborando como um todo. Estas discussões podem ser intermediadas pela utilização de artefatos cujo significado foram estabelecidos com a contextualização do meio. No caso, o discurso colaborativo está situado na compreensão compartilhada pelos membros do grupo de aprendizado que são representações historicamente, socialmente e culturalmente situadas dentro do contexto de aprendizado (STAHL, 2006).

A comunicação realizada por meio da utilização de computadores torna-se interessante devido aos diversos aspectos positivos que a tecnologia propicia. Sistemas como *email* podem não ser perfeitos, porém eles realizam seu trabalho, auxiliando muitas pessoas e organizações. A comunicação torna-se colaborativa a partir do momento em que esta passa a envolver o compartilhamento de crenças e conhecimento através de múltiplas perspectivas de participantes (STAHL, 2006).

Isto envolve a disponibilização de um ambiente que seja um repositório compartilhado, no qual ocorram comunicações como as oferecidas freqüentemente em ferramentas CSCW, porém é importante mencionar que existem claras diferenças entre a CSCL e CSCW, uma vez que as situações de aprendizagem são diferentes das encontradas durante a execução de um trabalho, sendo que por parte da CSCL devem se envolvidas características pedagógicas além da diferença existente, já que o aprendizado diverge da cultura comercial existente na CSCW. Além disto, os participantes da CSCL geralmente consistem em aprendizes que estão dando os primeiros passos no assunto em questão, enquanto a CSCW lida com técnicos especialistas em busca da resolução de problemas (STAHL, 2006).

Ferramentas CSCL devem levar em consideração o fato de não existir a comunicação face-a-face, sendo necessário um mecanismo que disponibilize suporte para que os indivíduos envolvidos saibam o que os outros membros do grupo estão fazendo, e quais aspectos estão sendo levados em consideração no momento da interação, sendo geralmente disponibilizado ferramentas de *chat* para minimizar os impactos causados pela distância (STAHL, 2002). Ademais, devem ser fornecidos aos grupos meios de auxílio a organização da informação e os artefatos que estão sendo construídos e discutidos. Estes meios devem permitir que o conhecimento seja organizado pelo grupo como um todo, de modo que todos possam observar o estado compartilhado dos trabalhos realizados de maneira individual (STAHL, 2006).

Assim, a meta da comunicação em aplicações CSCL deve ser a de prover efetivo suporte aos computadores para o aprendizado colaborativo que é algo muito complexo, sendo que os *softwares* em sua maioria são desenhados sem suporte a um simples modelo de comunicação, porém é necessário se realizar um exame preciso das interações entre indivíduos e comunidades buscando como objetivo o fortalecimento pedagógico das aplicações e de seus artefatos. O processo de comunicação envolve diversos pontos de vista, no caso tanto individuais, quanto grupais de colaboradores que utilizam a comunicação para expressar suas crenças e realizar as negociações a fim de se obter um produto final desta interação, ou seja, conhecimento (STAHL, 2006).

2.2.2 Negociação em CSCL

A negociação é descrita como um processo pelo qual um determinado grupo de pessoas trabalhando em conjunto chega a um consenso sobre uma determinada decisão ou ação a ser tomada (STAHL, 2006). (LIMA, 2007) define o processo de negociação em

educação a distância como um conjunto de regras e relações interdependentes, onde cada interagente participa da construção inventiva da interação, afetando-se mutuamente, através da argumentação, análise da cooperação, intercâmbio, debate, discussão, transformação mútua do conhecimento.

A negociação no contexto de construção de conhecimento de maneira colaborativa trata-se de um difícil aspecto a ser conduzido, isso se agrava ainda mais quando os participantes deste processo não estão interagindo no esquema face-a-face. A negociação trata-se do fenômeno central na aprendizagem colaborativa, especialmente na negociação de novos conhecimentos, no qual são apresentados diversos pontos de vista sobre o tema e é necessário se obter um consenso entre os participantes do processo de construção de um novo conceito (STAHL, 2006).

Porém, apesar de existirem consideráveis pesquisas e projetos envolvendo temas como CSCL ou mesmo ALN (*Asynchronous Learning Networks*), estes não foram acompanhados de discussões que levassem a um processo na construção de mecanismos de *software* que dessem suporte a negociação no contexto da aprendizagem. Os sistemas existentes hoje em dia são desenhados em sua maioria dando suporte a construção de conhecimento de maneira compartilhada, mas raramente provém um adequado suporte para explicitar o processo de negociação envolvida para se estabelecer um conceito final sobre os artefatos culturais resultantes da colaboração e compartilhamento do conhecimento. Especificamente em CSCL a negociação sobre o conhecimento é implementada para que se obtenha controle do que está sendo produzido sobre uma perspectiva de aprendizagem, controlando a transferência das idéias e opiniões do grupo (STAHL, 2006).

Segundo Stahl (2006) a negociação para o aprendizado colaborativo trata-se conceitualmente de um suporte completamente diferente ao encontrado em outros sistemas, como o existente em CSCW e GDSS (*Group Decision-Support Systems*). Considerando o *software* como ferramenta para suporte a negociação, os primeiros esforços estão relacionados à construção de sistemas GDSS, utilizados por indústrias. Em sua maioria, nos sistemas existentes na computação tradicional que dão suporte a negociação, é comum a utilização do modelo de votação para que se obtenha um consenso sobre um determinado assunto.

Os resultados obtidos por este processo de negociação não é somente resultado de uma aceitação explícita, levando em consideração somente o racionalismo filosófico e de modelagem da comunicação humana, mas levantam também questões pragmáticas da implementação do raciocínio. Neste modelo de negociação espera-se que as pessoas envolvidas no processo tenham idéias prontas, no qual apenas cada uma destas apresentem

apenas sua posição sobre determinado assunto (WINOGRAD; FLORES, 1986). Este modelo na computação tem sido amplamente utilizado devido à facilidade de interpretação, no qual, as opiniões são apresentadas com respostas pré-definidas como sim ou não.

Porém, apesar de ser um modelo no qual muitos objetivos são alcançados, a votação reduz consideravelmente o processo de negociação entre as partes envolvidas, prejudicando assim o processo de construção de conhecimento, fazendo com que conceitos e opiniões individuais muitas vezes predominem nos sistemas. Assim o conceito de negociação por meio de votos não parece ser a maneira mais adequada para sistemas CSCL. Em particular, a negociação sobre um novo conhecimento que é compartilhado por um grupo de pessoas engajadas na construção colaborativa de conhecimento possui diversos aspectos e características importantes que devem ser consideradas na decisão do grupo e que se perdem no modelo de negociação por votação (STAHL, 2006).

Para tanto, esse modelo de negociação no qual são levadas em consideração características da colaboração é denominada “negociação de conhecimento” (*Knowledge Negotiation*), tal nome se deve ao fato de não se prender a alternativas existentes, como um sim ou não, mas através da colaboração, interação e discussão construir novos conceitos e opiniões (STAHL, 2006). Negociação de conhecimento é conceitualmente diferente do modelo de negociação por votação. No caso, a principal característica deste modelo consiste na não existência prévia de uma solução sendo construída uma resposta compartilhada com a realização das interações entre o grupo, sendo consenso entre todos os participantes.

Isto envolve freqüentemente a realização de acordos, nos quais os participantes levam em consideração as crenças e desejos apresentados pelos outros a fim de completar parcialmente ou totalmente a própria posição. O modelo de negociação de conhecimento leva em consideração a maneira não roteirizada em que os grupos respondem a uma questão, além de suas indefinições alcançando o acordo que envolve freqüentemente a remodelagem das crenças individuais existentes previamente (STAHL, 2006).

O processo de negociação em que são apresentadas assertivas pré-existentes como no modelo de votação torna-se muitas vezes incompleto, havendo sempre a necessidade da apresentação de artefatos que completem a idéia do todo. No caso do modelo de negociação de conhecimento a negociação pode ter início com diversos pontos de vista, uma vez que existem diversos participantes que apresentam suas crenças, que interagem e evoluem devido à série de alternativas existentes inicialmente, sendo alteradas e moldadas até que uma única posição de consenso seja alcançada como em uma discussão (STAHL, 2002).

A discussão como apresentado anteriormente na sessão de comunicação é uma interação política que acarreta em poderosos aspectos de motivação e persuasão na construção de conhecimento. Assim, ao final do processo de negociação de conhecimento um consenso é alcançado, ou não, no qual há freqüentemente pouca necessidade para que o modelo de votação seja necessário, porque o acordo, ou desacordo, já está estabelecido pelos membros dos grupos (STAHL, 2006).

Apesar disto, fica claro que a falta de gerenciamento pode tornar o modelo de negociação do conhecimento inviável, já que este pode perder seu foco principal no decorrer de uma atividade com discussões que não levem a nenhum resultado concreto. Com isto, é necessário encontrar um meio termo no qual organização e objetividade aliados a liberdade de expressão e opinião encaminhe a um resultado satisfatório, levando em consideração as diferenças entre os modelos de negociação do conhecimento e de votação. Um processo de negociação envolve também uma organização, ou disposição de como as atividades devem ser consideradas para a construção do conhecimento pelos participantes (STAHL, 2002).

Vygotsky e Cole (1998) mencionam que a capacidade de desenvolvimento demonstrada por alunos em situações individuais são completamente diferente das obtidas da apresentada quando a colaboração se mostrou presente. Esta diferença, conforme citado por Vygotsky, consiste no conceito de “zona de desenvolvimento proximal” sendo a medida das diferenças entre as duas capacidades, ou seja, isto significa que se torna complexo obter uma medida da aprendizagem, seja ela individual ou de maneira colaborativa, uma vez que é necessário se conhecer a maneira como foi construído o conhecimento, sendo necessário registrar as interações realizadas durante as interações colaborativas entre aprendizes e professores (STAHL, 2006). Para tanto, a construção de ferramentas para tal medida torna-se complexa, sendo de vital importância a utilização de componentes e artefatos gráficos, complementados com a análise do raciocínio diagramático utilizado para a construção de conhecimento para que se tenha uma visão macro de todo o processo de interações.

2.3 Raciocínio Diagramático

O antigo provérbio Chinês “uma imagem vale mais que mil palavras” descreve de maneira coesa a extensa capacidade que as imagens e diagramas possuem de expressar conhecimento, fazendo destas uma forma simples de registrar e manipular o conhecimento. Áreas como a psicologia e engenharia fazem uso em massa de diagramas e outros tipos de imagens para solucionar problemas. Alguns cientistas e matemáticos famosos, dentre estes

Einstein e Hadamard, citam que o pensamento humano não é realizado “por meio de palavras” mas sim por meio de imagens e diagramas (GLASGOW et al., 1995).

Lima (2004) menciona que uma das principais funções da mente consiste em interpretar informações adquiridas obtendo-se assim significados que são transformados em conhecimento, sendo que esta tarefa se torna mais fácil quando as informações são apresentadas em formato gráfico. O processo de utilização de imagens para a solução de problemas é algo comum para o ser humano uma vez que, o que é realizado no cérebro humano consiste no processo de aquisição e inferência de conhecimento sobre uma imagem capturada pela retina dos olhos de uma pessoa. Tal processo começa a ser realizado desde o nascimento de uma criança e é realizado a todo o instante e incessantemente em um curto espaço de tempo de maneira imperceptível.

Com isso, surge um grande desafio para os especialistas em IA, que consiste em se obter um raciocínio sobre uma imagem, ou sobre sua diagramação, que explicita a organização e disposição de artefatos em uma imagem, e seu conteúdo (GLASGOW et al., 1995). O campo da representação diagramática dos dados e conhecimento além do raciocínio diagramático tem se tornado uma das áreas de pesquisa que mais cresce na pesquisa em IA e em campos relacionados à informática e ciências cognitivas, uma vez que trata e está presente em todo o processo realizado na construção do conhecimento (JAMNIK et al, 1996).

Segundo Vygotsky, o processo de construção do conhecimento trata-se de uma complexa dinâmica interativa, na qual a relação homem-mundo é uma relação mediada por sistemas simbólicos. Vygotsky e Cole (1998) mencionam que ao longo do processo de desenvolvimento, o indivíduo deixa de necessitar de analogias externas e passa a utilizar signos internos, no caso imagens adquiridas anteriormente, que se constituem nas representações mentais, e que substituem os objetos do mundo real. Os signos internalizados são como marcas exteriores, elementos que representam objetos, eventos, situações, logo, possuem um significado (FREITAS, 2006).

A linguagem, imagens e ações são transformadas em representações mentais e são ao mesmo tempo, elementos indispensáveis para a existência das representações mentais. Trata-se da complexa trama que se insere na construção do conhecimento. As representações mentais de imagens expressam estruturas espaciais características da percepção visual. Para Jamnik et al. (1996), tudo inicia com a imagem, sendo estas representações passíveis de expressar informações contínuas ou espaciais, constituindo assim a memória visual.

Glasgow et al., (1995) cita que a melhor maneira de se obter uma real mensuração das vantagens da utilização de imagens como forma de expressar o conhecimento, consiste em

uma comparação entre representações diagramáticas (imagens), e não diagramáticas (linguagem natural), usando para esta comparação um sistema de processamento de informações. Ambas as representações são armazenadas como representações internas, ou seja, armazenadas no cérebro dos seres humanos e ou em representações externas, gravadas em papéis, quadro negro ou algum outro meio de armazenamento.

Uma representação sentencial consiste em uma base um-para-um, no qual cada expressão da sentença corresponde a um elemento em linguagem natural que descreve o problema, tratando-se de uma tradução direta em uma simples linguagem formal para seu correspondente em uma sentença em uma linguagem natural. Em uma representação diagramática em uma base um-para-um, os componentes que compõem um diagrama descrevem um problema, desta maneira cada expressão está armazenada em um componente em particular do diagrama, incluindo informações relevantes como o relacionamento entre componentes adjacentes (GLASGOW et al., 1995).

Assim é importante mencionar que a diferença fundamental entre os diagramas e as representações sentenciais, está na capacidade que as representações diagramáticas possuem de preservar explicitamente a informação topológica e relações geométricas entre os componentes de um problema, enquanto as representações sentenciais já apresentam algumas limitações quanto à manutenção de tais características, porém sendo possível a manutenção de relacionamentos temporais ou lógicos entre seus componentes (GLASGOW et al., 1995).

Uma representação diagramática consiste na combinação de uma estrutura de dados e algum programa operando sobre esta estrutura, capaz de tornar possível se fazer inferências a partir dos dados armazenados na estrutura de dados. Uma estrutura de dados consiste em uma estrutura de vértices e relacionamentos com valores para os respectivos pares. Os programas mencionados são representados como sistemas de produção, no qual cada instrução tem a forma expressa por $C \rightarrow A$, no qual uma condição C está associada a uma ação A . No caso, as condições são testes aplicados sobre partes dos dados contidos sobre as estruturas de dados e as ações são executadas, uma vez que, estes testes sejam satisfeitos pelos dados contidos na estrutura de dados. As ações modificam as estruturas de dados como, por exemplo, guardando inferências hora realizadas (GLASGOW et al., 1995).

Porém é de suma importância para controle das estruturas de dados que compõem uma representação, que seja mantida uma atenção gerencial do sistema de maneira a determinar o que é correto e que procedimentos devem ser realizados em eventuais situações. Isto se torna mais claro quando, por exemplo, na construção de conhecimento sobre representações

diagramáticas, um relacionamento entre vértices da estrutura é realizado de maneira inadequada (JAMNIK et al, 1996).

Resumidamente a eficiência computacional de uma representação depende no geral de três fatores, sendo eles: estrutura de dados, programa de operação e atenção gerencial, levando sempre em consideração como estes funcionarão conjuntamente. Assim, um diagrama ou uma representação para serem mais eficientes que 1.000 palavras dependem de como suas informações estão disponíveis para sua recuperação nas estruturas de dados, bem como para sua re-cognição, relevante para posteriores inferências sobre a informação (SIMON, 1978).

Segundo Larkin e Simon (1995) os diagramas apresentam maior poder de representação que a descrição verbal para solução de problemas. Isso devido a alguns aspectos que são considerados um divisor de águas entre estes modelos de representação de conhecimento, sendo eles:

1. Diagramas podem agrupar toda a informação que é usada por grupos de indivíduos, em representação única, evitando assim grandes quantidades de busca por elementos em que se necessita fazer uma inferência para se resolver um problema, além de evitar a necessidade de combinação de rótulos textuais como existem em uma descrição verbal;
2. diagramas automaticamente suportam um grande número de inferências perceptuais e re-cognições, sendo que tais inferências e re-cognição são extremamente simples e fáceis de serem realizadas pelos seres humanos, tornando esta ferramenta popular;
3. a indexação de informação em diagramas fazem com que tais ferramentas sejam interessantes e poderosas do ponto de vista de processos computacionais, porém sendo sempre interessante mencionar a necessidade de se preservar a maneira como estes foram concebidos.

Miller (1956) menciona que a característica central da inteligência humana consiste no limite existente na memória de curto prazo. Para tanto, a utilização dos diagramas cria um papel intermediário entre homens e resultados finais aumentando a capacidade de recuperação e re-cognição do conhecimento e informação. Com a utilização de diagramas a solução dos problemas passa a ser concretizada de maneira progressiva, com o registro das interações a cada momento, o que possibilita futuras inspeções se necessário e com isso a reavaliação de possíveis equívocos e novas soluções aos problemas lançados e registrados. As imagens e

diagramas representam muito mais informação que a apresentada explicitamente, no qual a compreensão de um diagrama não é um processo passivo de absorção do que está claramente apresentado no diagrama, mas é um processo ativo de inferência do modelo construído.

Segundo Moreira (1993) a mente humana tende a estruturar e internalizar o conhecimento a partir das idéias mais abrangentes. Assim, é mais sensato organizar as estruturas de dados na forma de redes e estas são muito mais próximas dos processos e estruturas do pensamento do que um texto linear como mencionado por GLASGOW et al. (1995). Moreira (1993) mencionar que: “[...] o raciocínio desenvolvesse através da mudança e do salto de uma idéia para outra, seguindo um processo de livre associação de idéias, refletindo formas e formatos das ligações orgânicas entre as próprias células do cérebro”.

Como o raciocínio humano que trabalha com a internalização do conhecimento, a criação de ancoras ou *links* mentais, através de representações mentais, podem ser realizadas por representações gráficas que denotem algum conhecimento do mundo para computadores em sua maioria organizada na forma de redes de conhecimento. Todo esse conhecimento pode ser vinculado a representações gráficas consistentes e formais, que são expressas por meio da utilização de linguagens de representação de conhecimento que serão tratadas no decorrer deste trabalho.

2.4 Representação de Conhecimento

Uma parte importante no processo de construção de conhecimento consiste na escolha e utilização de um método para tal representação. A proposta inicialmente lançada por Alan Turing, quanto à construção de máquinas que pudessem pensar (Inteligência Artificial), realizando as mesmas funções desempenhadas pela mente humana deu impulso à ciência da cognição (CORRADI et al, 2001). A representação do conhecimento deve refletir um processo cognitivo humano, registrando a percepção, classificação e criação de conhecimentos, possibilitando a construção de unidades de conhecimento, compostas de declarações sobre um item específico de referência representado por uma forma.

Um importante aspecto que pode ser considerado sobre a cognição é que está é identificada como processo e produto de representações do conhecimento. Os cientistas cognitivos buscam através de técnicas, analisar os processos mentais dos seres humanos organizando todo o conhecimento e conceitos adquiridos, além de processar e executar comportamentos de forma a solucionar problemas vinculados a informações sobre o raciocínio humano, sendo que este conjunto de procedimentos são fases ligadas ao processo

de construção do conhecimento humano (CORRADI et al, 2001). Estas técnicas vêm sendo aplicadas com a finalidade de se obter uma resposta que é disponibilizada na memória denominada operacional, que corresponde ao que os cientistas chamam de representação. Assim, pode-se entender uma representação como sendo uma forma de compreender uma situação e dar um significado a ela.

Dentre estes esforços técnicos na área da ciência cognitiva e IA, existem diversas possibilidades para a representação de conhecimento, no caso as linguagens de representações se apresentam como uma alternativa interessante para construção de sistemas computacionais que visam além de representar o conhecimento, possibilitar a organização, armazenamento, recuperação e inferência do conhecimento.

Estas linguagens são tentativas de simular o funcionamento interno do cérebro humano, bem como suas interconexões, sendo importantes ferramentas na busca pela compreensão da mente e suas capacidades, além da evolução do processo de assimilação cognitiva por parte de *software*. Uma linguagem de representação deve levar em consideração características oriundas do contexto e peculiaridades de cada sistema, além de expressar de forma clara e coesa, fazendo com que o resultado seja além de completo o mais eficiente possível (CORRADI et al, 2001).

Diversos autores mencionam que a utilização da lógica seria o suficiente para representar qualquer tipo de conhecimento, porém além da capacidade de uma melhor expressão, legibilidade por parte dos usuários, facilidade de uso, eficiência e a necessidade de em muitos casos expressar conhecimento incerto e incompleto, abriram caminho para o aparecimento e desenvolvimento de formalismos para a representação de conhecimento, que são apresentados no decorrer do trabalho.

2.4.1 Redes Semânticas

O formalismo das redes semânticas foi proposto por M. R. Quillian em 1968 em (QUILLIAN, 1968) sendo que esta representou a primeira tentativa de se fornecer uma representação do conhecimento baseado nos significados das palavras, sendo a base para outras linguagens de representação conhecidas como grafos conceituais, mapas conceituais, *frames*, redes neurais e redes de petri. É válido mencionar que as origens das redes semânticas são bastante antigas, sendo explorada por ciências como filosofia, psicologia e lingüística (CORRADI et al, 2001).

Uma rede semântica é uma notação gráfica composta por vértices (nós) interconectados por arestas (arcos), sendo muito utilizada para a representação do conhecimento, além de ferramenta de suporte para sistemas automatizados de inferências sobre o conhecimento. Os vértices de uma rede semântica geralmente representam objetos e conceitos e as arestas relações binárias entre objetos (SOWA, 2006). As redes semânticas são grafos orientados que podem ser representados como $G=(V,E)$, onde V representa o conjunto de vértices e E o conjunto de arestas (*edges*) (PREISS, 2000), conforme demonstrado graficamente na Figura 2, que apresenta um exemplo de uma rede semântica.

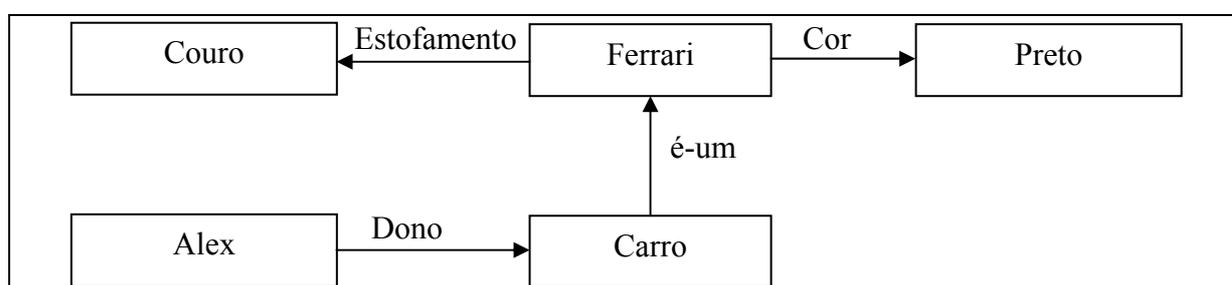


Figura 2. Exemplo de uma rede semântica.

Quillian (1968) propõe em seu artigo a utilização do formalismo de vértices e arestas para a representação do conhecimento, propondo para tal um modelo computacional da memória humana chamada de memória semântica (BITTENCOURT, 2007). Segundo Sowa (1992) as redes semânticas podem ser divididas em:

- Redes de definição: estes tipos de redes enfatizam a relação do tipo “é-um” “é-parte” entre dois conceitos. No caso, a rede passa a ser regida pela regra da herança no qual as propriedades são especificadas apenas uma vez, no mais alto nível de uma hierarquia de conceitos existentes na rede, sendo herdadas por todos os conceitos de mais baixo nível, implicando em uma economia de memória. Redes de definição são verdadeiras por definição, sendo que toda informação contida na rede é geralmente assumida como verdadeira. As demais arestas encontradas em uma rede semântica são específicas do domínio e representam propriedades de conceitos, sendo chamados de traços;
- Redes de asserção: são redes desenvolvidas para garantir a utilização de proposições lógicas, na qual a informação em uma rede de asserção é considerada verdadeira, até que seja explicitamente marcada como a negação de um operador. Estas redes conseguem representar apenas dois tipos de operadores: operadores de “conjunção” \wedge e operadores de “existência” \exists .

- Redes de implicação: são redes que utilizam a implicação com principal relação para conexão de vértices, sendo que dependendo da interpretação, estas redes podem ser vistas como redes de crenças e redes bayesianas, envolvendo valores de probabilidade nas relações. Assim, podem ser utilizadas para representar padrões de crenças, causalidades, ou inferências;
- Redes executáveis: essas redes se utilizam de alguns mecanismos para execução de inferências, passagem de mensagens, ou busca por padrões e associações, permitindo a alteração de maneira dinâmica da própria rede;
- Redes de aprendizado: é denominada de aprendizado devido a sua capacidade de construir ou estender sua representação através da aquisição e remoção de conhecimento. A antiga rede é alterada pela adição e remoção de arestas e vértices, ou pela alteração de valores associados aos vértices e arestas;
- Redes híbridas: são redes que combinam duas ou mais das redes supra mencionadas.

Assim, as redes semânticas podem ser utilizadas para definir um conjunto heterogêneo de sistemas (BITTENCOURT, 2007). Além da representação é possível se extrair conhecimento das redes semânticas, ou seja, responder e realizar inferência a partir de perguntas seguindo a estrutura de uma rede semântica. Um exemplo de uma rede semântica é o problema clássico da “Cor de Clyde” apresentado na Figura 3.

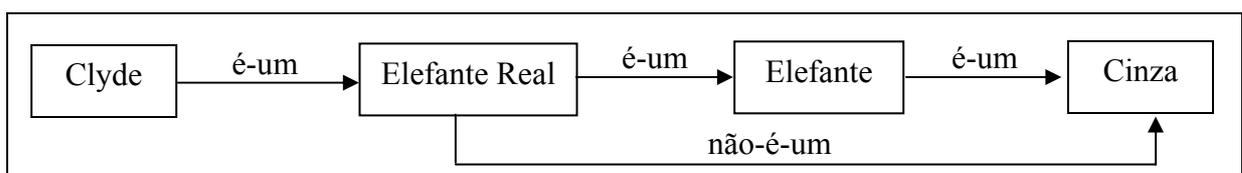


Figura 3. Rede semântica do problema da “Cor de Clyde”.

Seguindo a estrutura da rede semântica apresentada na Figura 3, seria possível recuperar informações referentes ao contexto, no qual “Clyde” é considerado um “Elefante Real”. Porém, o problema da “Cor de Clyde” também explicita um dos problemas das redes semânticas que consiste nos problemas decorrentes do uso de múltipla herança e arcos de exceção. Conforme apresentado anteriormente, as redes de definição que regem a estratégia de herança, em que propriedades ligadas a conceitos mais específicos passam ter prioridade, fazem com que no caso, Clyde passe a ser considerado não Cinza, pois na rede da Figura 3, “Elefante Real” é mais específico que “Elefante”.

Entretanto, esta estrutura pode se tornar complexa dependendo do tamanho das redes fazendo com que esta percepção passe a não ser tão intuitiva. Bittencourt (2007) menciona que a estrutura existente nas redes semânticas é bastante similar a dos *frames*, porém esta se desfaz a partir do momento que as extensões das redes semânticas passam a atuar, como por exemplo, em uma rede de asserção no qual existem proposições lógicas e redes aninhadas que explicitam mais informações sobre as proposições.

Além disso, a capacidade de expressão obtida com a utilização de tais representações é, em muitos casos, superior à conseguida pela lógica de primeira ordem. Outro aspecto positivo quanto às redes semânticas consiste na possibilidade do armazenamento do formalismo das redes, análogo a representação gráfica existente, possibilitando consultas e aceções a novos conhecimentos, sendo acessados a partir de regras através de padrões (BITTENCOURT, 2007), sendo que os comandos são apresentados na Figura 4.

```

<command> ::=
(snet-query <query>) | (snet-store <store>) | (snet-list)

<pattern> ::=
(snet{<query>}) | (snet{<store>})

<store> ::=
(<node>) | (<node><node>[<edge>]) | (<node><node>[not. <edge>]) | (off <node>) |
(off(<node><node>[<edge>])) | (off(<node><node>[not. <edge>]))

<query> ::=
(snet(<node><node>[edge]))

<snet> ::=
<variable> | <symbol>

<node> ::=
<variable> | <symbol>

<edge> ::=
<variable> | <symbol> | (not.<variable>) | (not.<symbol>)

```

Figura 4. Representação lógica das redes semânticas (BITTENCOURT, 2007).

Assim, é possível se realizar o armazenamento da rede semântica apresentada na Figura 3, que corresponde ao problema “Cor de Clyde”, bem como consultas e a realização de inferência sobre a representação lógica explicitada na Figura 5.

```

(snet-store '(color (clyde real e-um)
                  (real elefante e-um)
                  (elefante cinza e-um)
                  (real cinza (not . e-um))))

```

Figura 5. Representação lógica da rede semântica apresentada na Figura 3 (BITTENCOURT, 2007).

Apesar de grandes vantagens conseguidas com a utilização das redes semânticas como a facilidade de representação e compreensão de conhecimento, algumas limitações são percebidas quanto ao conceito relacionado a redes semânticas, como por exemplo, a falta de padrões e consistência nas relações e conceitos, dificultando a compreensão e interpretação das redes semânticas. Assim, diversos novos formalismos surgiram baseados nos conceitos de redes semânticas, dentre estes podem ser citados ontologias, mapas conceituais e grafos conceituais mencionados a seguir.

2.4.2 Grafos Conceituais

Um grafo conceitual é uma linguagem formal de representação do conhecimento desenvolvida por John F. Sowa, baseado nos trabalhos de Charles Sanders Peirce sobre grafos existenciais e nas redes semânticas da Inteligência Artificial. Estes por sua vez, são capazes de expressar de forma logicamente precisa, o conhecimento de maneira a serem interpretados tanto por homens como por máquinas (SOWA, 2006).

Segundo Sowa (2006), a partir de um mapeamento direto para uma linguagem, os grafos conceituais servem como uma linguagem intermediária para a tradução de formalismos utilizados pelos computadores e linguagens naturais, sendo representações gráficas legíveis aos seres humanos, mas com todo um *design* formal e linguagem de especificação. Estes têm sido implementados em uma variedade de projetos para diversos fins, dentre eles: recuperação de informação, design de banco de dados, sistemas especialistas e no processamento de linguagem natural.

Petersen (2004) menciona que os grafos conceituais são particularmente formas apropriadas para a representação de significados. Um grafo conceitual é um grafo ou uma rede que contém dois tipos de vértices, os conceitos e as relações. Este por sua vez possui arcos entre os vértices, sendo que estes arcos são diretos e indicam o sentido da interpretação através de setas. Os grafos conceituais podem ser expressos de duas formas: notação linear e notação gráfica. A notação linear recebe esta denominação devido a utilizar apenas a maneira textual para se obter um grafo conceitual, conforme é apresentado na Figura 6.

1 [Graph: {*}] ->(Attr) ->[Conceptual]
--

Figura 6. Grafo Conceitual na notação linear.

Como pode ser observado na Figura 6, os conceitos na notação textual são apresentados entre chaves, enquanto as relações são apresentadas entre parênteses. Na notação gráfica os conceitos são desenhados em retângulos enquanto os relacionamentos são desenhados na forma oval, como demonstrado abaixo na Figura 7. Dentro da representação gráfica dos conceitos e relacionamentos são definidos os rótulos que designam o tipo de conceito e relação (SOWA, 2006).

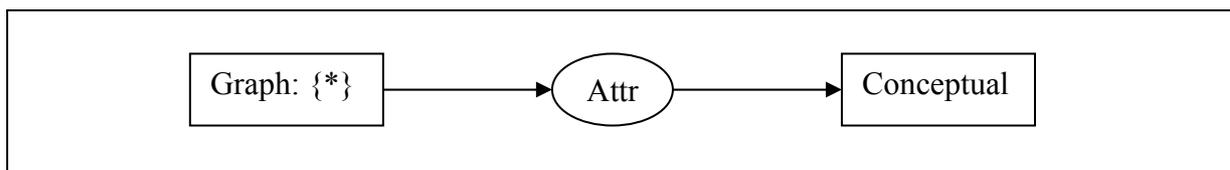


Figura 7. Grafo Conceitual na notação gráfica.

Sowa (2006) menciona que os grafos conceituais possuem duas finalidades. A primeira consiste na utilização para representação de significado e conhecimento da linguagem natural. A segunda consiste na edificação de estruturas abstratas de conhecimento que servem como modelos criando uma relação estreita entre representação e teoria.

Ainda segundo Sowa (2006) os grafos conceituais são freqüentemente utilizados para representação de conhecimento, sendo um tipo de rede semântica expandida. O grafo conceitual apresentado na Figura 8 ilustra a sentença “*John is going to Boston by bus*” e algumas características da notação dos grafos conceituais, no qual:

- Alguns conceitos são genéricos: Este tipo de conceito representa um conjunto genérico e mais amplo, e tem somente o rótulo que o identifica dentro da representação gráfica, por exemplo, o conceito “*Go*” que representa a ação de ir de qualquer pessoa ou mesmo o conceito “*Bus*” que faz referência a qualquer ônibus genericamente;
- Outros conceitos são individuais ou específicos: Conceitos deste tipo são específicos e representam um determinado conceito, que são identificados com a utilização de cores, ou mesmo, dos rótulos dos conceitos seguidos de elementos que os tornam individuais como marcas identificadoras, por exemplo, o conceito “*Person: John*” que representa uma determinada pessoa chamada John e o conceito “*City: Boston*” que representa a cidade de Boston, como na Figura 8.

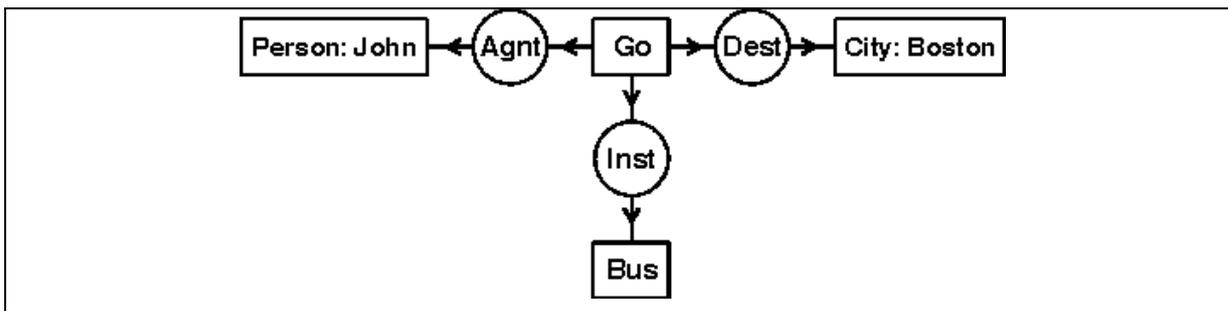


Figura 8. Características da notação dos grafos conceituais (SOWA, 2006).

Diversas possibilidades podem ser exploradas sobre os grafos conceituais, além de representarem conhecimento, podem responder a perguntas navegando por sua estrutura, ou mesmo, a inferência sobre os conceitos existentes, no qual, por exemplo, a partir da Figura 8 ilustrada acima, poderia se abstrair novas sentenças. A notação linear para o grafo conceitual da Figura 8 é apresentada na Figura 9.

```
[Go]-
  (Agnt)->[Person: John]
  (Dest)->[City: Boston]
  (Inst)->[Bus].
```

Figura 9. Notação linear do grafo conceitual apresentado na Figura 8.

Uma das características que tornam os grafos conceituais diferenciados consiste na possibilidade da construção de representações lógicas das representações gráficas. A ISO nnn-n especifica a sintaxe e a semântica de grafos conceituais e de sua representação lógica de primeira ordem, que dá suporte a leitura, processamento e intercâmbio de informações dos grafos entre máquinas, denominada de *Conceptual Graph Interchange Form* (Forma de Intercâmbio dos Grafos Conceitual ou CGIF).

Sowa (2006) define a CGIF como uma representação para os grafos conceituais que se pretende transmitir através de redes ou mesmo entre sistemas de tecnologias da informação que diferem em suas representações internas bem como linguagens. A Figura 10 ilustra a representação lógica para interpretação por máquinas da Figura 8 e 9, através da utilização do CGIF.

```
[Go *x] (Agnt ?x [Person: John]) (Dest ?x [City: Boston]) (Inst ?x [Bus])
```

Figura 10. Representação lógica utilizando a CGIF das Figuras 8 e 9.

Descrevendo a Figura 10, pode-se notar que o conceito [Go] é sucedido da indicação de que existem conceitos genéricos que é indicado por *x, que no caso são os conceitos de relação (Agnt), (Dest) e (Inst) e sem que se fosse feita nenhuma distinção entre eles. Estes são sucedidos da indicação ?x que sinaliza a existência de outros conceitos, porém desta vez individuais a cada conceito de relação como [Person: John], [City: Boston] e [Bus]. Outra forma de intercâmbio de informações contidas em grafos conceituais seria a utilização da KIF (*Knowledge Interchange Format*) que é um formato mais próximo da lógica convencional de primeira ordem, sendo que é apresentada na Figura 11.

```
(exists ((?x Go) (?y Person) (?z City) (?w Bus))
  (and (Name ?y John) (Name ?z Boston)
    (Agnt ?x ?y) (Dest ?x ?z) (Inst ?x ?w)))
```

Figura 11. Representação lógica utilizando a KIF.

Embora todos os formalismos e representações até aqui apresentados para os grafos conceituais pareçam diferentes, suas semânticas são definidas pelos mesmos fundamentos lógicos. Toda a informação semântica expressa em qualquer um destes formalismos pode ser traduzida a outro sem a perda ou a distorção da informação. Porém através de formatações e aplicações de estilos aos grafos conceituais podem, entretanto comprometer suas representações, sendo perdidas informações nas traduções entre os formalismos e representações lógicas.

2.4.3 Ontologias

Diversos trabalhos na área de Inteligência Artificial vêm fazendo uso de ontologias como uma maneira formal de especificar informações conceituais de um domínio, compartilhando e reutilizando o conhecimento, levando a tona aspectos cognitivos relacionados ao contexto de diversos domínios. O conceito de ontologia tem sido utilizado sob muitos aspectos e adotado de acordo com o contexto utilizado em cada caso em particular. Assim, uma ontologia corresponde, a uma representação de algum domínio no qual, a partir de seus conceitos abstratos e a forma como esses conceitos se relacionam entre si se possa obter uma idéia do todo.

O termo ontologia se originou da filosofia dos trabalhos de Aristóteles, sendo um ramo que lida com a natureza e a organização do ser, no qual tentam responder a questões como, “O que é um ser?” ou “Quais são as características comuns a todos os seres” (MAEDCHE; STAAB, 2002). Definida as origens da ontologia pode-se dizer então que esta consiste em um

modelo consensual do mundo, no sentido de que é reconhecido da mesma forma por um grupo de pessoas e que, por ser um modelo, não faz referência às suas instâncias, assim, ontologias podem ser vistas como modelos de dados, como estruturas de conceitos das bases de conhecimento (NOVELLO, 2004). Segundo Perez e Benjamins (1999): “[...] ontologias fornecem um vocabulário comum de uma área e define - com níveis diferentes de formalismos - o significado dos termos e dos relacionamentos entre eles”.

Em uma ontologia, diversas definições estão associadas aos nomes de entidades no universo em discurso (conceitos, relações, funções). Assim, o uso de ontologias tem como objetivo capturar o conhecimento declarativo de algum domínio e fornecer uma compreensão sobre este, possibilitando a reutilização e o compartilhamento através de aplicações em grupos. A Figura 12 ilustra a ontologia de um domínio relacionado a circuitos eletrônicos.

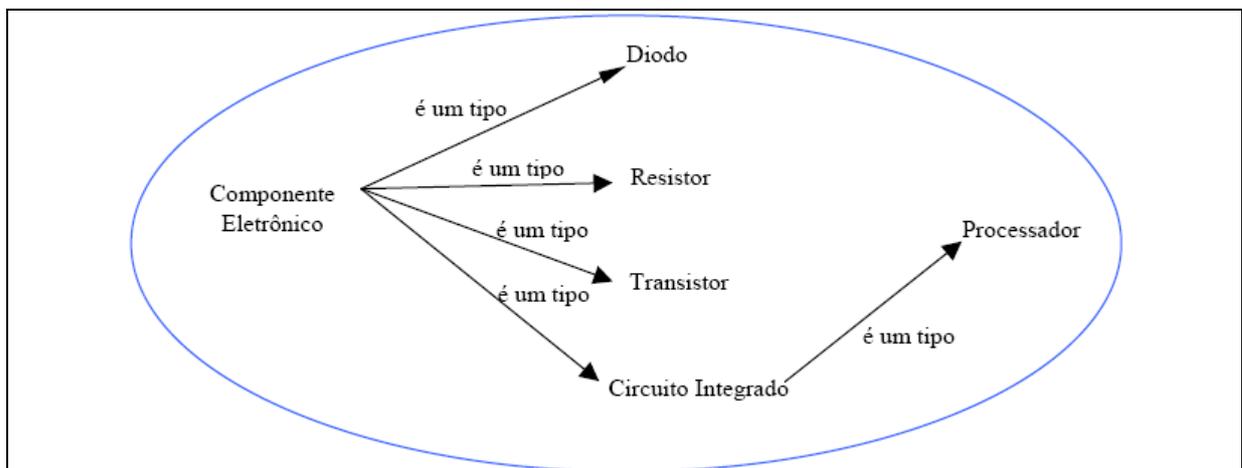


Figura 12. Ontologia do domínio de circuitos eletrônicos.

Pode se afirmar então que a definição de uma estrutura de uma ontologia é formada pelos seguintes componentes (NOVELLO, 2004):

1. Conjunto de conceitos uma hierarquia: conceitos e hierarquia natural entre os conceitos que compõem uma ontologia, que podem ser abstratos, concretos, elementares, compostos, reais ou fictícios;
2. Conjunto de relacionamentos: relacionamentos comuns entre os conceitos de uma ontologia;
3. Conjunto de funções: relacionamentos especiais únicos com outros elementos da ontologia;
4. Conjunto de axiomas: regras aplicadas na ontologia que necessariamente são sempre verdadeiras;
5. Conjunto de instâncias: conhecimento prévio existente na ontologia.

Ontologias são utilizadas em diversas aplicações para variados fins, como por exemplo, sistemas de gestão de conhecimento, geração de linguagem natural, modelagem de sistemas de conhecimento e módulos de interoperabilidade entre sistemas, além da integração de bancos de dados e *data warehouse* e ultimamente na web-semântica uma proposta de organização da Web pelo consórcio W3C. Diante disto, as ontologias tornam-se úteis para a modelagem de estruturas de informações que descrevam um problema em questão, bem como, a comunicação entre sistemas, possuindo axiomas, ou seja, regras inerentes ao domínio em questão (GRUBER, 1993).

Além da definição da estrutura apresentada anteriormente, as ontologias podem ser classificadas quanto ao nível de generalização, sendo propostos quatro tipos, dos mais genéricos aos menos (MAEDCHE; STAAB, 2002):

- De alto-nível: Descrevem conceitos mais gerais, sendo na maioria das vezes independentes de um domínio em particular, compartilhado por grandes comunidades de usuários;
- De domínio: Descrevem vocabulários relacionados a um domínio genérico, porém acrescentando conceitos mais específicos sobre ontologias de alto-nível;
- De tarefa: Descrevem vocabulários genéricos de uma atividade ou tarefa em específico, introduzidos sobre ontologias de alto-nível;
- De aplicação: São ontologias que descrevem vocabulários mais específicos utilizados dentro de aplicações, especializando o conceito das ontologias de domínio e tarefa.

Pode-se observar que as ontologias denominadas de alto-nível, são as que possuem maior possibilidade de reuso, devido ao fato de definir conceitos de maneira mais genérica, enquanto as ontologias definidas como de aplicação possuem menor possibilidade de reuso, pois definem conceitos relativos a uma aplicação, sendo mais específicas.

Para a construção de ontologias diversas outras abordagens podem ser levadas em consideração contribuindo para representação de um contexto, como redes semânticas e grafos conceituais, que foram apresentadas no decorrer do trabalho. De fato, ontologias podem ser pré-construídas com a utilização de outras linguagens de representação, sendo construídos domínios restritos a partir de uma idéia inicial, que possibilita a reutilização e podem desempenhar um papel fundamental como fornecedoras de conhecimento para a inferência sobre as ontologias (MAEDCHE; STAAB, 2002).

Dentro do contexto de esforços para a popularização e compartilhamento de conhecimento, o projeto KSE (*Knowledge Sharing Effort*) tem contribuído, uma vez que fornece acesso a um banco de ontologias para uma padronização de contextos comuns. Outra característica que torna a utilização das ontologias vantajosa consiste na possibilidade de utilização de diversos formalismos lógicos para representação de forma que estas sejam legíveis, possibilitando o processamento, bem como inferência por parte das máquinas (MAEDCHE; STAAB, 2002).

Assim como nos grafos conceituais é possível a utilização da KIF para representar conhecimento de ontologias na forma de lógica de 1ª ordem com cálculo de predicados. Outra possibilidade é a utilização da KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) bem como da OWL (*Web Ontology Language*) que consiste em uma linguagem de ontologias para a Web (MAEDCHE; STAAB, 2002).

Diversos ambientes podem ser utilizados para a construção de ontologias. Dentre estes podem ser citados o Protegé 2000, que é um ambiente interativo de código aberto para criação de ontologias através de uma interface gráfica fornecendo uma arquitetura para a criação de ferramentas baseadas em conhecimento. Outro ambiente para a criação de ontologias consiste no WebOnto, que possibilita a navegação, criação e edição de ontologias, além de permitir o gerenciamento de ontologias por meio de interface gráfica, disponibilizando a possibilidade de trabalhos cooperativos.

Porém, o processo de construção de ontologias ainda se encontra em um estado pouco desenvolvido, no qual a grande maioria dos desenvolvedores usa seus próprios critérios no processo de desenvolvimento de uma ontologia, faltando a definição de uma metodologia, fazendo com que estas ontologias sejam soluções isoladas que descrevem especificamente os conceitos relacionados ao contexto da aplicação. Ademais, como ferramenta de representação de conhecimento, os maiores esforços vinculados à utilização de ontologias nos últimos anos estão relacionados a pesquisas quanto a web-semântica.

2.4.4 Mapas Conceituais

Mapa Conceitual trata-se de uma técnica desenvolvida por John Novak (NOVAK, 1977) e seus colaboradores na Universidade de Cornell, EUA, sendo utilizados como uma linguagem para descrição e comunicação de conceitos sobre um domínio. Estes se baseiam na teoria cognitiva de aprendizagem de David Ausubel (AUSUBEL, 1968), porém este, nunca

mencionou em seus estudos a utilização de mapas conceituais em sua teoria (MOREIRA, 1993).

Porém, o conceito essencial da teoria de aprendizagem de Ausubel é o de uma aprendizagem significativa, no qual os mapas conceituais se baseiam. Ausubel em seus trabalhos menciona que a aprendizagem torna-se significativa a partir do momento que uma nova informação, no caso um conceito, idéia ou proposição, passam a assumir algum significado para o estudante (SAKAGUTI, 2004).

Todo este processo é aliado a todos os conceitos cognitivos existentes relacionados ao contexto, tornando estas estruturas de conhecimento mais amplas, abrangentes e ao mesmo tempo mais complexas, modificando tanto o conhecimento prévio quanto à nova informação. Desta forma, se tem uma estrutura cognitiva que está em constante processo de mutação durante toda a aprendizagem (SAKAGUTI, 2004).

Segundo Lima (2004) um mapa conceitual consiste em uma representação que descreve a relação das idéias do pensamento, relação esta pré-adquirida ao longo do processo de aprendizagem na construção do conhecimento, que vai com o tempo sendo arquivada na memória. O mapa conceitual pode estar também relacionado na literatura com termos como estrutura do conhecimento, estrutura cognitiva, mapa cognitivo, mapa mental, mapa da Web ou mesmo rede semântica mencionada anteriormente, porém com diferenças consideráveis como a liberdade para a descrição dos relacionamentos.

Seguindo a mesma linha de raciocínio citada por Lima (2004) acima, Sherratt e Schlabach (1990) descrevem os mapas conceituais de como:

O mapa conceitual envolve a identificação de conceitos ou idéias pertencentes a um assunto, e a descrição das relações existentes entre essas idéias na forma de um desenho esquemático. O objetivo deste mapa é representar a compreensão de um indivíduo sobre um corpo de conhecimento e ilustrar as relações entre as idéias que são significativas para este indivíduo.

Novak (1998) menciona que nos últimos séculos tanto teoria quanto práticas de educação têm sido influenciadas por uma visão psicológica comportamental, sendo que é possível se perceber uma mudança comportamental nos resultados obtidos com a utilização de técnicas que se baseiam na aquisição de conhecimento por meio de significados através de experiências. Segundo Moreira e Buchweitz (1993) mapas conceituais consistem em uma técnica flexível abrindo espaço para utilização nas mais diversas situações e finalidades, como por exemplo, análise de currículo, técnicas de didática, como recurso de aprendizagem e meio para avaliação.

Assim, os mapas conceituais representam uma estrutura que vai desde os conceitos mais abrangentes até os menos inclusivos, utilizados para auxiliar a ordenação e a seqüenciação hierarquizada dos conteúdos. Os mapas conceituais tornam-se boas ferramentas a serem utilizadas de maneira colaborativa no ensino, uma vez que estas possibilitam o chamado “princípio da diferenciação sucessiva”, em que os conceitos mais gerais vão sendo especificados, e de acordo com a especificação, alguns são descritos de formas diferentes por indivíduos diferentes, graças à seqüência hierarquizada mencionada anteriormente (AMORETTI & TAROUCO, 2000).

Com isto, demonstram ser uma boa maneira para a organização e absorção de conhecimento, sendo que a construção destes em conjunto auxilia na aquisição de novos conceitos por grupos envolvidos nas atividades colaborativas. Os mapas conceituais são considerados facilitadores em sistemas geograficamente distribuídos devido a seu poder de expressão (PRIKLADNICKI, 2007). Segundo Novak (1998) os mapas conceituais são grafos compostos por vértices e arcos entre pares de conceitos (vértices), sendo organizados de maneira semelhante às linguagens de representação do conhecimento mencionadas até aqui no trabalho para a representação de conhecimento na forma de preposição. No caso, uma preposição consiste em dois ou mais conceitos ligados por palavras em uma unidade semântica.

Os vértices são os termos ou conceitos importantes sobre determinado assunto e estes são desenhados com círculos a sua volta. As relações são expressas por linhas com termos que expressam como ou de que maneira os vértices estão relacionados, além de em muitos casos denota a hierarquia envolvendo esta relação (SHAVELSON et al., 1994). Na Figura 13 é apresentado um exemplo da utilização dos mapas conceituais na construção de conhecimento sobre um determinado domínio.

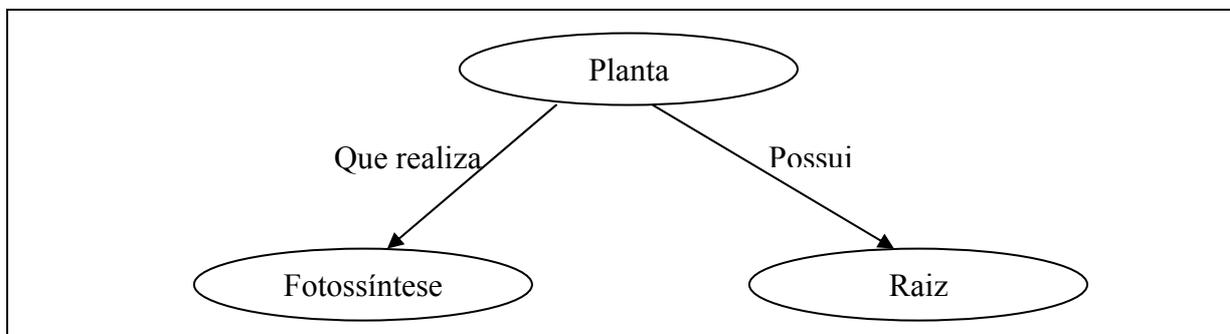


Figura 13. Vértices e relacionamentos em um mapa conceitual.

Sakaguti (2004) cita os conceitos como unidades básicas para a representação de conhecimento, referindo-se a estes como notações semânticas de objetos no mundo, sendo que tais objetos são elementos que existem no mundo real tais como objetos inanimados, entidades vivas, eventos e propriedades. Os relacionamentos entre os conceitos são significados baseados em conceitos e estes são obtidos semanticamente ou mesmo através de percepções oriundas do senso do usuário.

Da mesma maneira como as outras linguagens de representação, através da utilização dos mapas conceituais, podem ser obtidas respostas ou mesmo realizadas inferências através da navegação entre os conceitos e relacionamentos do mapa. Na maioria das vezes a construção de mapas conceituais, é formulada a partir da utilização de perguntas relacionadas a um tema, sendo que, a cada novo conceito abstraído com a resposta a um pergunta e realizado o relacionamento entre este conceito com os demais existentes.

Segundo (Pelizzari et al, 2002) os mapas conceituais podem ter vários propósitos dentre estes:

- gerenciar idéias, por exemplo, *brain storming*;
- desenhar uma estrutura complexa, grandes textos, páginas web;
- comunicar idéias complexas;
- contribuir na aprendizagem, integrando explicitamente conhecimentos novos aos adquiridos anteriormente;
- evoluir na compressão e diagnosticar possíveis incompreensões, como por exemplo no processo de construção de *softwares*;
- explorar o conhecimento prévio sobre erros em conceitos;
- fomentar a aprendizagem significativa para melhorar o desempenho e êxito dos estudantes;
- medir a compreensão sobre conceitos, por exemplo em avaliações.

Para a construção dos mapas conceituais Larkin e Simon (1995) propõem uma estrutura seqüencial de etapas simples a serem realizadas que auxiliam na abstração de todos os conceitos e relacionamentos existentes vinculados ao contexto:

1. redija os termos e ou conceitos vinculados ao contexto em um pedaço de papel ou em um cartão;
2. revise os conceitos e termos, de forma a separar aqueles conceitos que não tem relação com o problema ou mesmo não foram compreendidos.

Os conceitos que sobraram provavelmente farão parte dos conceitos utilizados na construção do mapa conceitual;

3. crie uma organização dos conceitos e termos, no qual os termos que possuam uma relação com outro fiquem próximos uns dos outros e levando uma organização dos conceitos mais genéricos aos mais específicos;
4. uma vez organizados todos os conceitos, crie os relacionamentos entre estes e, então sobre os relacionamentos descreva a natureza da relação;
5. revise os conceitos que foram descartados verificando se algum deste é relevante para o mapa conceitual construído.

O mapa conceitual, com sua característica gráfica, é um instrumento poderoso para se compreender as relações entre os conceitos do conhecimento no todo. Para os usuários da informação, que lidam com a análise de assunto para estruturação de uma área do conhecimento, o mapa conceitual é um instrumento importante para ajudá-lo a entender e a lidar com uma estrutura de informações (AMORETTI, 2001). Os mapas conceituais podem ser relacionados aos esquemas de classificação:

[...] os conceitos ficam armazenados na memória de longo prazo, refletindo as experiências vividas pelo sujeito ao longo da sua vida. ... possuem as características básicas dos esquemas, tais como o de necessitarem de um estímulo interno ou externo para serem ativados e conservarem-se na memória a longo prazo.

Amoretti (2001:12).

No âmbito educacional um mapa conceitual pode funcionar em um determinado contexto clareando e simplificando, tanto para estudantes quanto para professores um pequeno número de idéias chaves que são o foco específico do contexto, respondendo e inferindo novos conhecimentos, isto de ser provido por um dispositivo visual, o que acelera e facilita a interpretação dos indivíduos envolvidos no processo. Seguindo a linha de raciocínio pregada por Ausubel, os mapas conceituais foram criados com o intuito de promover o processo de aprendizagem significativa, ou seja, na avaliação da aprendizagem (SAKAGUTI, 2004).

Segundo Novak (1998) o processo de aprendizagem é uma atividade que não pode ser compartilhada, sendo uma responsabilidade individual. Porém, o processo de aquisição de conhecimento e significados, vai na contra-mão ao da aprendizagem, podendo ser

compartilhado, discutido, negociado e posteriormente aceito pelo grupo. Um mapa conceitual construído em grupo de maneira compartilhada pode servir a uma função social útil e também conduzir à discussão em sala de aula entre alunos e professores.

O ponto mais importante a ser mencionado sobre o compartilhamento de conhecimento no contexto educacional através de mapas conceituais consiste em que estes podem ajudar estudantes envolvidos no processo, auxiliados por seus tutores que apresentam suas crenças e então é aberto o processo de negociação, gerência e reconhecimento obtendo o máximo do processo de construção do conhecimento através de imagens (NOVAK, 1998).

Ausubel (1968) justifica o processo desempenhado pelos mapas conceituais desenvolvidos por Novak mencionando que o fato mais importante na aprendizagem consiste no autoconhecimento do que já se sabe e o compartilhamento deste com outros indivíduos influenciando a aprendizagem de outros, sendo um processo verificável e aplicável (NOVAK, 1998). O processo construtivista adotado pelos mapas conceituais é outro aspecto que faz com que estes se tornem interessantes para o processo educacional, estes regidos pelos trabalhos de Jean Piaget, Lev Vygotsky, Jerome Bruner, Howard Gardner, e Nelson Goodman (SAKAGUTI, 2004).

Pode-se concluir, então, que o mapa conceitual é uma ferramenta apropriada para organizar e representar um domínio do conhecimento, auxiliando a externalização das estruturas cognitivas dos autores de documentos sendo estes vinculados ao processo de aprendizagem ou não.

2.4.5 Considerações sobre as Linguagens de Representação

Todas as linguagens de representação apresentadas neste trabalho diferem entre si devido à natureza dos resultados e pelos meios empregados em sua produção. No caso, a principal característica que deve reger a escolha da utilização de cada uma consiste no contexto e na natureza da tarefa a ser executada. Devido ao fato de a grande maioria das linguagens de representação do conhecimento ser expressas através de grafos, duas técnicas podem ser utilizadas para a representação e implementação, legível por parte dos computadores, sendo eles (PRIESS, 2000):

1. listas de adjacências: são listas encadeadas, sendo uma para cada vértice e o espaço total necessário para a representação destas listas consiste na quantidade de arcos do grafo;

2. matrizes de adjacências: é o método de representação mais simples que consiste em uma matriz da quantidade de vértices n multiplicado por esta mesma quantidade no caso, $G=(V,A)$ onde a quantidade de espaço total é n^2 , e os valores expressos nessa matriz consistem em 0 (zero) e 1 (um) , no qual o valor 1 (um) representa a existência da adjacência entre dois vértices e caso contrário o valor será 0 (zero).

A utilização de listas de adjacências fornece uma maneira mais compacta de representar grafos chamados esparsos, que são aqueles em que o número de arcos é consideravelmente menor que o número de vértices ao quadrado, ou seja, enquanto existirem poucas ligações entre os vértices, já que, com a utilização de listas, a velocidade do processamento está diretamente ligada ao número de arcos presentes no grafo, pois o cálculo para a velocidade de processamento é $(V*A)$.

Já a utilização de matrizes de adjacência pode ser mais indicada quando o grafo é denso, ou seja, quando o número de arcos do grafo for próximo de n^2 , possibilitando com maior velocidade, saber se existem arcos conectados a dois vértices quaisquer, pois a quantidade de arcos não afeta na velocidade do processamento de matrizes, já que, a fórmula para calcular a velocidade do processamento de matrizes é $|n^2|$ (CORMEN et al., 2002). A Figura 14 demonstra a representação de um mesmo grafo utilizando para isto lista de adjacência e matriz de adjacência.

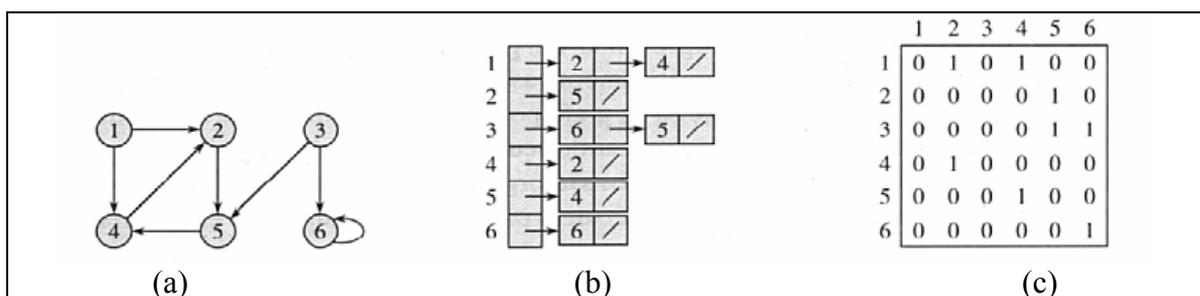


Figura 14. Grafo (a) representado através de lista (b) e matriz de adjacência (c) (CORMEN et al, 2002).

Para grafos que apresentam uma realidade diferente, em que os pesos das arestas que o compõem podem ser maiores que um ou mesmo outros valores, solucionam-se estes problemas trabalhando-se com as informações contidas nos vértices e arcos aliadas a possibilidades como a utilização de listas ou matrizes de adjacência, podendo-se citar como exemplo as matrizes de peso, no qual são utilizados os valores referentes aos pesos dos arcos que compõem a adjacência entre os vértices sucessores e predecessores. A utilização de listas

ou matrizes pouco interfere em todo o processo cognitivo existente na linguagem de representação adotada.

É possível perceber que o estudo do processo cognitivo apresenta uma efetiva contribuição para o desenvolvimento tecnológico e pedagógico. A partir do momento em que se geraram conceitos e teorias baseadas na construção do conhecimento humano permitiram que estas fossem aplicadas na construção de técnicas e instrumentos capazes de auxiliar o homem na busca do conhecimento.

Diversas vantagens podem ser percebidas e vinculadas à utilização de linguagens de representação, sendo as principais:

- Vocabulário comum para representações de conhecimento: evita interpretações ambíguas do vocabulário;
- Compartilhamento de conhecimento: uma estrutura que modele adequadamente um domínio de conhecimento pode ser compartilhada para desenvolvimento outras aplicações deste domínio;
- Descrição exata do conhecimento: pode ser escrito em linguagem formal, diferentemente da linguagem natural evitando distorções semânticas;
- Mapeamento da linguagem: é possível um mapeamento para linguagens formais sem que se tenha prejuízo quanto ao conhecimento;

Dentre as diversas possibilidades que podem ser exploradas com a utilização das linguagens de representação de conhecimento, a avaliação é considerada uma área chave para aplicação de tais técnicas, uma vez que esta é considerada uma das principais no complexo processo de ensino e aprendizagem, sendo uma atividade que deve estar presente durante todo o processo de construção de conhecimento, auxiliando na descoberta de deficiências existentes no processo de aprendizagem dos alunos.

Dentre as três modalidades de avaliação conhecidas (somática, diagnóstica e formativa), apesar de todas terem seu contexto e aplicação, um processo de avaliação formativo apesar de mais complexo, busca a todo o momento o aperfeiçoamento do processo de construção de conhecimento, sendo um tipo de avaliação mais interessante para a educação a distância, no qual é pretendido o aprendizado do aluno e não a seleção (SAKAGUTI, 2004).

Porém, é interessante mencionar que o processo de construção de conhecimento e avaliação de maneira colaborativa está vinculado diretamente ao processo de negociação, modelagem e descrição de todo o processo. Dentre as principais técnicas utilizadas para tal finalidade, a utilização das linguagens formais para a modelagem de todo o processo consiste

em uma das mais antigas e conceituadas técnicas, como por exemplo, o trabalho de Alan Turin e sua máquina de estado, sendo que são consideradas algumas linguagens formais no decorrer deste trabalho.

2.5 Linguagens Formais

A teoria das linguagens formais foi desenvolvida originalmente em meados dos anos 50, e tinha por objetivo o desenvolvimento de teorias que fossem relacionadas com as linguagens naturais. Porém, logo foi verificado que esta ultrapassava estes limites, sendo importante para o estudo das linguagens artificiais, em especial as linguagens oriundas da área da ciência da computação. Esta passou a ser utilizada em diversas áreas estando presente nos mais diversos enfoques, desde a análise léxica e semântica até a construção de modelos biológicos, físicos, econômicos, psicológicos, cognitivos e de *hardware*.

A teoria das linguagens formais consiste no estudo de modelos matemáticos que possibilitam a especificação e a modelagem, bem como sua classificação, características e inter-relacionamentos. A abrangência dessa teoria para a ciência da computação é enorme, uma vez que ela tanto apóia aspectos teóricos da ciência da computação como a decidibilidade, computabilidade, complexidade computacional, como serve de base para diversas aplicações computacionais tais como processamento de linguagens, reconhecimento de padrões, modelagem e validação de sistemas (HOPCROFT et al., 2003).

Neste trabalho o principal objetivo da utilização das linguagens formais consiste na modelagem do processo de negociação do sistema, sendo que para tanto existem diversas formas para a representação, modelagem e interação do sistema. Para tanto, optou-se por seleccionar duas destas linguagens que possuíssem uma melhor relação entre a facilidade de especificação e expressividade, levando em consideração suas vantagens e desvantagens.

2.5.1 Autômatos finitos

Formalmente um autômato é definido como sendo um modelo matemático de uma máquina de estados (WIKIPÉDIA, 2007d). A palavra finito descreve e ressalta que só pode conter uma quantidade finita e limitadas de estados. Os autômatos podem ser representados por uma estrutura de grafo, na qual os estados podem ser manipulados sobre vários aspectos a fim de se obter uma melhor modelagem do contexto.

Segundo Hopcroft et al. (2003) os autômatos são em sua maioria utilizados para a interpretação de linguagens formais, porém sua capacidade de descrever estados fez com que

esta técnica fosse adotada para as mais diversas finalidades. Os autômatos representados como grafos criam uma semântica formal podendo ser utilizados para prover o controle de materiais hipermédia.

Diversos trabalhos relacionados ao uso de representações gráficas fazem uso desta técnica para modelagem de interações, como mapas conceituais, *workflow*, modelos entidade-relacionamento e orientação a objetos. Um autômato finito pode ser definido como determinístico ou não determinístico. Um autômato finito determinístico M pode ser definido, sobre um alfabeto Σ é um sistema $(K, \Sigma, \delta, i, F)$, onde (HOPCROFT et al., 2003):

- K é um conjunto de estados finito, não vazio;
- Σ é um alfabeto de entrada (finito);
- $\delta: K \times \Sigma \rightarrow K$ é a função de transição;
- $i \in K$ é o estado inicial;
- $F \subseteq K$ é o conjunto de estados finais.

A denominação determinístico nos autômatos faz referência ao fato de que δ é uma função (também conhecida como função próximo-estado), que precisamente determina qual será o próximo estado a ser assumido quando a máquina M que se encontra em um determinado estado lê na entrada algum símbolo fazendo com que a função altere o estado corrente, conforme é apresentado na Figura 15, na qual existe uma função δ que ao ler a entrada “a” no estado “q0” altera o estado corrente do autômato, sendo que esta função é representada por $\delta(q_0, a)$ (HOPCROFT et al., 2003).

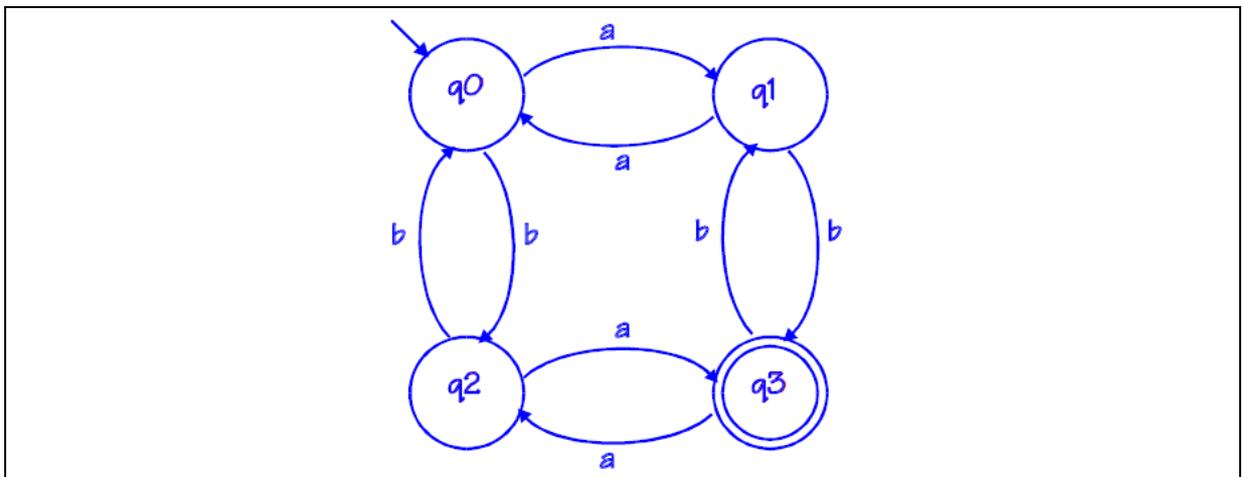


Figura 15. Exemplo de um autômato finito determinístico (HOPCROFT et al., 2003).

O vocabulário de um autômato poder ser definido como sendo composto de eventos de execuções em sistemas, assim como acontece em computadores que a cada evento sofrido muda seu estado de execução (HOPCROFT et al., 2003). Porém, o principal problema vinculado a abordagem dos autômatos consiste na falta de expressividade para representar problemas relativos a processos de concorrência, como por exemplo, o processo de construção de conhecimento de maneira colaborativa. Entretanto, diversos pesquisadores se utilizam dessa abordagem com modificações que capacitem os autômatos para este propósito. Devido a tal deficiência apresentada pelos autômatos não nos aprofundaremos nos conceitos relativos a esta técnica.

Sendo assim, além de autômatos, a especificação de um sistema em que se deve determinar estados, também pode ser representado por Redes de Petri. As Redes de Petri consistem em um formalismo mais poderoso que um autômato finito, porém a implementação do último requer menos complexidade. As Redes de Petri são apresentadas a seguir sendo uma proposta para que sejam sanadas tais deficiências apresentadas pelos autômatos finitos.

2.5.2 Redes de Petri

A teoria das Redes de Petri foi Desenvolvida em 1962 por Carl Adam Petri, em seu trabalho de doutorado intitulado *Kommunikation mit Automaten (Communication with Automata)* (PETRI, 1962). Até então o objetivo de seu trabalho consistia no desenvolvimento de um modelo que possibilitasse que as máquinas fossem capazes de se comunicar, sendo que como principal característica oriunda deste modelo está a possibilidade de representar a concorrência entre diversos atuadores em um mesmo ambiente.

Hoje em dia é possível se observar a utilização de adaptações e variações do trabalho de Petri, sendo utilizado em diversas áreas da ciência auxiliando no estudo de modelos, comportamentos e desempenho de diferentes sistemas aplicados a economia, engenharia, biologia, administração e computação (PENHA et al, 2004).

Segundo Penha et al (2004) as redes de petri e suas variações ganharam importância significativa devido a sua capacidade de modelar sistemas de maneira simplificada, intuitivas ou mesmo devido a inexistência de modelos que fossem capazes de expressar e representar sistemas que contemplassem temporizações ou comportamentos probabilísticos (estocásticos). As redes de petri ainda apresentam elementos capazes de descrever partes importantes de um sistema, seja ele computacional ou não, no caso: concorrência, controle, conflitos, sincronização e compartilhamento.

Assim, para a criação de modelos utilizando redes de petri, alguns elementos são utilizados, sendo eles (PENHA et al, 2004):

- *Places*: representam uma condição, uma atividade ou mesmo um recurso que fará parte do modelo do sistema;
- *Tokens*: são marcas que representam o estado em que um determinado sistema se encontra;
- *Transições*: representam um evento que ocorrerá no sistema que pode de alguma maneira alterar o *Tokens* e *Places* do modelo;
- *Arcos*: indicam os lugares e relacionamentos de entrada ou saída para as transições em um sistema.

Na Figura 16 são apresentadas as representações gráficas para os elementos que são utilizados para a confecção de modelo de um sistema utilizando redes de petri. Logo as redes de petri podem ser definidas como $R = (P, T, AE, AS)$, onde (PENHA et al, 2004):

1. $P = \{P1, P2, \dots, Pn\}$ é um conjunto de *places*;
2. $T = \{T1, T2, \dots, Tn\}$ é um conjunto de transições;
3. $AE: P \times T$ consiste no conjunto de arcos de entrada nas transições;
4. $AS: T \times P$ consiste no conjunto de arcos de saída das transições.

O elemento responsável por indicar o estado em uma rede de petri é o *token*. Para tanto, é necessário que exista uma marcação inicial de um *token* que determine o estado em que se encontra a rede, sendo que uma falha na definição inicial de um *token* pode resultar em um modelo inconsistente ou com falhas em sua execução.

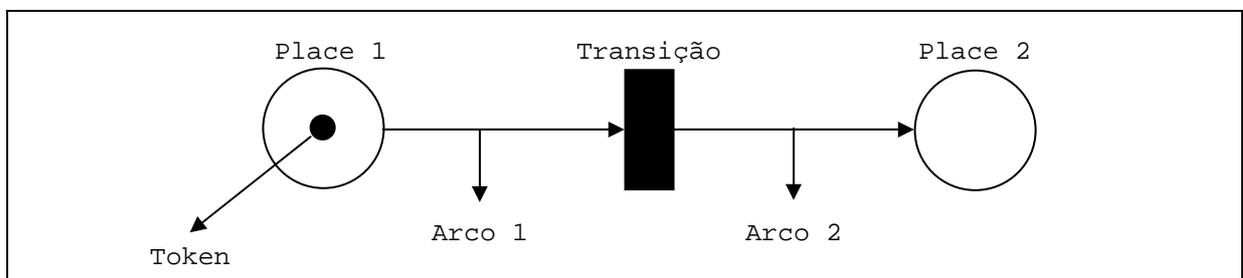


Figura 16. Elementos que compõem um sistema modelado com a utilização de redes de petri (PENHA et al, 2004).

Outro importante aspecto de uma rede de petri consiste na existência de pesos vinculados aos arcos, sendo importante e muitas vezes necessário que possam interferir na

consistência da rede. As redes de petri abrem espaço para que se possam ser acrescentados ou removidos *tokens* através das transições conforme a necessidade apresentada por cada modelo, isto é definido através dos pesos associados aos arcos da rede, sendo que isto pode interferir no disparo de uma transição, conforme é apresentado na Figura 17, em que a transição T1 não ocorre devido ao fato de não existirem *tokens* associados ao *place* P2 para a continuação da execução do modelo.

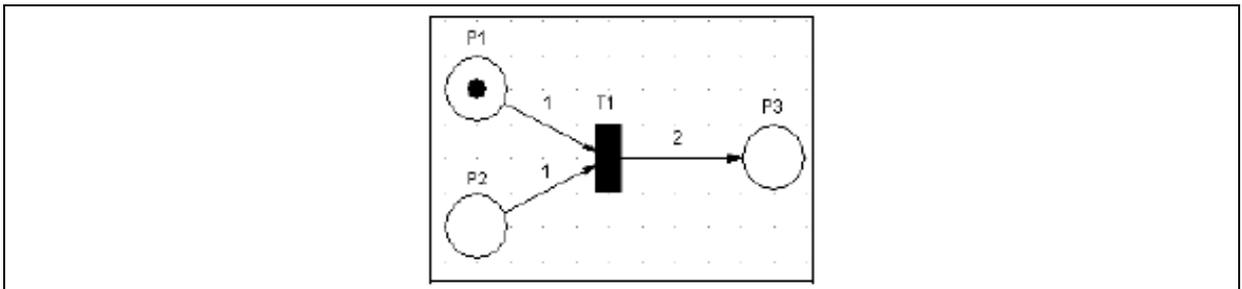


Figura 17. Situação em que não ocorre o disparo da transição T1 em uma rede (PENHA et al, 2004).

No caso, os pesos associados aos arcos indicam quantos *tokens* são necessários para o disparo da transição. Assim, uma definição mais completa de uma rede de petri envolveria dois novos elementos a definição já citada nesta seção, sendo ela $R = \{P, T, A, PA, M_0\}$, onde (PENHA et al, 2004):

- $P = \{P1, P2, \dots, Pm\}$ é o conjunto de *places*;
- $T = \{T1, T2, \dots, Tn\}$ é o conjunto de transições;
- $P \cap T = \emptyset \square P \square T \neq \emptyset$ os conjuntos P e T são disjuntos e não vazios;
- $A: (P \times T) \square (T \times P)$ é o conjunto dos arcos;
- $PA: A \rightarrow N$ são os pesos dos arcos;
- $M_0: P \rightarrow N_0$ é a marcação inicial.

Uma situação muitas vezes encontrada na modelagem de redes de petri consiste na situação denominada de conflito, que ocorre devido ao fato do compartilhamento de places entre duas transições, sendo que só existe um token, conforme é demonstrado na Figura 18. Para solucionar este problema o ideal seria a definição de prioridades de uma transição sobre a outra. Caso esta prioridade não esteja definida a escolha passa a ser aleatória.

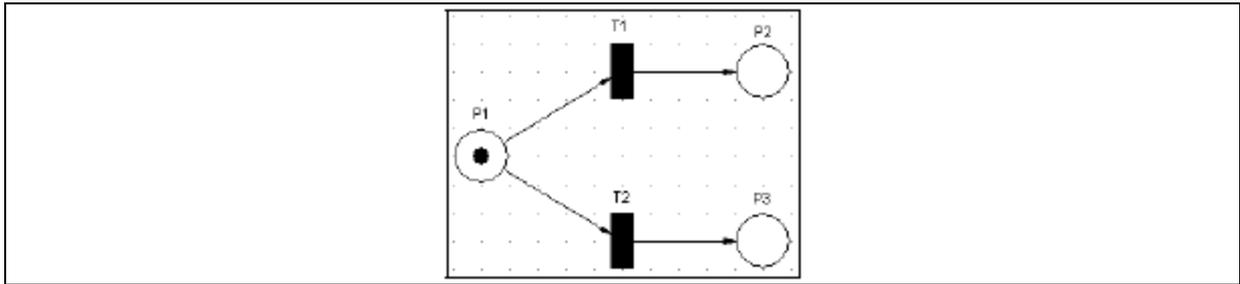


Figura 18. Situação de conflito em uma rede de petri (PENHA et al, 2004).

Assim como nas linguagens de representação de conhecimento, uma das formas utilizadas para representar uma rede de petri consiste na utilização de matrizes. A notação matricial pode ser feita usando três tipos de matrizes conforme é apresentado na Figura 19, sendo elas as seguintes (PENHA et al, 2004):

- Matriz de entrada (E): E_{TxP} faz referência a quantidade de arcos de entrada em cada transição.
- Matriz de saída (S): S_{TxP} faz referência a quantidade de arcos de saída em cada transição.
- Matriz de incidência (I): $I_{TxP} = S_{TxP} - E_{TxP}$, faz referência a incidência dos arcos de entrada e saída sobre as transições da rede.

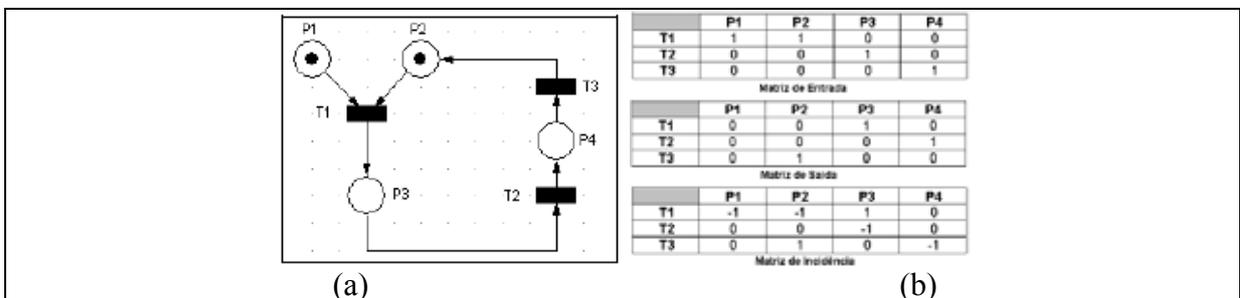


Figura 19. Rede de petri (a) e sua representação através de matrizes (b) (PENHA et al, 2004).

Através da utilização de árvores de alcançabilidade, que ilustra todos os possíveis estados que podem ser alcançados ou cobertos, é possível se representar todas as marcações possíveis em uma rede de petri. Ademais, as redes de petri desde sua criação por Carl Adam Petri surgiram diversas variações, nascendo da necessidade de especificidade de sua aplicação. Segundo Penha et al (2004) o trabalho original das Redes de Petri falha na representação de duas características, sendo elas: aspectos funcionais complexos, tais como condições que determinam o fluxo de controle, e os aspectos de temporização. Assim as mais famosas variações para as redes de petri consistem nas: temporizadas, estocásticas, estocásticas generalizadas e coloridas.

Considerando os resultados apresentados até aqui podemos então concluir que as redes de petri podem ser um importante recurso para a modelagem de sistemas, particularmente os sistemas computacionais. Esta importância é fundamentada nas propriedades inerentes às redes de petri que facilitam a modelagem de características típicas dos sistemas computacionais, entre as quais podemos destacar: compartilhamento, concorrência, conflito, controle e sincronização, sendo útil para a criação de modelos de negociação a serem utilizados por diversos contextos, como por exemplo, entre alunos e professores envolvidos em processos educacionais.

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

Diversos trabalhos que fazem uso de teorias e práticas para a representação de conhecimento, de maneira colaborativa ou não, podem ser relacionados. Levando em consideração todos os aspectos mencionados sobre a CSCL, estas ferramentas se mostram como esforços isolados na tentativa de construir conhecimento, bem como auxiliar alunos e professores a explorar ao máximo os recursos computacionais.

Como pôde ser observado, todas as ferramentas que se utilizam da prerrogativa colaborativa existentes de maneira geral, são sistemas projetados seguindo proposições *ad hoc*, porém não se preocupam com a possibilidade de fornecer subsídios para que os participantes deste processo, aprendam a colaborar, sendo que conforme mencionado por Burton et al (1997) é necessário aprender a colaborar para, assim, colaborar para aprender, uma vez que um regime de aprendizado social é muito mais eficiente que os demais contextos existentes.

Nas próximas seções serão apresentadas duas ferramentas, sendo uma de âmbito acadêmico sem ônus quanto a sua utilização e outra comercial, sendo que ambas se possibilitam a construção e diagramação de elementos gráficos para o auxílio no processo de construção de conhecimento, sendo elas o CMapTools e o Inspiration. No caso, serão levadas em consideração as principais funcionalidades inerentes a cada solução, levando em consideração todos os conceitos apresentados até aqui neste trabalho.

O Objetivo desta seção não é o de apresentar o processo de instalação ou mesmo funcionamento das ferramentas citadas, mas sim o de elucidar as principais funcionalidades cobertas por ambas e que estejam caracterizadas em um contexto mais amplo que colabore e que sejam interessantes para a construção de conhecimento, sendo que existem diversos

tutoriais disponibilizados na Internet que se pré-dispõem a demonstrar funcionamento destas ferramentas.

3.1 CMapTools

O CMapTools, consiste em uma ferramenta para a autoria de mapas conceituais desenvolvido pelo *Institute for Human Machine Cognition* da *University of West Florida* (IHMC), que permite a construção, o compartilhamento, colaboração e a navegação sobre modelos e elaboração de conhecimento representado com mapas conceituais (CABRAL, 2003).

É uma ferramenta que independe de plataforma e que permite aos usuários construir e colaborar na construção de conhecimento utilizando recursos tecnológicos que a tornam independente geograficamente. Para tanto, são utilizados recursos de rede, Internet e intranet, para a construção de mapas conceituais, sejam eles individuais ou mesmo colaborativos, além de, possibilitar que estes sejam compartilhados e adaptados por outros modelos que são distribuídos por servidores existentes na Internet.

Todo o processo, desde sua instalação até sua utilização é de fácil dedução, mostrando ser uma interessante opção para a construção e descrição de conhecimento. O CMapTools é um *software* livre regido pela GPL (*General Public License*), sendo distribuído pelo IHMC, sendo disponibilizadas outras ferramentas que a completam e que proporcionam ambientes colaborativos que provem aos usuários meios de colaborar na descrição de conhecimento, possibilitando através da utilização de mapas conceituais o compartilhamento de todo conhecimento expresso nos mapas.

É válido mencionar que todos os recursos disponibilizados pela ferramenta CMapTools, consistem em uma estratégia cognitiva para representação do conhecimento sendo que aos mapas conceituais podem ser adicionados recursos como: sons, imagens, vídeos, textos e submapas abstraindo um maior detalhamento de outros conceitos tornando assim o mapa uma ferramenta de hipermídia navegável em diversos níveis.

Esta ferramenta disponibiliza tanto o modelo de colaboração síncrona, quanto assíncrona para construção dos mapas e comunicação entre os usuários. O modelo síncrono para a autoria de mapas conceituais, possibilita que vários usuários possam ao mesmo tempo interagir sobre os conceitos, utilizando para a comunicação entre estes um *chat* durante a autoria do mapa. A Figura 20, apresenta o *layout* da ferramenta CMapTools.

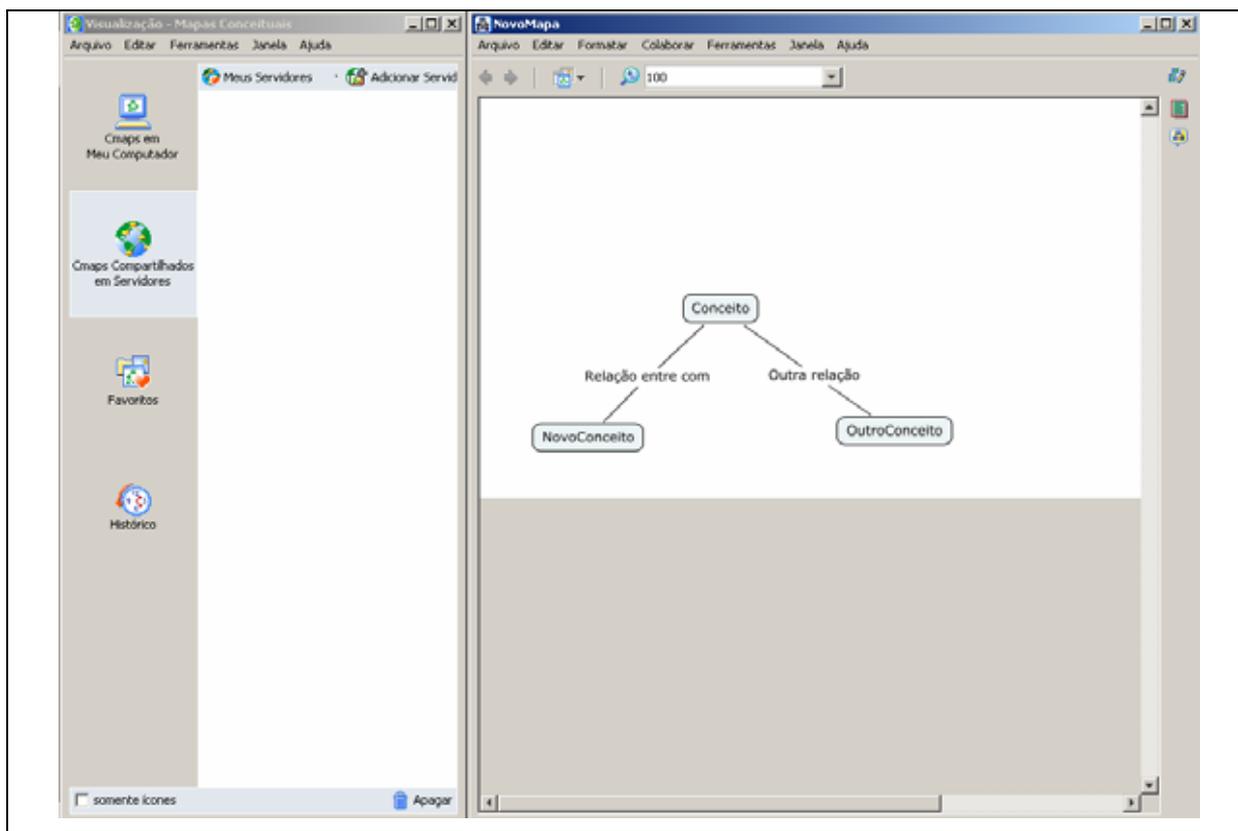


Figura 20. CmapTools, construção de mapas conceituais.

Na parte assíncrona do CMapTools, é provido mecanismo semelhante aos de um fórum, sendo armazenadas mensagens no servidor, e assim a cada nova interação sobre o tema todos os usuários envolvidos na construção do mapa tem acesso a esta nova mensagem e todo o histórico.

Porém esta ferramenta apresenta limitações quanto ao processo de colaboração, e negociação durante a construção dos mapas conceituais. As regras não são claras e a falta de gerência no momento de interação compromete o resultado final no processo de construção de conhecimento, uma vez que não são levados em consideração características sociais existentes entre as pessoas envolvidas na interação e a gerência dos processos.

Além disto, todas as interações realizadas através do *chat* são descartadas, sendo que este processo poderia enriquecer e completar de forma considerável toda uma avaliação sobre o processo de construção do conhecimento, com a observação das interações e as regras utilizadas para a construção dos mapas.

Apesar de ser uma ferramenta diferenciada, oferecendo diversas possibilidades, além de disponibilizar algumas formas de visualização externas ao sistema, como PDF (*Portable Document Format*) e XML (*eXtensible Markup Language*), o CmapTools possui outra limitação quanto a disponibilizar mecanismos para que possam ser gerados textos extraídos a

partir da interação registradas na comunicação entre os participantes e, da construção dos mapas conceituais obtidos por meio de todo o processo.

Segundo CMapTools (2007) a CMapTools consiste e tem como objetivo principal ser uma ferramenta na qual possa ser observado e mensurado o impacto do subsídio de computadores e redes de computadores para a construção de mapas conceituais, no qual, através da disposição gráfica dos elementos, subsidia a sua utilização para o processo de avaliação da aprendizagem e auxilia aos tutores na publicação de conteúdo.

Neste contexto, fica nítido que a ferramenta consiste em um esforço diferenciado, sendo muito eficiente na construção dos mapas conceituais, porém, com diversas possibilidades a serem exploradas, que podem ser sanadas com o decorrer do tempo, uma vez que o *software* está em constante desenvolvimento, sendo que é utilizada a tecnologia Java para sua implementação.

3.2 Inspiration

O *Inspiration* consiste em um ambiente educacional que proporciona bases para a criação e diagramas, figuras e mapas conceituais que auxiliam na construção de conhecimento, no qual pode ser explorada a criatividade dos usuários. É uma ferramenta proprietária, comercializada, porém é disponibilizada uma versão *trial* para testes com validade de 30 dias.

Segundo Inspiration (2007) o software consiste em uma ferramenta que auxilia na aprendizagem pela utilização de meios visuais que tem como principais funções: auxiliar na elucidação da construção de conhecimento; reforço de compreensão; assimilação de novos conceitos; mensuração do aprendizado.

Porém, o *Inspiration* não possui a mesma capacidade e flexibilidade de possibilitar o trabalho colaborativo entre os usuários, como disponibilizado pela ferramenta CMapTools, fazendo com que os resultados finais possam ser comprometidos devido a elaboração dos diagramas e mapas estarem sob uma perspectiva individual, não havendo a possibilidade de confronto de idéias e troca de informações.

Como se trata de um *software* de plataforma proprietária, este peca quanto à disponibilização e acesso a artefatos visuais construídos por outros usuários, que poderiam ser disponibilizados em servidores na Web, uma vez que, podem existir soluções eficientes para um determinado domínio construído por outros usuários que poderiam ser compartilhados, ou

seja, o *software* não disponibiliza uma forma de compartilhamento dos resultados com outras pessoas.

Apesar destas limitações quanto ao trabalho colaborativo, o *Inspiration* consiste em um *software* de aprendizagem diferenciado, que disponibiliza o suporte necessário para que sejam criados artefatos visuais, para que seus usuários consigam desenvolver seu trabalho de uma forma simples e intuitiva, auxiliando no processo de organização e construção do raciocínio, desenvolvimento de novos conceitos, abstração de pontos de vista, tendo como resultado sempre uma representação visual de todo o processo. Sakaguti (2004) menciona que o *Inspiration* fornece suporte a construção de diversos artefatos visuais que contribuem com o aprendizado sendo eles: *brainstorming*, *webbing*, *idea mapping* e mapas conceituais.

Consiste em um *software* que pode ser executado somente na plataforma Windows e tem suporte a diversos formatos de imagens que podem ser utilizados na confecção dos mapas e diagramas como: jpg, gif, bmp. Além disto, o *Inspiration* disponibiliza funcionalidades extras que enriquecem todo o seu contexto, como por exemplo, a vinculação de *links* para páginas Web aos elementos que irão compor o diagrama ou mapa conceitual em questão para posteriores consultas sobre o domínio. Na Figura 21 é apresentada a tela inicial do *Inspiration*, para a diagramação de elementos gráficos e disposição destes.

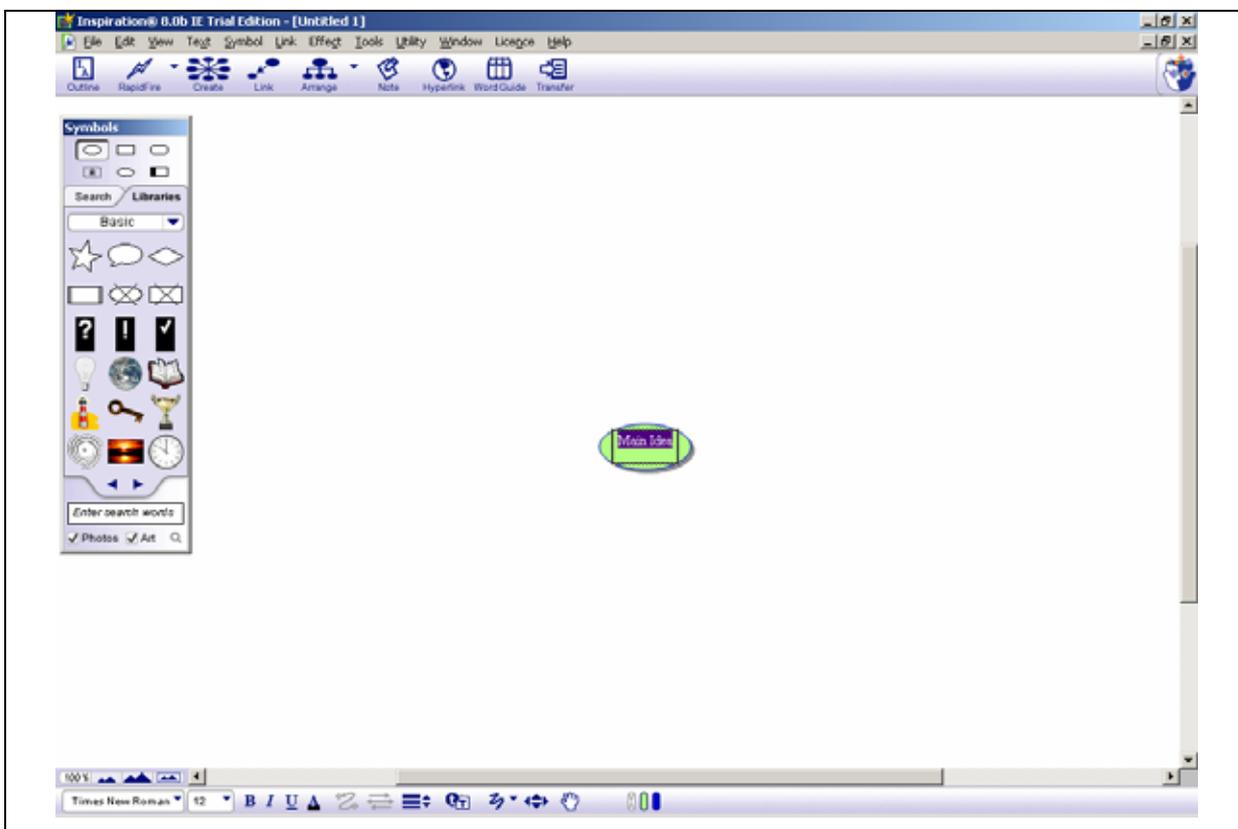


Figura 21. Inspiration, diagramação de elementos visuais.

Outra funcionalidade que enriquece o Inspiration consiste na capacidade de exportação dos resultados obtidos, para os formatos: rtf, jpeg, mpx, txt, entre outros. Porém, o que realmente o torna mais interessante consiste no fato de que a ferramenta disponibiliza a exportação através da funcionalidade *HTML Multiple Web Pages*, que possibilita além da integração com outras ferramentas, a publicação do conteúdo na Web, no qual este tipo de exportação é o responsável pela confecção de páginas Web para cada conceito existente no mapa conceitual, além da criação de links entre as páginas de acordo com os relacionamentos existentes entre os conceitos do mapa conceitual, sendo que estas páginas podem ser enriquecidas para um melhor entendimento do domínio.

Resumindo esta seção pode se afirmar então que o *software* Inspiration integra diversos ambientes dinâmicos para a diagramação, construção e alteração de estruturas visuais e delineamento de componentes gráficos que auxiliam na organização e construção de conceitos, idéias e informações contribuindo limitadamente para a aprendizagem e construção de conhecimento, expondo e permitindo uma melhor compreensão dos inter-relacionamentos e artefatos visuais expressos nos diagramas e mapas conceituais. Em um contexto de educação a distância é visível suas limitações, quanto à independência geográfica além dos modelos de comunicação síncrono e assíncrono, sendo necessário a adoção de soluções extras para complementar as funcionalidades disponibilizadas.

3.3 Considerações sobre as ferramentas

Levando em consideração a diversidade de sistemas disponibilizados no mercado que se propõem a ser ferramentas para a construção de conhecimento, fica nítido que, na maioria das vezes estas utilizam uma visão unilateral, na qual o processo de colaboração é mais um atrativo do que na verdade um processo que efetivamente colabore para que a construção de conhecimento seja eficiente.

Apesar de tais ferramentas serem muito eficientes no que se propõem, por exemplo, na construção de mapas conceituais ou diagramas, no caso do CmapTools ou Inspiration, estas deixam muito a desejar quanto ao restante do processo, no caso a gerência das interações ou mesmo processo de comunicação existente entre os participantes de todo o processo.

Wessner e Pfister (2001) mencionam que para os resultados serem satisfatórios é necessário que as ferramentas façam de todo o processo de construção do conhecimento um mecanismo integrado as características do domínio a ser estudado, além de fornecer subsídios

que incentivem uma fusão de conhecimentos de maneira organizada e interativa de maneira contextualizada no processo de colaboração e cooperação que deve existir em toda a sua duração.

No caso, tais mecanismos e responsabilidades devem ser divididos entre tutores ou professores, que são os responsáveis por repassar o conteúdo e, as ferramentas de tecnologia que devem de alguma maneira propiciar formas de que a interação e colaboração para que a internalização do conteúdo por parte dos estudantes não ocorra de maneira desorganizada devido tanto no que diz respeito a um conteúdo inadequado a ser repassado quanto à gerência da interação e colaboração que devem ser subsidiados pela ferramenta.

Isto tudo reflete diretamente no contexto da educação a distância, uma vez que todo o processo desta modalidade, por natureza é complexo e melindroso, no qual devem ser sempre destacados os agravantes da separação geográfica e temporal na utilização de ferramentas que se utilizam de componentes gráficos ou mesmo textuais para auxílio na assimilação de conteúdo e construção de conhecimento.

Com isso cabe aos usuários abstrair o máximo do que cada uma das ferramentas propostas oferece para que sejam alcançados os objetivos. Para tanto, no próximo capítulo é proposta a arquitetura geral de uma ferramenta de autoria que busca a utilização dos conceitos apresentados até aqui neste trabalho, bem como sanar deficiências encontradas nas ferramentas citadas neste capítulo.

Capítulo 4

Arquitetura Funcional

A representação de um sistema pode ser explícita por meio de modelos gerais que apresentem uma idéia do todo. Assim, neste capítulo, seguindo o estado da arte explicitado neste trabalho, são propostos os modelos para representação de todo o processo de interação dos usuários sobre a ferramenta de autoria Jmap, bem como os módulos que compõem a sua estrutura funcional, tendo como objetivo estabelecer e fundamentar a implementação do sistema.

O modelo geral adotado para a construção da ferramenta segue uma perspectiva sócio-construtivista-interacionista, na qual o usuário, por exemplo, um aluno saiba que todo o processo de interação é de alguma maneira afetado pela visão e interação dos outros participantes do mesmo ambiente, seja ele um gestor, na maioria das vezes um professor ou tutor, e uma comunidade de usuários que em tempo real podem contribuir para que todo o contexto seja enriquecido. Na Figura 22 é considerado o modelo de interação da ferramenta de autoria.

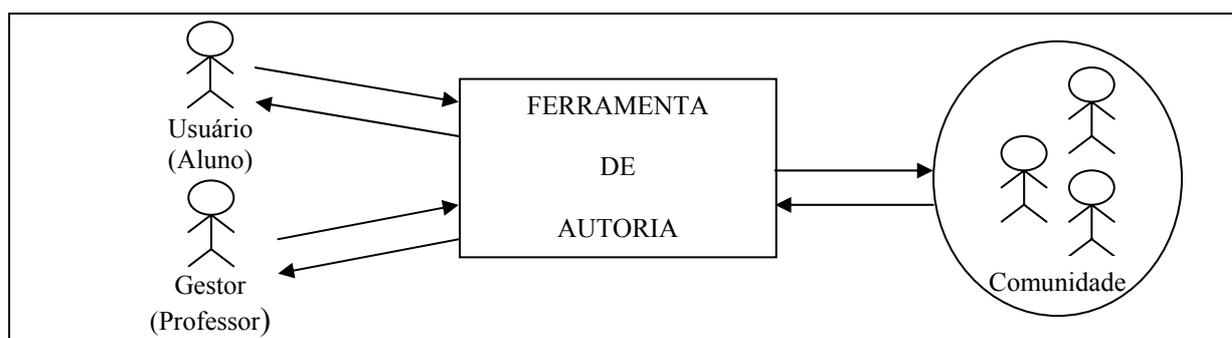


Figura 22. Modelo de interação sob a perspectiva dos usuários.

Como pode ser observado na Figura 22 e, explorando este modelo geral de interação adotado para a construção do protótipo, a ferramenta de autoria é a responsável por contribuir para que todos os processos aconteçam de maneira transparente aos participantes. A ferramenta de autoria consiste em um conjunto de módulos responsáveis por realizar tarefas que vão desde os aspectos visuais até o armazenamento dos dados. Estes módulos, por sua vez, podem ser mais detalhados, relacionando os conceitos e os modelos existentes que tornam todo o processo mais interpretável e independente, desvincilhando o modelo da implementação do sistema. Assim, o objetivo é o de se ater em apresentar como o processo poderia contribuir para mapear de forma genérica a solução para diversas situações semelhantes.

Neste sentido, a modelagem do sistema autor pode ser vista como a união dos módulos mencionados anteriormente, que interagem para tornar todo o processo mais intuitivo. Estes módulos podem ser vistos como camadas sobrepostas que desempenham funções internas de mais baixo nível, como o módulo de armazenamento, até as de mais alto nível, como o módulo visual, o qual é responsável pela interpretação de todas as interações entre a interface e o usuário. Na Figura 23 podem ser observadas as subdivisões dos módulos que compõem a ferramenta de autoria.

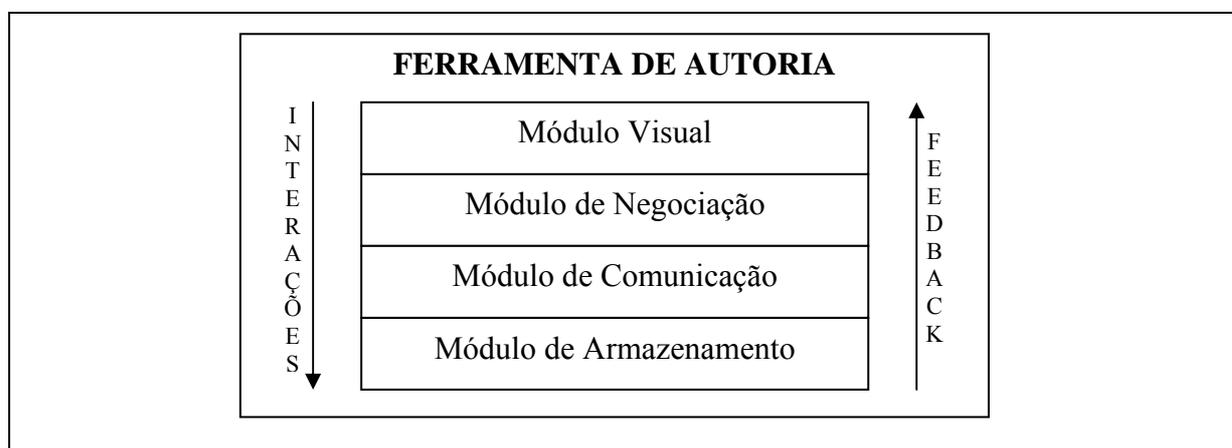


Figura 23. Visão interna da modelagem da ferramenta de autoria.

Cada um dos módulos apresentados na Figura 23 possui estrutura funcional interna, na qual são definidas as funções, componentes e a forma de interações existente com os usuários do sistema através de modelos. Os módulos que compõem a modelagem da ferramenta de autoria serão detalhados nas seções a seguir.

4.1 Módulo Visual

O módulo visual por se tratar do responsável da interação visual dos usuários entre a ferramenta de autoria e as funcionalidades do sistema em tempo real, está intrinsecamente ligado ao módulo de comunicação, no qual foi necessário utilizar-se da camada colaborativa que é a responsável pela propagação das informações em todas as interfaces dos usuários.

No modelo de interação entre os componentes visuais e textuais em tempo real deste módulo, esta camada passa a ser a responsável por fazer com que existam *listeners* de eventos colaborativos que ao perceber uma interação em uma interface de um determinado usuário, atualize automaticamente as demais interfaces dos usuários que colaboram sobre este modelo, através de componentes visuais e textuais. A Figura 24 explicita o modelo visual de interação adotado na ferramenta de autoria.

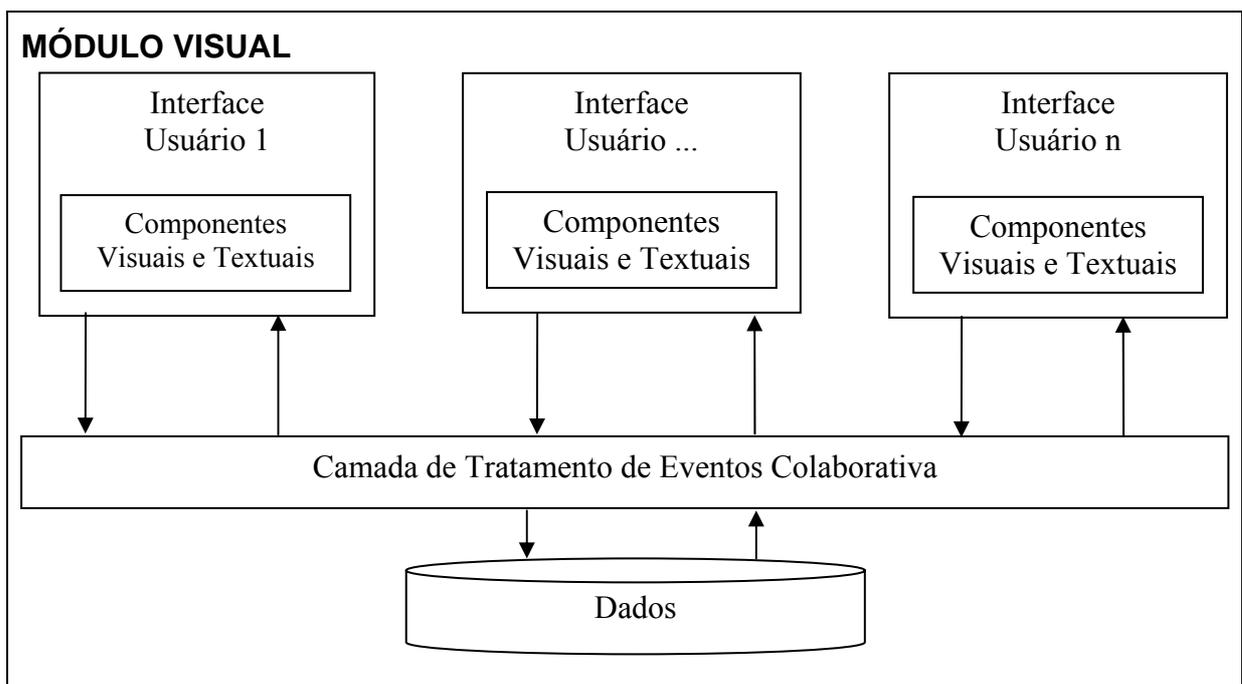


Figura 24. Modelo visual da ferramenta de autoria.

A complexidade do modelo visual proposto na Figura 24, está no tratamento do comportamento em tempo real, que deve ser considerado na implementação deste. Os componentes visuais e textuais das interfaces são importantes artefatos neste processo, uma vez que são estes que serão explicitados no ato das interações.

Além disto, estes eventos devem ser representados em dados, que são armazenados para verificações posteriores, nas quais as interações realizadas podem ser observadas ou, até

mesmo recuperadas de todo o processo para continuidade e aperfeiçoamento em futuros trabalhos sobre a interação salva.

4.2 Módulo de Negociação

O módulo de negociação consiste na parte mais complexa da ferramenta de autoria, uma vez que, este é o responsável por gerenciar e controlar todo o processo de construção de artefatos no sistema. Para que o modelo proposto se tornasse funcional foi necessário levar em consideração que existissem regras pré-estabelecidas respeitadas por todos que se propõem a utilizar a ferramenta de autoria. Portanto, neste modelo foi pré-estabelecido que seria necessário a definição de regras iniciais, correspondentes às particularidades inerentes das redes de petri, como os *places*, transições e *tokens*.

Neste modelo, foram consideradas as interações dos diversos usuários envolvidos como eventos, que iniciassem a construção dos artefatos e procedimentos baseados nas regras propostas no modelo sobre a área de trabalho colaborativa, auxiliando no controle e gerenciamento dos artefatos criados. O modelo de negociação proposto para a implementação da ferramenta de autoria pode ser observado na Figura 25.

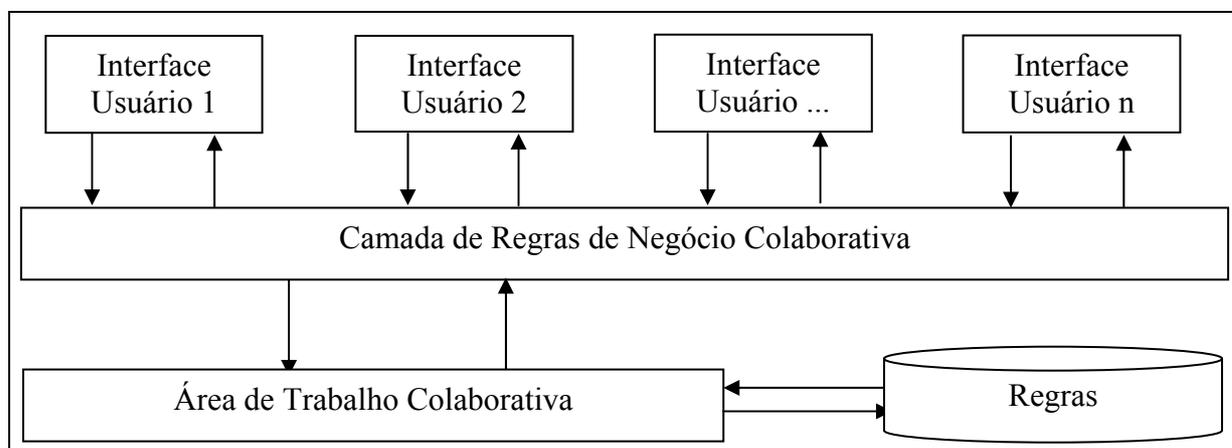


Figura 25. Modelo de interação para negociações sobre a ferramenta de autoria.

A camada de regras de negócio colaborativa citada no modelo mostrado na Figura 25 deve ser considerada, uma vez que, todo o processo de negociação neste modelo passa a ser de responsabilidade dos usuários, sendo eles os responsáveis por tornar todo o processo de interação interessante aos olhos dos demais usuários da ferramenta em um processo colaborativo. Os modelos de negociações são construídos com os componentes propostos no módulo visual, que foi apresentado na seção anterior, e com as regras pré-existentes para

redes de petri. Desta forma, esta camada interage com os demais modelos de outros módulos conforme pode ser observado na Figura 29, na qual será apresentada a arquitetura geral da ferramenta de autoria.

4.3 Módulo de Comunicação

Inicialmente, o módulo de comunicação foi vislumbrado simplesmente como um modelo que permitisse aos agentes humanos a troca de informação, sem se preocupar com a forma de troca de mensagens, que pode ser síncrona ou assíncrona, e nem como os serviços que deveriam ser oferecidos pela ferramenta. Para tanto, um modelo mais geral e externo ao sistema que descrevesse bem esta troca de informações foi criado. Neste modelo os agentes interagem e trocam informação através de dispositivos de entrada e saída, que são responsáveis por tratar os dados de maneira que possam ser transmitidos por um canal de comunicação, sendo realizado processo inverso ao citado até que as informações sejam disponibilizadas ao seu agente de destino conforme explicitado na Figura 26.

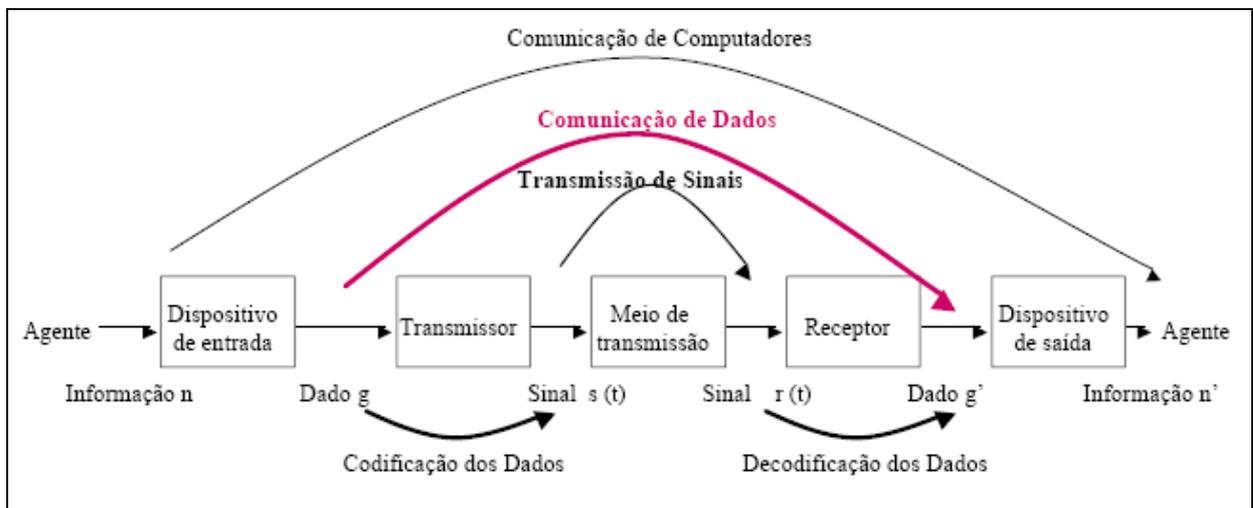


Figura 26. Modelo de comunicação e troca de informações utilizando entre agentes.

Poderiam ser propostos os mais diferentes modelos de comunicação para a confecção deste módulo. Foi adotado então o modelo de troca de informações entre agentes, trabalhando através de um modelo de comunicação síncrona, no qual pudessem ser exploradas características que tornassem a ferramenta de autoria mais dinâmica. Isto possibilitou a criação de um sistema em tempo-real, em que as interações visuais (componentes) ou mesmo as interações textuais (troca de mensagens como um *chat*) acontecessem de maneira instantânea.

Para garantir a integridade de tal modelo, foi proposta uma camada de serviço de mensagens englobando outros diversos serviços, que seriam responsáveis por subsidiar a comunicação dos usuários e da própria ferramenta por meio de componentes, além da comunicação do usuário com o repositório de dados, como pode ser observado na Figura 27.

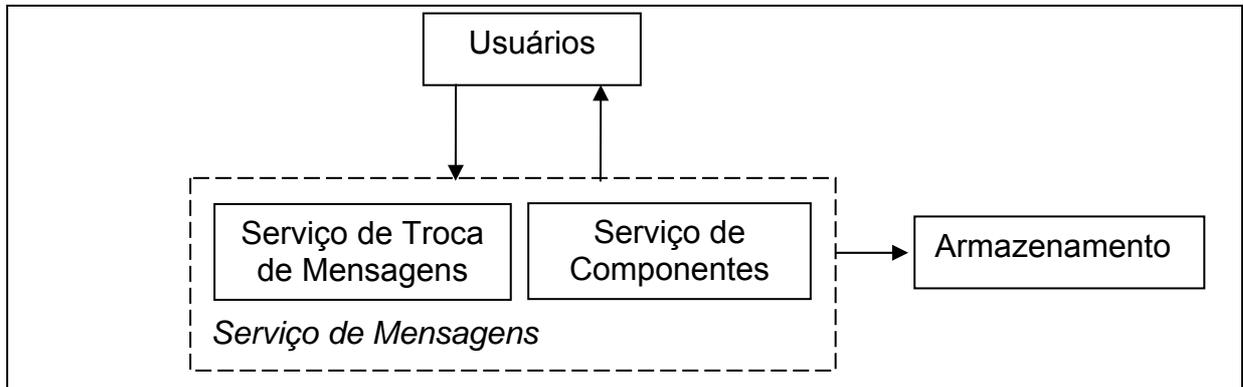


Figura 27. Modelo de comunicação adotado no sistema autor.

Este modelo está presente em todas as interações realizadas sobre a ferramenta de autoria, sendo considerado um dos pontos chave para que todos os módulos do sistema funcionem corretamente, como por exemplo na criação de componentes no módulo visual. O próximo módulo a ser abordado é o de negociação, que será apresentado na seção a seguir.

4.1 Módulo de Armazenamento

O módulo de armazenamento é o responsável pelo registro das interações colaborativas realizadas pelos usuários através da interface do sistema. O que torna todo o processo diferenciado neste modelo, assim como nos demais módulos, consiste na camada de dados colaborativa. Esta camada é a responsável por preparar os dados, realizar a recuperação e apresentação da informação de maneira colaborativa entre todas as interfaces. Fazendo com que, exista um intercâmbio entre o repositório de dados e as interfaces dos usuários em tempo real fazendo com que as informações sejam propagadas para todos os usuários conectados a ferramenta. A Figura 28 apresenta o modelo de armazenamento utilizado na ferramenta de autoria.

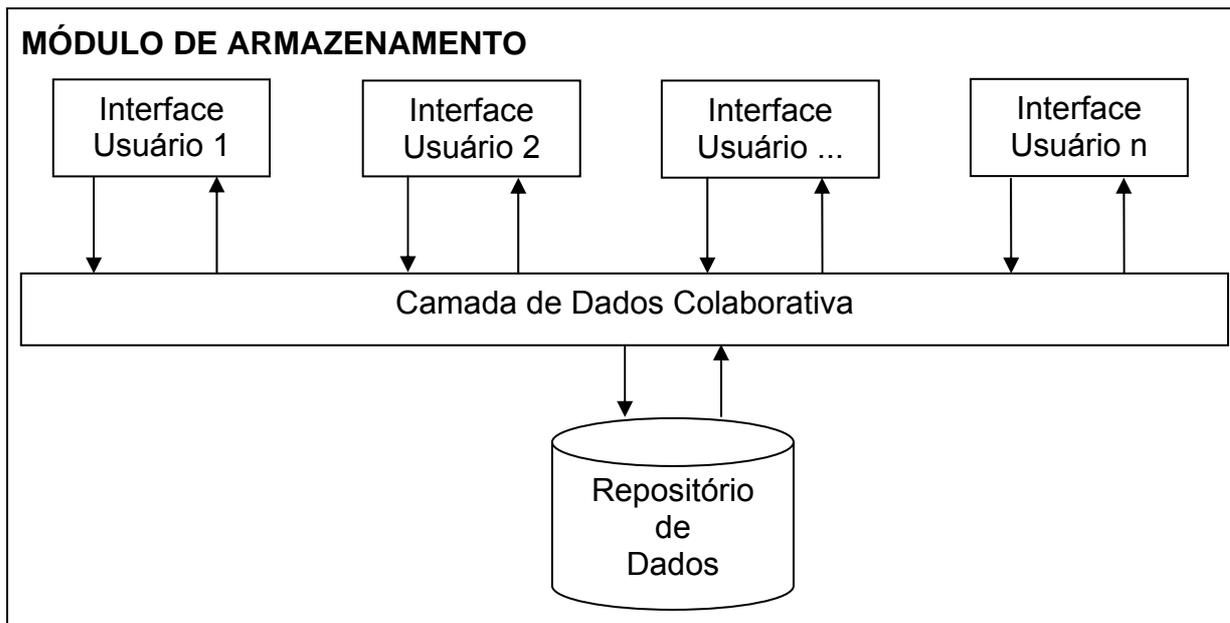


Figura 28. Modelo de armazenamento.

É importante mencionar que existem aspectos relacionados ao modelo de comunicação que interage com o modelo de armazenamento proposto acima. Apesar de o mesmo não ser considerado neste modelo, uma vez que, o modelo de comunicação subsidia a interação e comunicação entre todos os módulos citados. Isto pode ser melhor observado na arquitetura geral do sistema, na qual o serviço de comunicação compõe, de forma transparente, todos os modelos dos módulos citados, conforme poder ser visto na Figura 29.

Desta forma, é possível propor um modelo geral de toda a arquitetura da ferramenta, no qual todos os módulos e modelos apresentados nas seções anteriores deste capítulo desempenham os papéis definidos, tornando todo o processo de interação e construção da ferramenta de autoria possível, sendo apresentado na seção a seguir.

4.5 Arquitetura Geral

A integração de todos os modelos propostos faz com que todo o processo conceitual da ferramenta de autoria fique explicitado, tornando este independente de implementação, podendo considerar estes modelos como uma possível solução aplicável a contextos de problemáticas semelhantes.

Na Figura 29, conforme já mencionado anteriormente é proposta a arquitetura geral da ferramenta de autoria, na qual fica explícita a importância do módulo de comunicação, já que este módulo propõe serviços de mensagens que desempenham um papel de intercâmbio de informações entre as interfaces dos usuários e a camada colaborativa responsável por

desempenhar funções vinculadas a capacidade de tratar os eventos, regras de negócio e os dados, em tempo real na ferramenta de autoria.

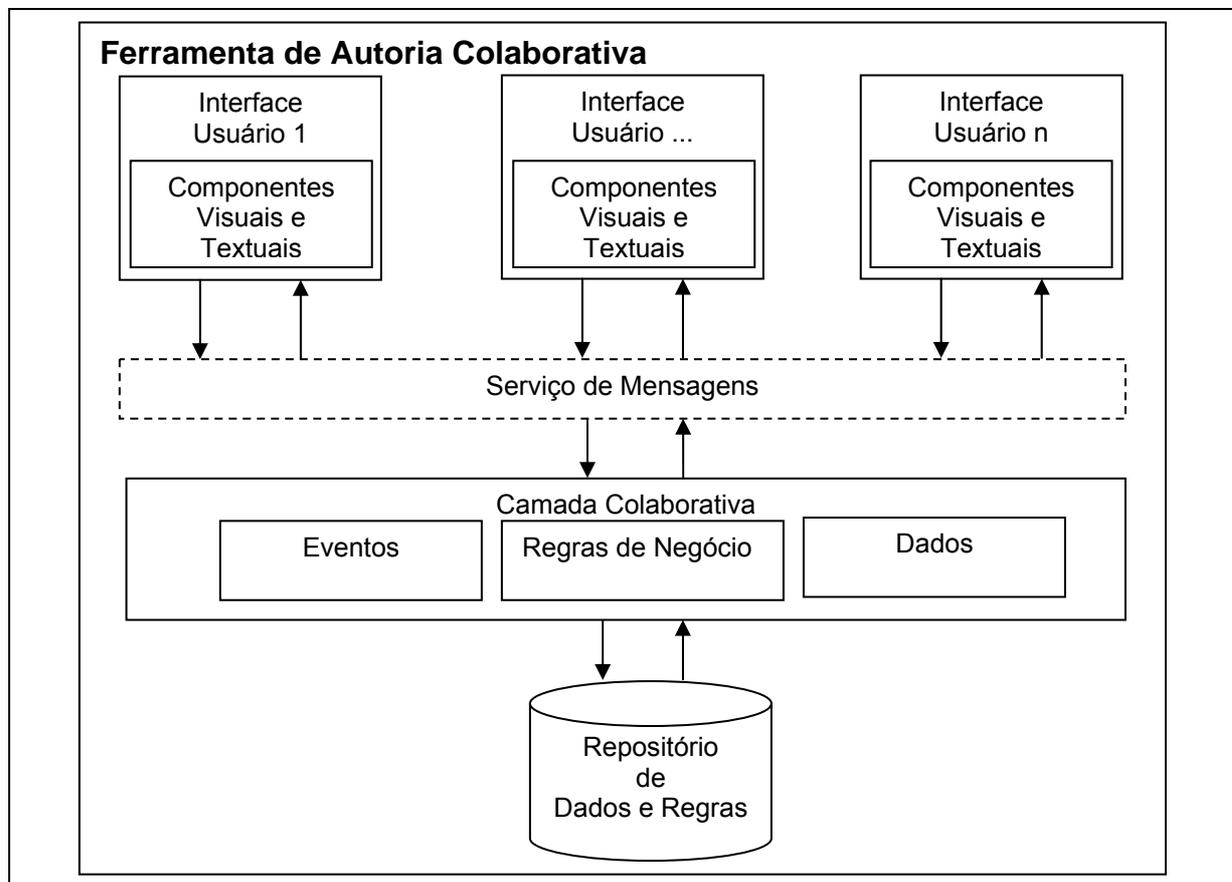


Figura 29. Arquitetura funcional da ferramenta de autoria.

Com este modelo buscou-se sanar ou pelo menos minimizar deficiências demonstradas pelas ferramentas de autoria abordadas no capítulo 3, além disto, propor a arquitetura da ferramenta de autoria Jmap, levando em consideração aspectos como a necessidade de trabalho com comunicação em tempo real, trabalho colaborativo, negociação e armazenamento.

O trabalho com componentes visuais e textuais tende a contribuir para uma melhor interação e entendimento entre os usuários e a interface no modelo proposto, facilitando o processo de negociação e tratamento de eventos executados pela camada colaborativa, sendo que objetos podem ser tratados e automaticamente adicionados.

Estes artefatos assumem um contexto muito mais importante se mencionado a possibilidade de reuso e reaproveitamento de interações anteriores armazenadas, abrindo espaço para o trabalho de componentes adicionais, que podem vir a enriquecer a arquitetura geral do sistema com novas funcionalidades. Baseado nos modelos e na arquitetura proposta

foi desenvolvido o protótipo da ferramenta de autoria Jmap que é apresentada no próximo capítulo deste trabalho.

Capítulo 5

Protótipo

Neste capítulo é proposta uma nova ferramenta de colaboração baseada no modelo construído no Capítulo 4, na qual possam ser considerados aspectos CSCL que tornem o processo de construção do conhecimento mais eficiente e dinâmico no contexto da educação a distância. Tal característica, levando em consideração a abordagem sócio-construtivista-interacionista de aprendizagem de Vygotsky e Piaget, na qual alunos e professores são partes de um grupo social, em que estes devem descobrir e compreender sua participação no contexto, sendo regidos com um mínimo de regras que trabalhem o processo de interação entre estes atores.

O objetivo desta ferramenta de autoria é fazer com que, além do uso da tecnologia, possa ser proposta uma nova perspectiva de aprendizagem, na qual os ambientes interativos de aprendizagem aliados as técnicas de Inteligência Artificial dêem suporte ao processo de construção de conhecimento colaborativo e troca de conhecimentos entre alunos e professores de forma organizada, sendo um novo paradigma para tais ferramentas.

Levando em consideração toda a base de conhecimento exposta durante o trabalho, a definição de um modelo que seja consistente e adequado para análise da atividade educacional à distância, através da proposta de uma ferramenta que modele a interação CSCL é algo complexo. Isto deve-se ao fato de ser preciso definir especificações para a utilização de diversos recursos computacionais que possam auxiliar o processo de aprendizagem e construção do conhecimento, ao invés de prejudicar o aprendizado. Além disto, é necessário entender e identificar o modelo de interação dos usuários e a seqüência de como os eventos ocorrerão dentro deste modelo, de forma a tornar todo o processo mais intuitivo, de acordo com o que foi apresentado no módulo de negociação exposto no capítulo anterior.

Ainda, é necessário levar em consideração todos os recursos computacionais existentes que colaboram para que o processo de construção de conhecimento e aprendizagem não seja confundido com um coquetel tecnológico, no qual, tanto alunos quanto professores sejam meros reféns da aplicação.

Desta forma, considerando todos os conceitos relacionados a CSCL, bem como, os conceitos de mapa conceituais e redes de petri, serão apresentados os artefatos para a construção do protótipo da ferramenta de autoria colaborativa. Assim, é necessário definir e levar em consideração aspectos metodológicos, possibilitando a representação das mais diversas situações e atividades vivenciadas durante o processo de construção, sendo interessante a exposição de uma visão geral do protótipo.

5.1 Visão Geral do Protótipo

O protótipo criado neste trabalho como forma de respaldar os modelos criados foi denominado Jmap devido a utilização da linguagem Java para seu desenvolvimento, possibilitando a construção de mapas conceituais colaborativos. O Jmap consiste em uma ferramenta que utiliza diversos recursos tecnológicos síncronos para auxiliar a construção de conhecimento de forma colaborativa. Além disso, o Jmap extrapola os limites da construção dos mapas conceituais, disponibilizando recursos de vídeo e som para que possa ser abstraído ao máximo o processo de colaboração entre os usuários para a internalização de conteúdo. Todo o processo de desenvolvimento da Jmap levou em consideração as limitações impostas pelas características existentes na educação à distância, no caso a separação geográfica e temporal existentes nesta modalidade de ensino.

Seguindo estes preceitos foi vislumbrado um sistema que funcionasse sobre a plataforma *Web*, com características GPL possibilitando liberdade quanto a sistemas proprietários, que onerassem todo o processo de desenvolvimento e utilização, além de estar disponível a qualquer momento, bem como em qualquer lugar. Porém, existiam barreiras para a construção do protótipo, uma vez que, o que objetivo era uma ferramenta que se diferenciasse das demais encontradas no mercado, e principalmente da Internet, onde quase tudo é realizado de maneira seqüencial, individualmente e assíncrona, tornando a ferramenta mais interessante aos olhos dos usuários envolvidos no processo.

A idéia inicial era a de um ambiente que seguisse a idéia de jogos, baseando-se no fato de que nesses ambientes, cada participante cria seu próprio roteiro e interage com outros usuários de acordo com sua vontade. Porém, em uma ferramenta educacional, deve existir a

figura do mediador, para que todo o processo de construção do conhecimento não seja comprometido, devido ao fato de existirem diversas pessoas envolvidas. Desta forma, com a utilização das redes de petri adaptadas para a realidade do protótipo, se buscou um estado de gerência no qual os roteiros de aprendizagem fossem gerenciados pelos tutores, sendo assim responsabilidade destes tornar o processo organizado e mais interessante para os demais usuários, incentivando a interação e a troca de conhecimento.

Para tanto, foram definidos artefatos tecnológicos, baseados nos estudos de CSCL, que iriam compor a estrutura da ferramenta de autoria Jmap. Dentre estas foi vislumbrado um ambiente educacional no qual fossem disponibilizados recursos como vídeo, câmera e artefatos visuais, todos trabalhando de maneira colaborativa, auxiliando no processo de interação e fazendo uso da camada colaborativa apresentada na modelagem da ferramenta de autoria exposta no Capítulo 4.

Assim, definidos os recursos tecnológicos que deveriam compor a ferramenta, a construção do protótipo do ambiente Jmap foi desenhada por meio de etapas, que foram cumpridas a cada nova evolução da ferramenta de autoria, através da identificação das funcionalidades a serem inseridas no protótipo por meio do diagrama de casos de uso explicitado na Figura 31. Estas etapas apresentam uma visão geral de todas as funcionalidades que compõem a ferramenta de autoria e, além disto, guiaram o desenvolvimento de toda a solução, sendo elas:

1. Criação de artefatos visuais (Mapa conceitual (MC) e Negociação (N)):

- a. Artefatos criados:
 - i. Conceito (MC);
 - ii. *Place* (N);
 - iii. Relacionamento (MC e N);
 - iv. Transição (N);
- b. Modelo de concorrência sobre os artefatos visuais;
- c. Área para construção dos modelos de negociação;
- d. Área colaborativa para a construção dos mapas conceituais vinculados à negociação;
- e. Geração dos relatórios das interações realizadas nos mapas e *chat* da ferramenta;

2. Controle de usuários:

- a. Definição dos usuários do sistema importantes no processo de negociação e gerenciamento da ferramenta;

3. Sala de reunião:

- a. Conexão e disponibilização das imagens da câmera em tempo real do usuário professor para todos os demais presentes na sala de reunião;

4. Sala de vídeo:

- a. Disponibilização de um dispositivo para a seleção de vídeos;
- b. Criar os meios de controle dos vídeos somente para a interface do professor;

Resumidamente, na primeira etapa foram construídos os componentes visuais que possibilitam a interação dos usuários através de uma área de trabalho colaborativa, tanto para a construção dos mapas conceituais quanto para a construção dos modelos de negociação. Na segunda etapa preocupou-se com a criação de um controle de usuários que possibilita o controle ao acesso das funcionalidades do sistema, além de diferenciá-los na troca de mensagens. Na terceira etapa do desenvolvimento utilizando a camada colaborativa proposta na arquitetura geral do sistema no Capítulo 4, foi criada uma sala de reunião baseada no controle de acesso, na qual é disponibilizada a imagem do professor em tempo real. E finalizando, a quarta etapa do desenvolvimento possibilitou a disponibilização de vídeos, controlados pelo professor. Todas as funcionalidades criadas na ferramenta de autoria são detalhadas na seção que descreve o funcionamento do protótipo.

Em paralelo ao desenvolvimento do modelo da ferramenta de autoria, foram realizados estudos sobre linguagens de programação que possibilitassem a implementação de todas as funcionalidades explicitadas nas etapas mencionadas acima. Dentre estas, o Flex que é um *framework* desenvolvido pela Adobe (2007), porém regido pela GPL, que permite a construção de RIA's (*Rich Internet Applications*) se apresentou como a mais indicada. Outras tecnologias como o Ajax foram consideradas, porém devido a problemas com o modelo síncrono de comunicação todas as demais foram desconsideradas.

O Flex é capaz de interagir com linguagens de programação como Java, [Could Fusion], ActionScript e outras, para a criação de aplicações cliente-servidor. As aplicações Flex se utilizam de uma linguagem de marcação para descrever todos os componentes disponibilizados por este *framework*, a MXML (*Macromedia fleX Markup Language*), sendo que esta linguagem é baseada em XML permitindo a manipulação dos componentes visuais através da linguagem interpretada ActionScript.

As aplicações construídas com o *framework* Adobe Flex obedecem ao modelo em camadas MVC (*Model-View-Control*), no qual as camadas de interface, lógica e persistência passam a estar bem definidas. Isto contribuiu para aceleração do desenvolvimento e uma

melhor organização das aplicações, e facilitou o processo de implementação do modelo proposto na arquitetura funcional da ferramenta de autoria mostrada no Capítulo 4, conforme pode ser observado na Figura 30. Neste caso, o Flex é utilizado para a implementação do módulo visual, a linguagem Java para a camada colaborativa e o banco de dados MySQL e a linguagem XML para o módulo de armazenamento dos dados seguindo a estrutura da arquitetura funcional proposta no Capítulo 4.

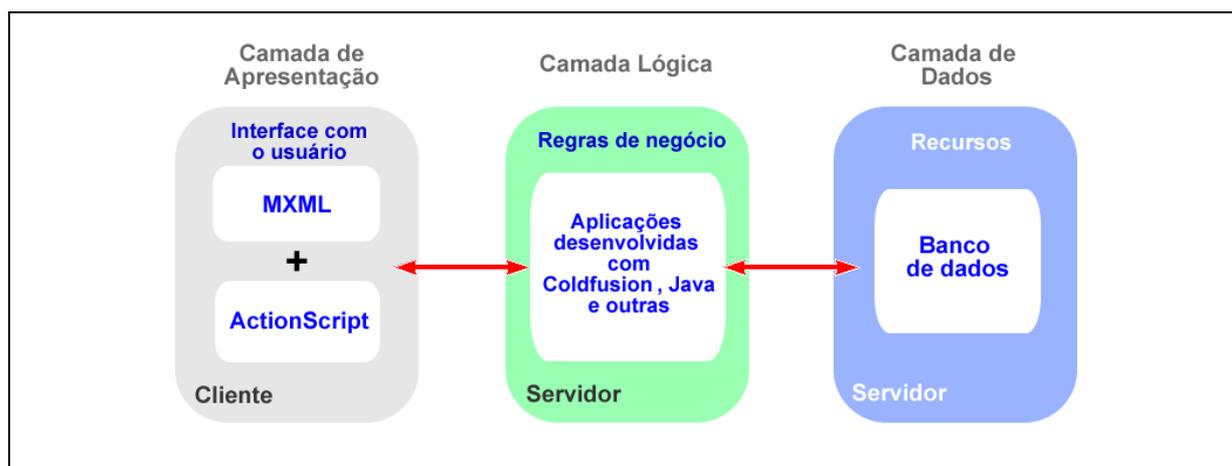


Figura 30. Modelo de desenvolvimento em camadas.

Porém, o que subsidiou a escolha do Flex para o desenvolvimento da ferramenta de autoria Jmap foi a capacidade fornecida pelos serviços *Data Service* e *Message Service* que permitem a comunicação entre distintas aplicações que executam tanto do lado cliente quanto servidor, tornando possível a implementação da camada colaborativa da arquitetura funcional proposta. Mais informações sobre o *framework* Flex e seus serviços pode ser obtido em Adobe (2007).

Além do modelo de colaboração mencionado, o Flex possibilitou a integração de outros serviços responsáveis pela implementação das salas de vídeo e reunião. Para tanto, o FMS (*Flash Média Server*) que consiste em um servidor de *stream*, que integrado ao Adobe Flex, possibilita a disponibilização de conteúdos de vídeo e som em tempo real. Todas as ferramentas utilizadas para a implementação do Jmap apesar de serem definidas por uma empresa com fins lucrativos, são de código aberto e sem ônus aos usuários.

Assim, uma visão macro de todo o sistema pode ser obtida através da demonstração dos artefatos utilizados para a construção do protótipo. Na próxima seção são apresentados o diagrama de casos de uso e o diagrama de classes, que foram utilizados para a construção do ambiente Jmap.

5.2 Artefatos do Protótipo

Diversos artefatos para a construção de *software* poderiam ter sido utilizados para a definição da estrutura e construção do protótipo da ferramenta Jmap. Porém, nenhum destes exporia com tanta clareza as funcionalidades que deveriam ser supridas, além de possibilitar uma visão macro de todo o sistema de maneira a identificar todo o produto.

Com isto, foram identificados os requisitos que deveriam compor o Jmap, baseado na arquitetura funcional proposta, de forma a proporcionar uma ferramenta CSCL que colaborasse com a construção de conhecimento entre vários indivíduos. Após a identificação dos requisitos que deveriam compor o protótipo da ferramenta Jmap, foram elaborados os diagramas de casos de uso e diagramas de classe.

No diagrama de casos de uso foram identificadas as funcionalidades que seriam interessantes para uma ferramenta CSCL e englobadas na visão geral do sistema e nas etapas de desenvolvimento, levando em consideração todas as possibilidades fornecidas pelas tecnologias Web, Flex e o FMS, de maneira colaborativa, sem esquecer a possibilidade da construção de artefatos visuais, no caso os mapas conceituais além do processo de negociação que deveriam existir nesta ferramenta. A Figura 31 apresenta o primeiro artefato de produção do *software* Jmap, o diagrama de casos de uso.

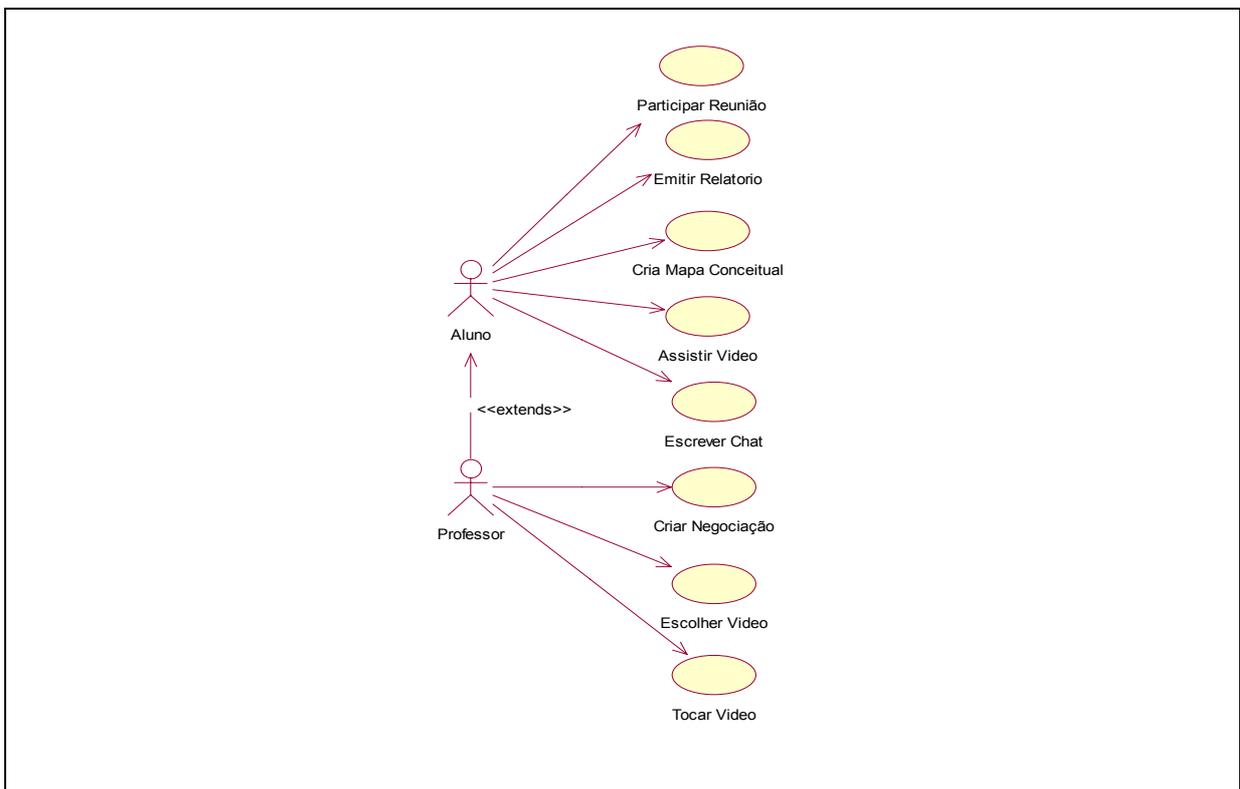


Figura 31. Diagrama de casos de uso do protótipo Jmap.

Todas as funcionalidades propostas no diagrama de casos de uso da Figura 31 foram implementadas nas etapas de desenvolvimento mencionadas na seção anterior de visão geral do protótipo. É interessante mencionar o fato de o usuário professor ser uma especificação do usuário aluno, possuindo funcionalidades que são exclusivas a este.

O segundo artefato a ser considerado, consiste no diagrama de classes que explicita as classes Java que compõem toda a modelagem do protótipo da ferramenta. Com isto, é possível ter uma visão geral de todo o sistema e do relacionamento e responsabilidades dos usuários envolvidos. Dentre os detalhes que diferenciam a ferramenta de autoria colaborativa, e que é levado em consideração nesta modelagem, estão preceitos de negociação.

O processo de monitoração da interação e negociação é algo complexo em ferramentas colaborativas conforme já citado na seção que tratou o modelo de negociação no Capítulo 4. Para tanto, no trabalho foram considerados conceitos oriundos das redes de petri, que tiveram de ser adaptados, uma vez que, deveríamos tratar os *places* como os usuários do sistema e as transições, um acordo, ou mesmo um consenso entre estes. Porém, era necessário ainda diferenciar os usuários em professores e alunos conforme explicitado no diagrama de casos de uso. Desta forma, a rede de negociação baseada nas redes de petri foi adaptada, possuindo uma marcação para diferenciar estes usuários, tornando o processo de modelagem da negociação mais nítido e gerenciável através de perfis que possibilitaram o controle sobre a transição de estados nas interações, guiando todo o processo de aprendizagem que é realizado com a construção dos mapas conceituais.

Isto possibilita ao gestor da ferramenta que crie o modelo de interação ideal, ou pelo menos, mais próximo de sua realidade, dando assim liberdade para que todo o processo seja trabalhado de maneira menos traumática, minimizando a resistência quanto a sua utilização. Estes elementos descritos no diagrama de classes possibilitam que possam ser mantidas e analisadas as interações, fornecendo uma melhor mensuração dos pontos que devem ser considerados e os que devem ser descartados.

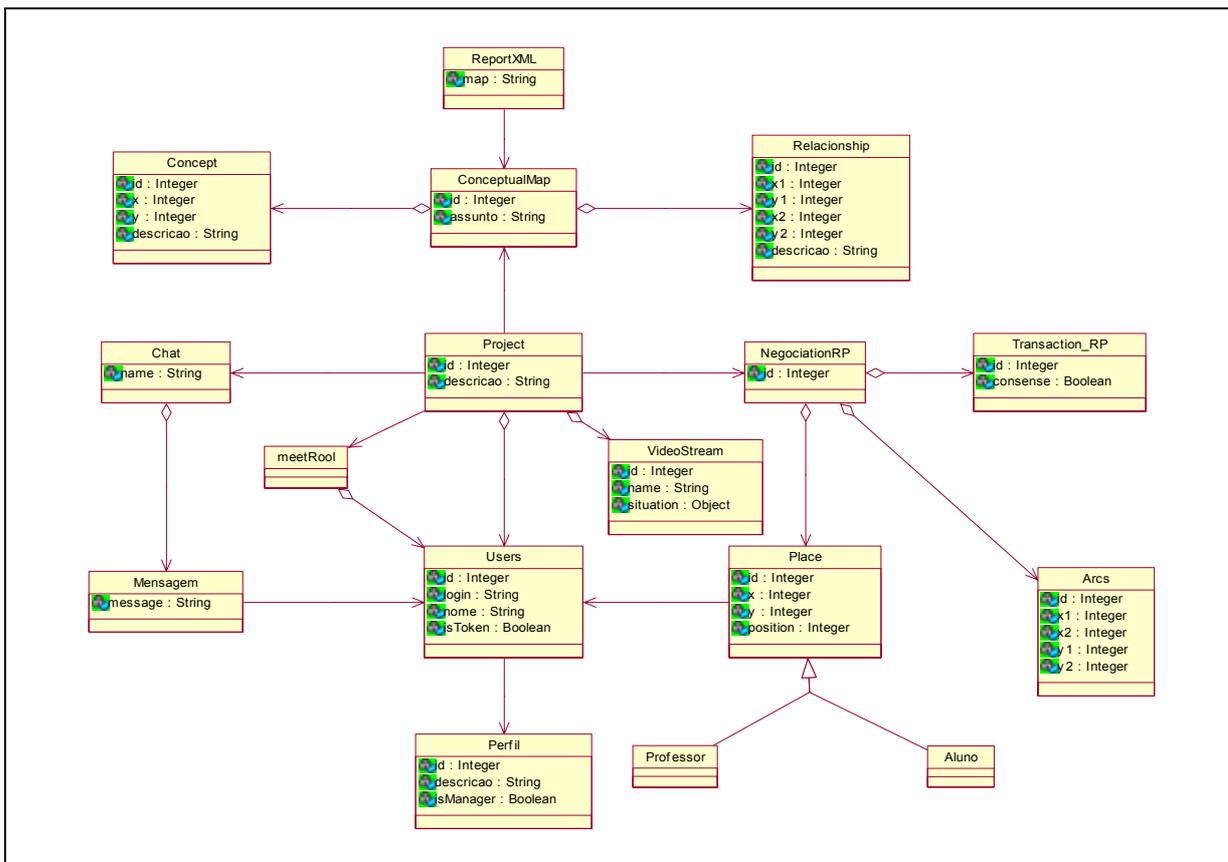


Figura 32. Diagrama de classes do protótipo da ferramenta de autoria Jmap.

Em sua maioria, o diagrama de classes corresponde a classes construídas em Java e ActionScript que eram correlatas, uma vez que o Flex exige que as classes em ActionScript descrevam fielmente as classes Java utilizadas. Porém, existem classes que somente foram implementadas utilizando a linguagem ActionScript, uma vez que, esta somente era interessante para o módulo visual. Um exemplo disto são as classes que compõem o *chat* do protótipo da ferramenta Jmap.

5.3 Protótipo

Tudo que foi exposto neste trabalho determinou as diretivas da construção da ferramenta de autoria colaborativa para a criação de mapas conceituais, Jmap, subsidiando o processo de construção de conhecimento conforme será apresentado nesta seção através das telas da ferramenta de autoria. Diversos aspectos devem ser levados em consideração na ferramenta, que a torna diferenciada, sendo que, dentre estes, podem ser citados o processo de negociação, na definição das regras através da utilização das redes de petri que foram adaptadas à realidade do protótipo e ou mesmo através da utilização de técnicas para

representação de conhecimento de maneira colaborativa e em tempo real. Na Figura 33 é apresentada a tela inicial da ferramenta de autoria Jmap.

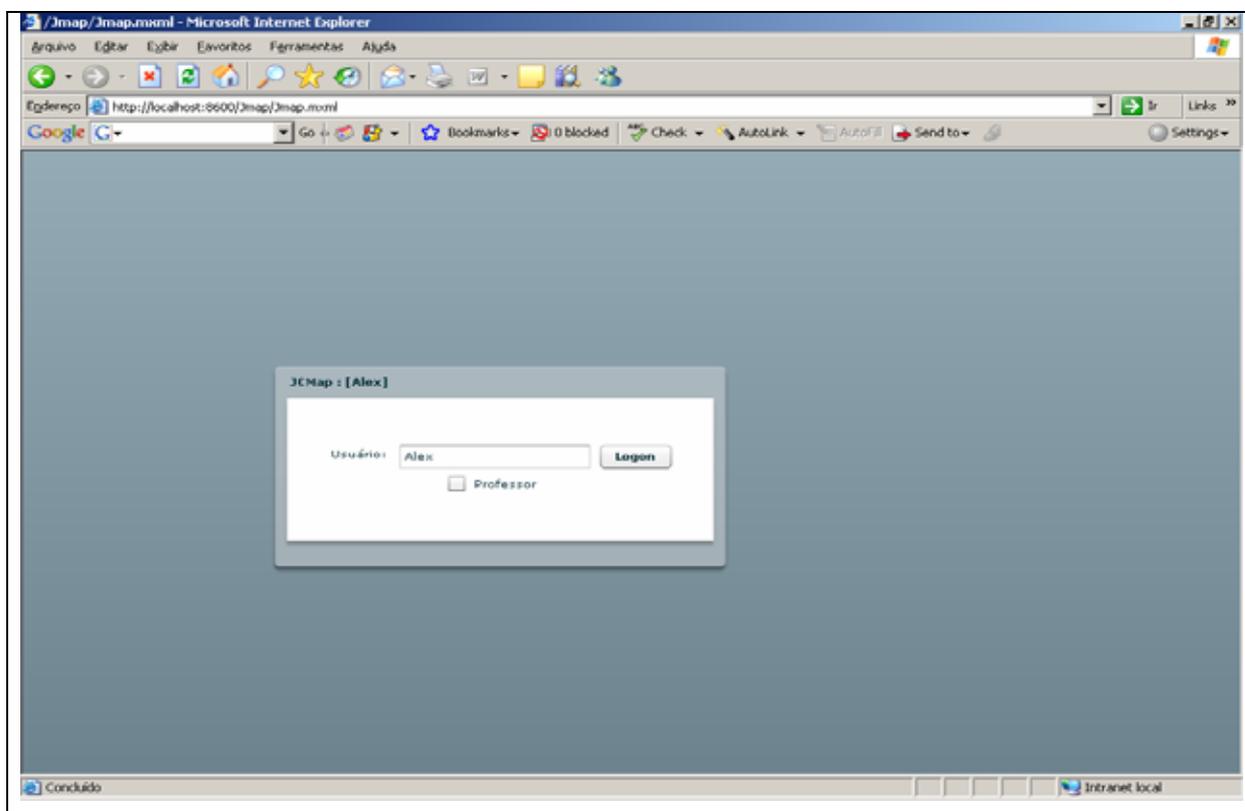


Figura 33. Tela inicial do sistema Jmap.

Na Figura 33 pode ser observada a tela inicial do protótipo que é composta de campos para a identificação dos usuários, sendo que neste momento são identificados se este é um professor ou mesmo um aluno. Uma vez que, este seja identificado como professor, serão apresentadas funcionalidades específicas a este tipo de usuário, conforme foi apresentado na Figura 31, na qual pode ser observado o diagrama de casos de uso. Estas funcionalidades são apresentadas no menu do sistema, que é apresentado na parte superior da tela de apresentação do ambiente Jmap, como é demonstrado na Figura 34.

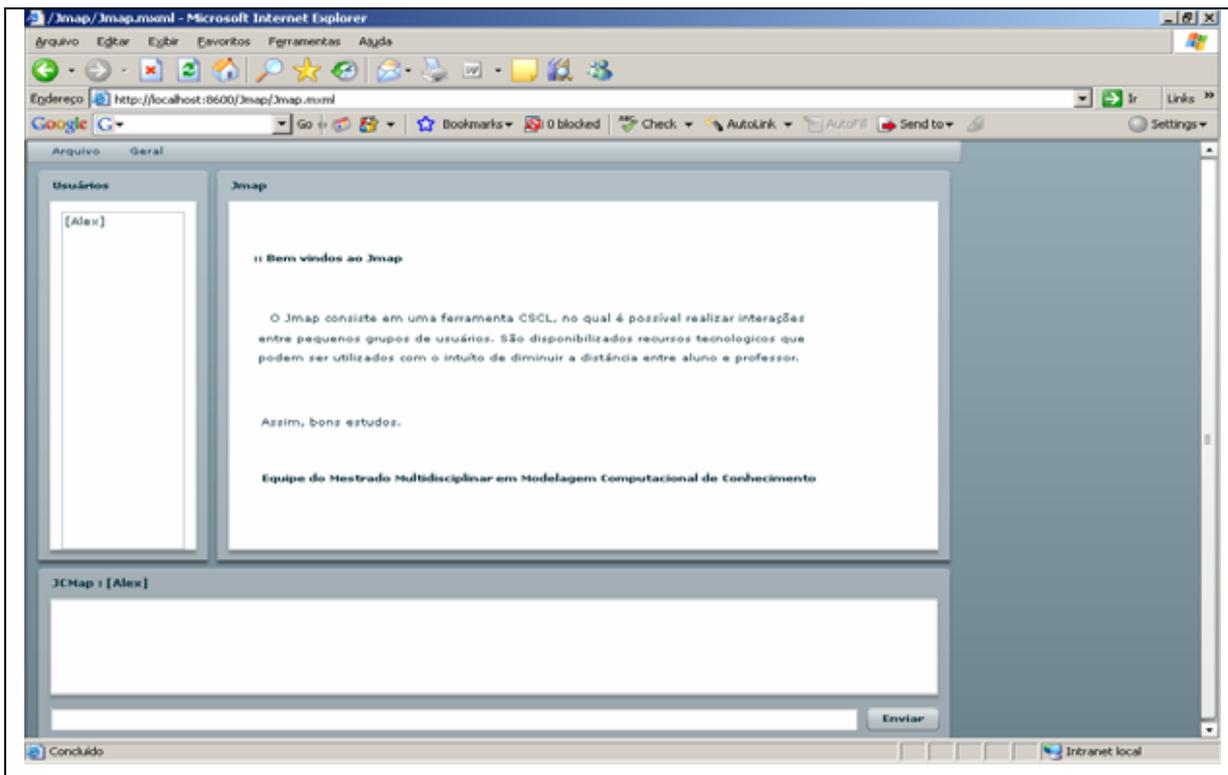


Figura 34. Tela de apresentação do sistema Jmap.

Já na tela de apresentação é disponibilizado um *chat* para a troca de mensagens e informações de maneira síncrona entre os usuários da ferramenta, em que podem ser definidas as tarefas a serem realizadas dentro do próprio Jmap. Além disto, é possível a identificação dos usuários presentes no ambiente, além de saber quem são os gestores do processo através de marcações diferenciadas nos nomes dos mesmos como é observado no lado esquerdo da Figura 34.

Deste ponto da ferramenta podem ser acessadas outras funcionalidades que tornam o processo de construção de conhecimento mais rico, além de observável e mensurável pelos gerentes e responsáveis pela interação. A Figura 35 apresenta a funcionalidade que foi o ponto central deste trabalho, no caso os mapas conceituais colaborativos em tempo real para a concepção de documentos, em forma de relatórios, juntamente com o processo de negociação que será demonstrado na Figura 36.

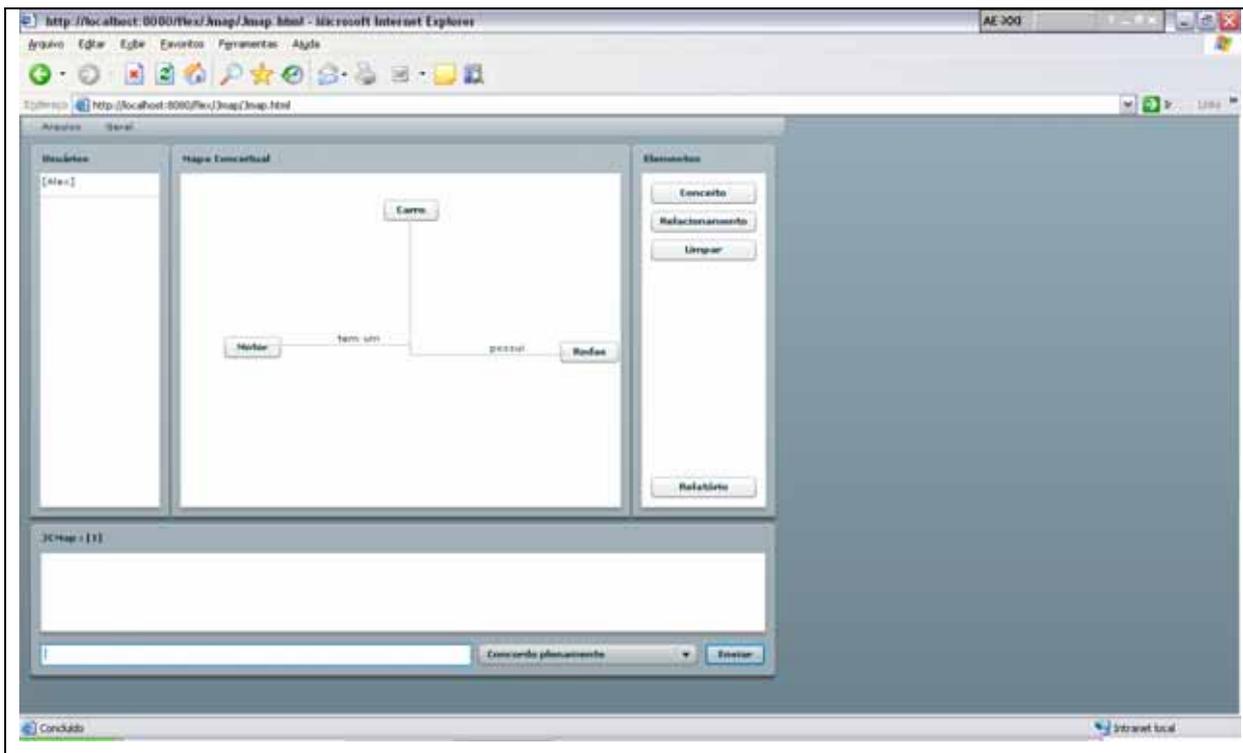


Figura 35. Tela para a construção dos mapas conceituais na Ferramenta Jmap.

Nesta funcionalidade existem características que devem ser mencionadas como a utilização de um novo *chat*, que possui limitações, mas que contribui para que sejam estabelecidas as posições favoráveis ou contrárias a estrutura de conceitos construídas, sendo responsável por chegar a um consenso e com isso uma transição dos *tokens* na negociação associada ao mapa a ser construído, com a descrição de aceitação ou mesmo discordância do ponto de vista, sendo imprescindível para o processo de negociação que será apresentado mais adiante neste Capítulo. Regras comuns a um mapa conceitual, como a disposição dos elementos mais importantes da esquerda para a direita, podem ser estabelecidas com a utilização do *chat* livre que completa a funcionalidade da Figura 35.

A outra característica desta funcionalidade é o processo de geração do relatório no formato XML, isto sobre os elementos dispostos no quadro branco no qual foi construído o mapa conceitual, além das interações realizadas pelos *chats*. Na Figura 36 é apresentada a tela com o relatório de uma interação. Este processo é interessante, pois abre espaço para trabalhos futuros como a utilização destas interações para respostas automáticas da ferramenta.

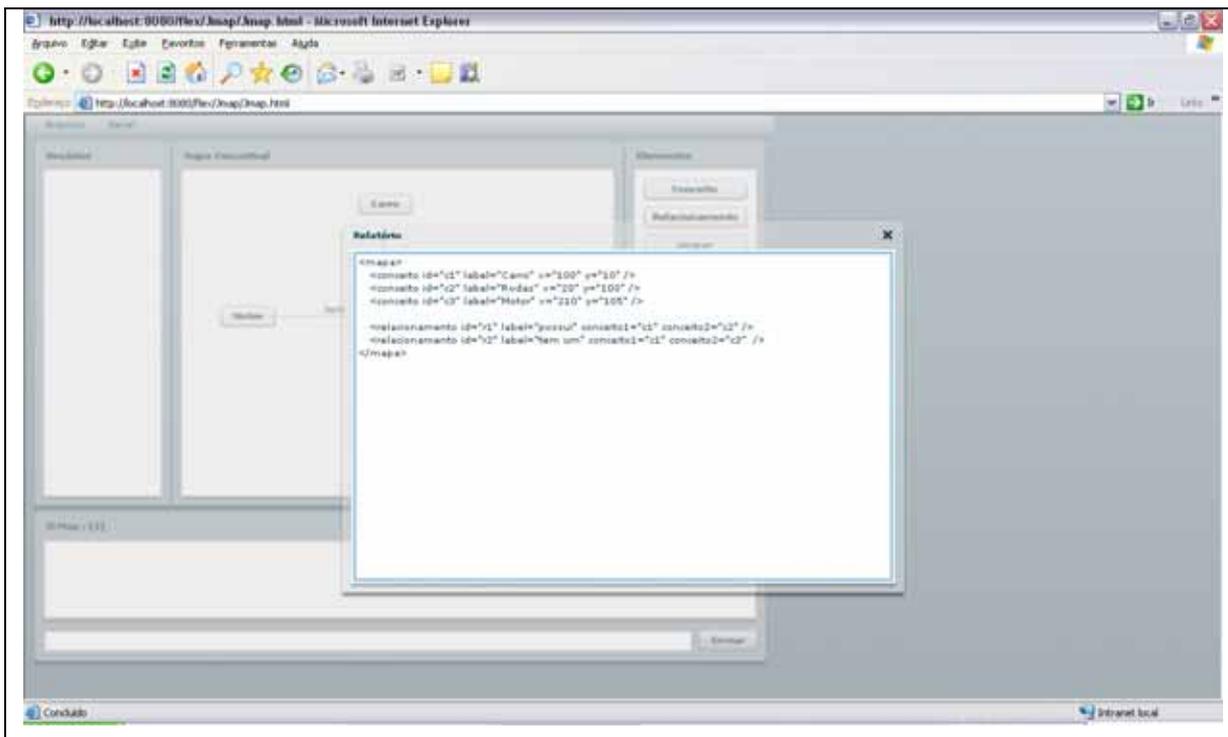


Figura 36. Relatório da interação na construção dos mapas conceituais e *chats*.

Desta forma, e como demonstrado no Capítulo 2, os mapas conceituais construídos e os relatórios das interações efetuadas no Jmap, podem ser utilizados no contexto educacional, seja ele convencional ou mesmo no modelo de educação a distância, como um recurso psicopedagógico do professor, tanto para a construção do conhecimento quanto para o processo de avaliação e melhoras que podem ser realizadas no processo de aprendizado, sendo um recurso meta cognitivo para todos os usuários envolvidos no processo colaborativo, uma vez que, todo o processo de raciocínio estará sendo revisto a todo o momento e reestruturado de maneira a se obter uma melhor visão do contexto através das contribuições registradas de cada participante e o grupo.

Todo o processo de construção de conhecimento por meio dos mapas conceituais apresentado com diversos pontos de vista na ferramenta de autoria depende do modelo de negociação que previamente deve ser construído, antes da construção dos mapas, através da utilização da funcionalidade do sistema denominada “Negociação”. A Figura 37 demonstra a tela para a construção dos modelos de negociação, através da utilização de componentes baseados na idéia das redes de petri, porém alterados, para que seja possível o trabalho com múltiplos tipos de usuários.

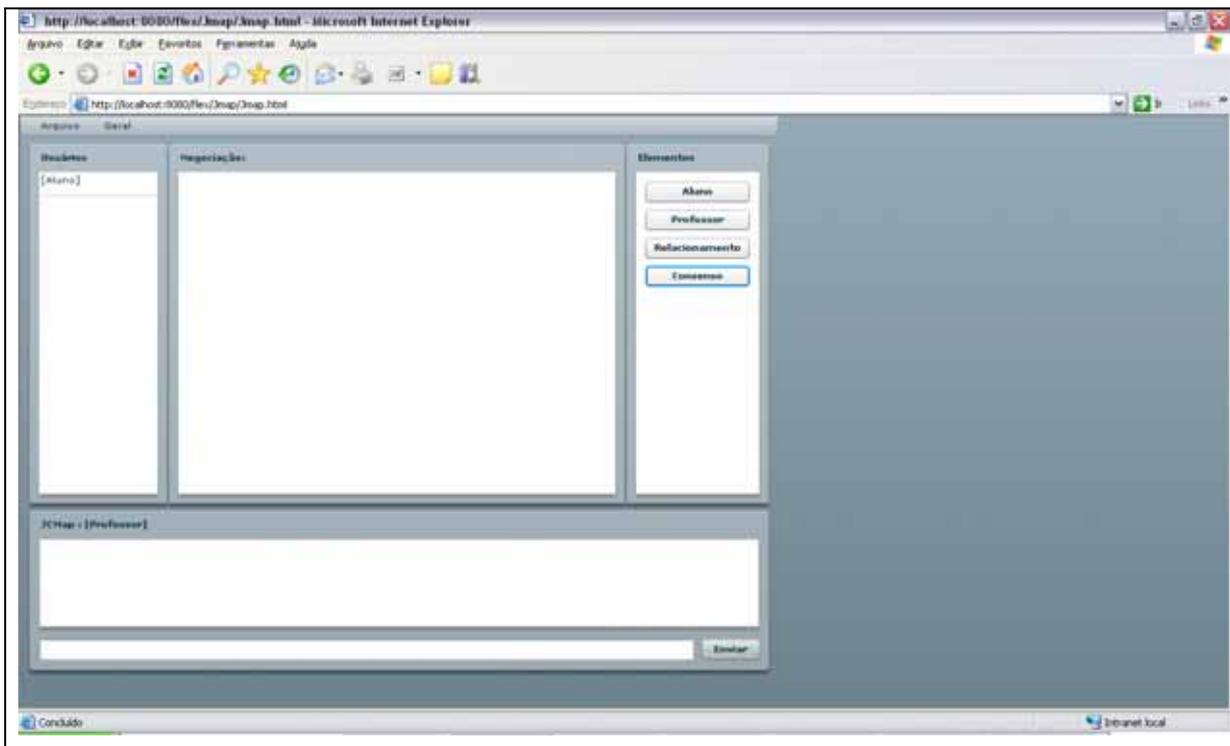


Figura 36. Tela para a construção dos modelos de negociação da ferramenta Jmap.

Através desta funcionalidade é possível a criação de modelos de negociação colaborativa a serem utilizados por alunos e professores envolvidos na atividade. Esta só está disponível para os usuários que se identificarem como professores. As redes de petri foram a base desta funcionalidade no protótipo, como citado no início deste capítulo, porém sofreram adaptações no processo de implementação para possibilitar uma negociação mais coesa para a utilização no processo de construção dos mapas conceituais. No caso, como pode ser observado na Figura 37, existem dois tipos de *place* (Aluno e Professor) que são identificados para descrever o momento que deve ocorrer a intervenção de alunos ou professores no processo colaborativo de confecção do mapa conceitual.

Um detalhe que deve ser mencionado no contexto da funcionalidade de negociação consiste no fato de que não é definido um estado final para os modelos de negociação criados na ferramenta de autoria. Assim, a qualquer momento pode ser encerrado o mapa conceitual com a solicitação do relatório, presente na tela para a construção dos mapas conceituais como explicitado na Figura 36.

Imaginou-se a utilização das redes de petri coloridas, porém estas diferenciam os *tokens* por meio de tipificações e não os *places*, o que impossibilitou a utilização desta variação. A implementação dos modelos de negociação com rede de petri ocorreu com a utilização do modelo de filas FIFO (*Fist In Fist Out*), no qual eram produzidos e consumidos

os elementos da negociação a cada transição, agindo sobre a posição dos *tokens*, tornando todo o processo de construção dos mapas conceituais roteirizado. Para tanto é necessária a definição da ordem em que estes elementos serão consumidos, uma vez que, na criação dos componentes nem sempre a ordem em que estes são criados é a mesma que estes possuem na negociação, então esta posição deve ser claramente explicitada, conforme é apresentado na Figura 38.

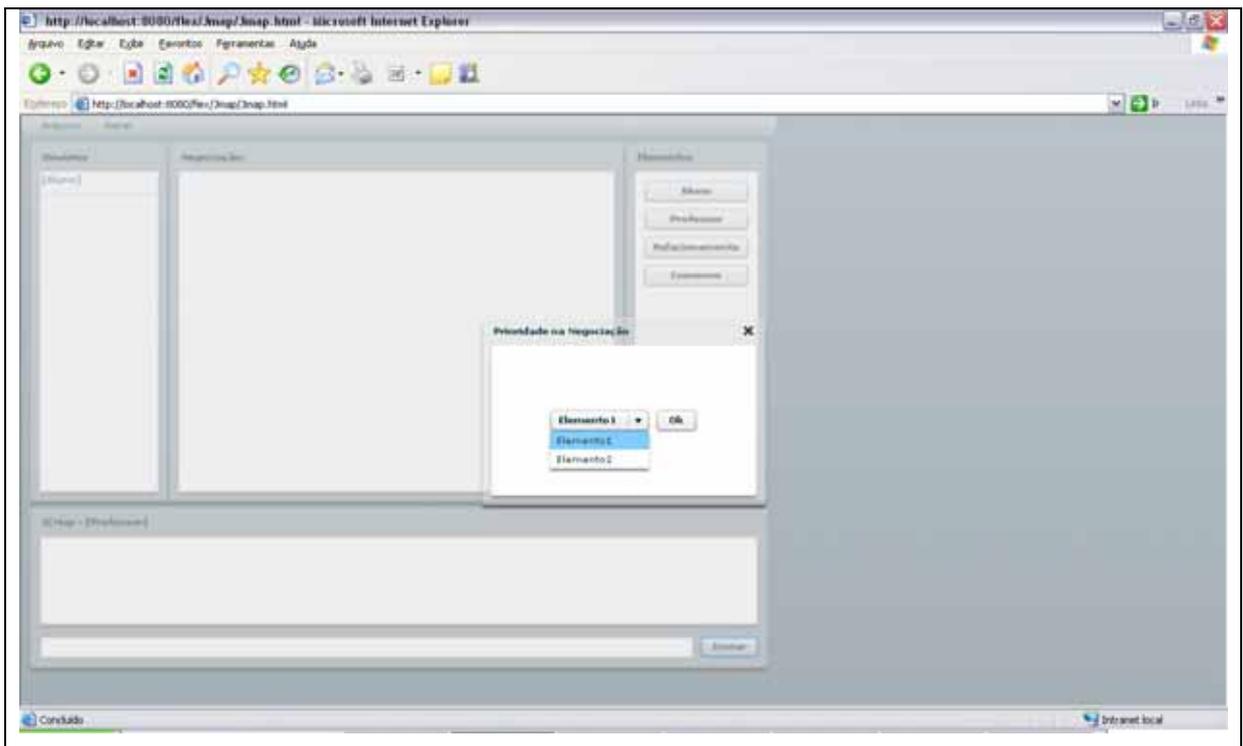


Figura 37. Definição da ordem dos elementos de uma negociação

As transições são realizadas na implementação através do consenso sinalizado por meio do acionamento das opções oferecidas no *chat* limitado, que é demonstrado na Figura 35. Quando uma transação é disparada ela consome os *tokens* presentes na fila, realizando o processamento necessário, e então re-allocando a fila e os *token* em suas novas posições.

Novas funcionalidades foram acrescentadas ao ambiente Jmap durante o processo de levantamento do estado da arte e mesmo elaboração das funcionalidades que seriam interessantes para um ambiente que possibilitasse o enriquecimento do processo de construção de conhecimento em uma ferramenta CSCL, sendo uma nova proposta para outras ferramentas existentes no mercado.

Uma funcionalidade que se mostrou interessante neste contexto, consiste na “Sala de Reunião”, presente no protótipo da ferramenta de autoria Jmap, no qual os alunos podem

interagir com o professor através do *chat* e, além disto, podem ser realizadas exposições visuais através de imagens disponibilizadas para os alunos pelos professores com a utilização de uma *webcam*.

O modelo desta funcionalidade passa a ter um ar de nostalgia, sendo que remete as aulas tradicionais em sala de aula, no qual alunos são expectadores. Porém, apesar deste modelo estar estigmatizado como ultrapassado, este, no momento certo, e com materiais que contribuam para uma maior produtividade, possui sua eficiência, encurtando a distância entre os professores e alunos da educação a distância o que deve sempre ser perseguido nesta modalidade de ensino. Na Figura 39 é apresentada a tela que demonstra esta funcionalidade.

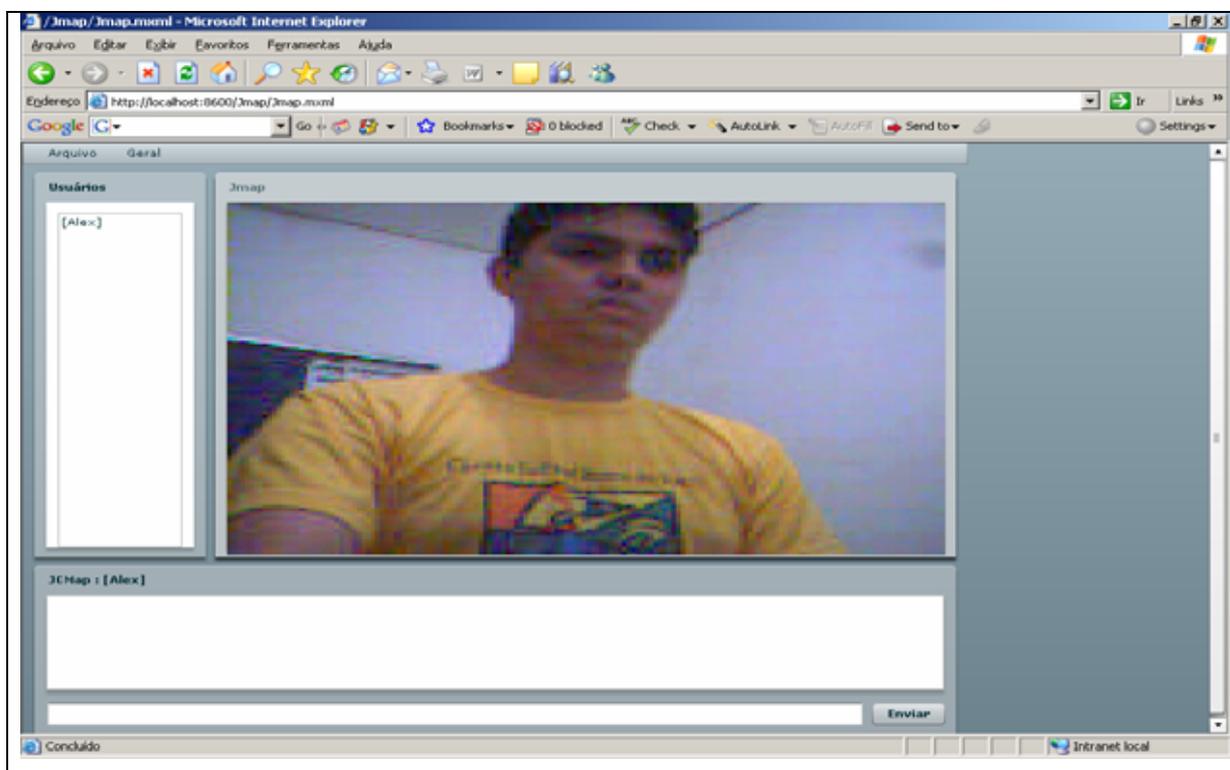


Figura 38. Tela da sala de reunião da ferramenta Jmap.

Finalizando a apresentação da ferramenta Jmap, outra funcionalidade que foi adicionada ao contexto deste protótipo, através dos estudos sobre a CSCL, foi a “Sala de Vídeos”, no qual somente o professor tem o controle para iniciar, pausar ou mesmo interromper a apresentação de um vídeo de maneira colaborativa, o qual deve estar previamente armazenado no servidor disponibilizado através de uma lista. Uma vez iniciada a apresentação pelo professor, o vídeo será apresentado a todos os usuários conectados à ferramenta Jmap.

Desta forma, é disponibilizado um componente tecnológico que pode contribuir sensivelmente para um melhor aprendizado, ainda mais em uma modalidade como a da educação à distância no qual os recursos tecnológicos e ferramentas são essenciais para o compartilhamento de conhecimento. Outro recurso que deve ser mencionado e que está presente em todas as funcionalidades da ferramenta consiste no *chat*, no qual podem ser iniciadas discussões sobre o que está sendo apresentado. A Figura 40 demonstra a tela para a exposição de vídeos no protótipo.

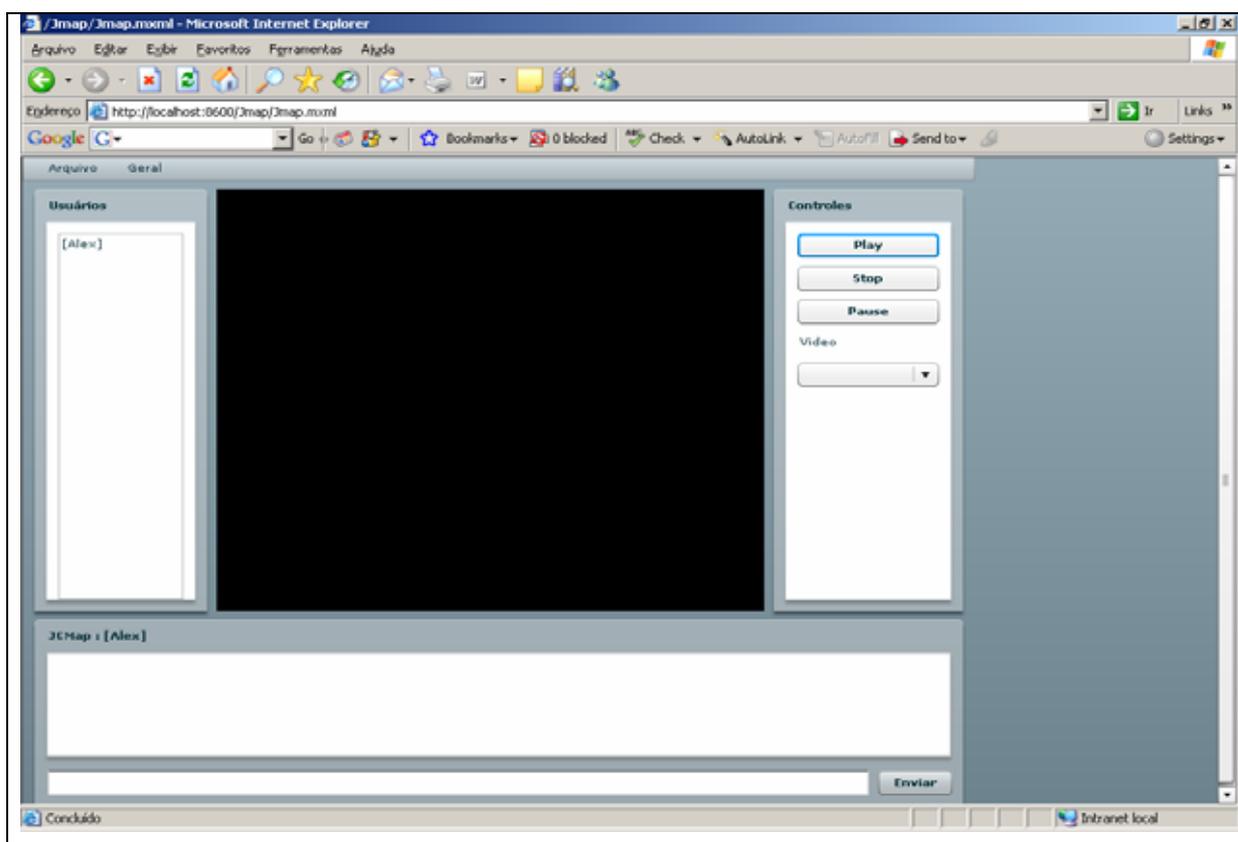


Figura 39. Tela da Sala de vídeo do sistema Jmap.

Assim finalizamos a apresentação do protótipo da ferramenta Jmap, no qual tentou-se apresentar um novo modelo de ferramentas em que se propicie um maior alcance de professores e alunos a recursos tecnológicos, além de ferramentas cognitivas que auxiliem e contribuam consideravelmente no processo de construção de conhecimento, seja no modelo de ensino convencional, mas em especial no modelo de educação a distância.

Esta, por sua vez, pode contribuir sensivelmente como um modelo para a construção de ambientes interativos de aprendizado mais completos e assim mais eficientes levando em consideração características CSCL, buscando minimizar deficiências no aprendizado do aluno

ou mesmo possibilitar uma melhor mensuração dos resultados do aprendizado dos alunos através dos mapas conceituais e demais recursos tecnológicos.

Todas as funcionalidade apresentadas podem remeter ao processo utilizado nas salas de aula, no qual o aluno possa ter a sensação que estão sempre monitorados. Diversas técnicas podem ser utilizadas para fazer com que a interação entre os participantes se tornem mais atraentes, como as utilizadas em sistemas de sucesso como o MSN e Orkut, por exemplo, sendo uma nova perspectiva para tais ambientes.

Capítulo 6

Considerações Finais

Foram apresentados neste trabalho diversos conceitos e características relevantes a construção da ferramenta Jmap, no qual se buscou a especificação de modelos e conseqüentemente uma ferramenta de autoria CSCL diferenciada levando em consideração a construção e mensuração de conhecimento através da análise das interações e mapas conceituais criados, propostos através dos modelos criados e apresentados no Capítulo 4. Tanto os modelos quanto o protótipo foram finalizados e atendem as expectativas iniciais propostos no objetivo deste trabalho. O crescimento exponencial pelo qual a educação a distância vem passando no Brasil, só contribui para que ferramentas e esforços no sentido de uma educação de qualidade, no qual o processo de aprendizagem possa ser enriquecido e mensurado com a utilização de recursos tecnológicos tornem-se importantes.

Ferramentas como o Jmap, contribuem para que novas possibilidades possam ser vislumbradas no contexto de educação a distância. A reunião de recursos tecnológicos suportados pela Web de maneira organizada, torna todo o processo de construção de conhecimento mais interessante e menos maçante aos olhos de alunos e professores, fazendo com que todo o conteúdo produzido preferencialmente por meio de interações colaborativas, auxilie em novas visões para temas de mútuo interesse entre os participantes, sendo diferenciado de tudo o que é encontrado para o processo de ensino primando por uma avaliação formativa dos participantes.

Ciências como a CSCL e técnicas como a Inteligência Artificial contribuem de forma diferenciada na elaboração de soluções de aprendizagem, isto devido à gama de informação que formam a base de modelos até então praticados para que não ocorram surpresas quanto a aplicação destas soluções. Com isto, passou a primar-se pela construção de ferramentas que

finalizem com o paradigma aplicado até então pelos meios de educação a distância, nos quais instrutores eram meros “conteudistas” e alunos receptores sem poder de opinião e interação, sendo meros espectadores no processo.

A inserção de mapas conceituais como ferramenta auxilia para a construção de conhecimento na educação a distância, em conjunto com estruturas de comunicação síncronas e assíncronas, possibilitam que atividades cognitivas sejam realizadas contribuam para que os usuários participantes contrastem seus modelos de conhecimento, gerando discussões e questionamentos que façam com que todo o processo seja sensivelmente enriquecido e bem mais produtivo.

Fica claro que a combinação de tecnologias auxiliares como *chat*, e-mail, fórum de discussão, portfólio, mural, *help on-line* e listas de discussão, contribuem significativamente para o processo, uma vez que, são opções nas quais professores podem colaborar para uma mediação e compartilhamento de pontos de vista e orientação das ações entre os participantes.

Dessa forma, o protótipo da ferramenta Jmap conforme é apresentado no Capítulo 4 e 5, consiste em uma ferramenta que contribui para uma reflexão sobre as ferramentas do cenário atual, buscando um maior processo de interação mesmo com características tão complexas como as encontradas na EAD. A utilização de mapas conceituais na educação a distância demonstra ser um rico artefato para auxílio na construção de conhecimento, além de tornar o processo de avaliação de alunos mais coeso e mensurável.

Foram levadas em consideração diversas possibilidades tecnológicas para uma melhor interação entre os envolvidos, considerando uma comunicação síncrona, contribuindo para o processo de construção e conhecimento. O protótipo foi desenhado para formação de pequenos grupos de usuários, que interagindo possam contribuir uns com os outros no processo de aprendizagem.

Segundo pesquisas recentes apresentadas por Melhor (2007) um processo de colaboração entre pequenos grupos na busca pela construção do conhecimento no modelo de educação a distância chega a um percentual de 80% de aproveitamento sobre o conteúdo discutido, sendo que o mesmo conteúdo repassado presencialmente em uma aula convencional não passa de 65% de aproveitamento. Isto se dá devido ao fato de os estudantes da EAD envolverem-se mais com os cursos, fato que foi comprovado em pesquisas realizadas pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) e pela *Harvard University*.

O suporte ao processo colaborativo na construção de conhecimento neste modelo de ensino, disponibilizado pelo protótipo demonstra ser um caminho irreversível na complexa trama de ensinar e aprender, até então colocado em segundo plano pela metodologia de ensino

trabalhada atualmente. O aprendizado que ocorre de maneira individual, com a utilização da ferramenta passa a ser enriquecido com a interação da estrutura cognitiva de outros participantes, produzindo novas aquisições, o que possibilita uma reflexão e então mudanças se necessário.

Além disto, a ferramenta busca um enriquecimento no processo de mensuração do aprendizado através de uma avaliação formativa que pode contribuir para o aperfeiçoamento, tanto dos alunos quanto do processo de disseminação do conteúdo, algo extremamente complexo no processo de ensino e aprendizagem e de forma mais significativa na educação a distância. Com a utilização da tecnologia e conceitos CSCL, aluno e professores desta modalidade de ensino podem sair de uma situação de passividade no processo, sendo agentes ativos na construção de conhecimento, conforme explicitado durante todo o trabalho.

Assim, este trabalho contribui para um processo de aprendizado e construção de conhecimento, de forma coletiva, no qual a troca de informações seja mais ampla. Conseqüentemente, contribuir para um significativo aumento na capacidade de estruturação do pensamento cognitivo de cada indivíduo, a partir da formação de pequenos grupos na construção de mapas conceituais e exposição de outros recursos tecnológicos na educação a distância, colocando a disposição de alunos e professores uma maior gama de informações, o que enriquece sua aprendizagem sobre o conteúdo. Além disto, foi proposto um novo modelo de interação e troca destas mensagens, diante de todos os conceitos sobre a CSCL que consiste em um tema de extrema relevância no contexto social vivido.

6.1 Trabalhos Futuros

A real mensuração da relevância de um trabalho está diretamente ligada às possibilidades de continuidade e aperfeiçoamento que este demonstra. Assim, diversos trabalhos podem ser vislumbrados a partir deste, dentre estes os mais significativos são listados a seguir:

1. Realização de um estudo de caso com a ferramenta para mensurar a efetividade do funcionamento do Jmap em ambientes educacionais a distância, com pequenos grupos de usuários;
2. Utilização de métricas automáticas para mensuração dos mapas construídos, ou seja, o próprio sistema ter a capacidade de emitir uma avaliação do que foi construído levando em consideração projetos de mapas conceituais já

realizados anteriormente no Jmap, utilizando para isto técnicas de Inteligência Artificial como o raciocínio baseado em casos ou mesmo redes bayseanas;

3. A realização de estudos vinculados a técnicas de interface homem-máquina, enriquecendo a ferramenta, levando em consideração aspectos de acessibilidade dos usuários, e características individuais de cada participante, fazendo com que o sistema se adapte e forneça uma interface mais rica contribuindo para a interação e aprendizado destes usuários;
4. Ampliação da capacidade de construção dos mapas conceituais, com a disponibilização da possibilidade de vinculação de novos mapas conceituais a um conceito em específico, fazendo com que sejam construídas estruturas mentais complexas, no caso, redes de mapas conceituais interconectadas, a ponto de possibilitar a simulação de pequenas estruturas “cerebrais”, no qual se possa navegar sobre estruturas bem mais completas;
5. A possibilidade de vinculação de conteúdo Web aos conceitos, no caso links para páginas na Web que contribuam para uma maior compreensão do conceito discutido;
6. Utilização de agentes artificiais para simulações na construção de mapas conceituais, atuando como atores, que colaboram com os agentes humanos participantes do processo, auxiliando no processo de construção de conhecimento, sugerindo e interagindo quando solicitado.
7. Ampliação da capacidade de comunicação entre os participantes com a integração de novos recursos, como a ampliação da possibilidade de conexão do recurso de vídeo abrangendo os alunos, obtendo-se um maior controle da situação por parte dos instrutores, que poderão ter uma perspectiva visual de quem está participando do processo;
8. Possibilitar a integração ou mesmo a construção de novos recursos em sua maioria com características assíncronas como, portfólio eletrônico, fórum, mural, fornecendo novos meios de interação com a ferramenta;
9. Estruturação de novos estudos para enriquecimento e adaptações sobre redes de petri com uma nova perspectiva de múltiplos usuários, criando negociações mais completas e complexas, atribuindo novas características de negociação ao processo, no qual muitas informações dos *places* e das transições são importantes para o contexto como um todo, não somente em seus momentos

específicos como acontecem atualmente, provando matematicamente este novo modelo.

10. Formulação de um serviço de mensagens inteligentes para as interações feitas por meio do chat, através do qual nas trocas de mensagens possam ser realizadas inferências para enriquecer todo o processo de construção de conhecimento, baseado em trocas de mensagens armazenadas no sistema.
11. Utilização de técnicas de otimização combinatória para o trabalho com tratamento de linguagem natural, aumento o poder de abstração sobre as conversas realizadas sobre o *chat*.

Referências

AMORETTI, M. S. M. et alli. **Representação de Conceitos**: Mapas Conceituais Colaborativos. 2000 Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/~tapejara/EAD/docs/ap4-2.pdf>. Acesso em: 04 de jul. 2007.

AMORETTI, M. S. M. **Protótipos e estereótipos**: aprendizagem de conceitos. Revista Informática na Educação: Teoria & Prática, Porto Alegre, RS, v. 4, n.2, p. 49-55, dez. 2001.

AURÉLIO. **Dicionário Aurélio**. Disponível em: <http://aurelio.ig.com.br/dicaureliopos/login.asp>. Acesso em: 15 de out. 2007.

AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968. In: LIMA, G. A. B. **Mapa Conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistema de hipertextos e seus aspectos cognitivos**. Perspectivas em Ciência da Informação. Belo Horizonte, v.9, n.2, p.134-145, 2004. Disponível em: <http://www.eci.ufmg.br/glima>. Acesso em: 10 mai. 2007.

BARANAUSKAS, M. C. C. **Uma taxonomia para ambientes de aprendizado baseados no computador**. In: O computador na sociedade do conhecimento. São Paulo: USP; Estação Palavra, 1999. p. 45-68. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~edla/mec/>. Acesso em: 03 ago. 2006.

BITTENCOURT, G. **Inteligência Computacional**. Departamento de Automação de Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: Brasil, 2007. Disponível em: <http://www.das.ufsc.br/gia/softcomp/node27.html>. Acesso em: 15 de ago. 2007.

BROWN, J. S. DUGUID, P. *Organizational learning and communities-of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovation. Organization Science*, 1991.

BURTON, M.; BRNA, P.; e JONES, T. *Splitting the Collaborative Atom: How to support Learning about collaboration*. 1997 In: du Boulay, B. and Mizoguchi, R., (eds.), *Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems*, IOS press, 135-142, 2007.

CABRAL, A. R. Y. **Como Criar Mapas Conceituais Utilizando o CMap Tools Versão 3.x**. Universidade Luterana do Brasil – ULBRA Guaíba, 2003. Disponível em: http://guaiba.ulbra.tche.br/seminario/resumos/si/coloquios/mapas_conceituais.pdf. Acesso em: 20 de set. 2007.

CMAP TOOLS. **Software para Construção de Mapas Conceituais da University of West Florida**. Disponível em: <http://cmap.coginst.uwf.edu>. Acesso em: 12 de set. de 2007.

COMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; **Algoritmos: Teoria e Prática**, tradução da 2ª Edição Americana Vanderberg D. de Souza – Rio de Janeiro: Campus, 2002;

CORRADI, F. M.; SOUZA, J. R. C.; TRAVASSOS, L. C. P.; DIAS, R. F. **Nós, links e redes**. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Volume I, Número I. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande:PB, 2001.

FREITAS, N. K. **Representações mentais, imagens visuais e conhecimento no pensamento de Vygotsky**. In: Ciências & Cognição. São Paulo: Ano 02, Vol.06, 2005 - ISSN 1806-5821.

GLASGOW J.; NARAYANAN H.; KARAN C. B. *Diagrammatic Reasoning. Cognitive and Computacional Perspectives*. In: IIEE, New York: The MIT Press, 1995.

GRUBER, T.R. *A translation approach to portable ontology specifications*. p.199-220. Knowledge Acquisition, 1993;

HOPCROFT, J. E.; ULLMAN, J. D.; MOTWANI, R. **Introdução à Teoria de Autômatos, Linguagens e Computação**. Tradução Vandenberg D. de Souza. Editora Campus. São Paulo: SP, 2003.

INSPIRATION. **Software para a Organização de Idéias da Inspiration Software Inc.** Disponível em: <http://www.inspiration.com/>. Acesso em: 12 de set. de 2007.

JAMNIK, M., *Diagrammatic Reasoning Systems*. In: *Working Paper 260, Dept. of Artificial Intelligence*. Edinburgh: University of Edinburgh, 1996;

LARKIN, J. H.; SIMON, H. A. *Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words*. Carnegie Mellon University. In *Diagrammatic Reasoning: Cognitive and Computational Perspectives*. AAAI Press. Los Angeles:CA, 1995.

LAVE, J.; WENGER, E. *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991.

LEONT'EV, A. N. *Activity, consciousness, and personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1978. Disponível em: <http://www.marxists.org/archive/leontev/works/1978/>. Acesso em: 13 mai. 2007.

LIMA, G. Â. B. O. **Mapa conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistemas de hipertextos e seus aspectos cognitivos**. *Perspectivas em Ciência da Informação*. Belo Horizonte, v.9, n.2, p.134-145, 2004. Disponível em: <http://www.eci.ufmg.br/glima>. Acesso em: 10 mai. 2007.

LITTLEJOHN, S. *Theories of human communication* (6th ed.). Belmont, CA: Wadsworth, 1999.

KOSCHMANN, T. *Paradigm shifts and instructional technology*. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm* (pp. 1-23). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 1996.

MAEDCHE, A., STAAB, S. *Ontology learning for the semantic Web*. IEEE Intelligent Systems Mar/Apr pp. 72-79. EUA, 2002.

MELHOR, Revista Melhor-Gestão de Pessoas. **A distância é cada vez melhor**. Disponível em: <http://revistamelhor.uol.com.br/textos.asp?codigo=11207>. Acesso em: 20 de nov. 2007.

MILLER, G. *The magical number seven plus or minus two*: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 1956. In Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping. Cañas, A. J. Novak, J. D. Eds. San José, Costa Rica, 2006.

MINERVA, Núcleo Minerva da Universidade Uevora. **Aprendizagem colaborativa Assistida por Computador**. Disponível em: <http://www.minerva.uevora.pt/cscl/>. Acesso em: 25 de jun. 2007.

MOREIRA, M. A. **A teoria de educação de Novak e o modelo de ensino-aprendizagem de Gowin**. Porto Alegre, RG: IFUFRGS, 1993. (Série Ensino-Aprendizagem, n. 4), 1993.

MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ, B. *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

NOVAK, J. D. *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

NOVELLO, T. **Ontologias, Sistemas Baseados em Conhecimento e Modelos de Banco de Dados**. In: *The 40 Latin American Conference on Patterns Languages of Programming*, Porto das Dunas: 2004;

PANQUEVA, Á H. G. **Software educacional multimídia**: aspectos críticos no seu ciclo de vida. Revista Brasileira de Informática na Educação, Florianópolis, n. 1, set. 1997. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/index.php?language=1&subject=100&content=magazine&option=content&id=24>. Acesso em: 04 ago. 2006.

PAPERT, S. *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. New York, NY: Basic Books, 1980.

PELIZZARI, A; KRIEGL, M; BARON, M. **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo AUSEBEL**. PUC / PR, jul. 2002.

PENHA, D. O.; MARTINS, C. A. P. S.; FREITAS, H. C. **Modelagem de Sistemas Computacionais usando Redes de Petri**: aplicação em projeto, análise e avaliação. [ERI RJ/ES] - Livro da Escola Regional de Informática Rio de Janeiro - Espírito Santo. IV : 2004 nov. 19-21 : Vitória - ES, Rio das Ostras - RJ – ISBN, 2004.

PÉREZ, A. G.; BENJAMINS, V. R. *Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods*. In: *International Joint Conference on Artificial Intelligence(IJCAI-99), Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5)*, Stockolm: 1999;

PETERSEN U.; SCHÄRFE H., ØHRSTRØM P. *Knowledge Representation with Conceptual Graphs*. Disponível em: <http://www.hum.aau.dk/~scharfe/vid/lecture.htm>. Acesso em: 05 de jul. de 2007.

PETRI, C. A. *Kommunikation mit Automaten*. Bonn: Institut für Instrumentelle Mathematik, Schriften des IIM Nr. 3, 1962.

PREISS, B. R.; **Estruturas de Dados e Algoritmos**: Padrões de Projetos Orientados a Objetos com Java, Rio de Janeiro: Campus, 2000.

PRIKLADNICKI, R. **Proposta de Utilização de Mapas Conceituais em um contexto de Desenvolvimento Distribuído de Software**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Informática. MuNDDoS Research Group. Porto Alegre: RS. Disponível em: <http://www.inf.pucrs.br/munddos/docs/WhitePaper20032.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2007.

QUILLIAN, M. *Semantic Memory*. In M. Minsky (ed.), *Semantic Information Processing*, pp 227-270, MIT Press, Cambridge:MA, 1968.

SAKAGUTI, S. T. **Mapas Conceituais e Seus Usos: Um Estudo da Literatura**. Trabalho Final de Mestrado Profissional. Instituto de Computação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas: SP, 2004.

SCARDAMALIA, M.; BEREITER, C. *Computer support for knowledge-building communities*. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*. Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, 1996.

SHAVELSON, R.J.; LANG, H.; LEWIN, B. *On concept maps as potential "authentic" assessments in science*. National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST). Los Angeles: CA, 1994.

SHERRATT, C.S.; SCHLABACH, M.L. *The application of concept mapping in reference and information services*, RQ, Fall, pp.60-9, 1990.

SOWA, J. F. *Conceptual Graphs*. Disponível em: <<http://www.jfsowa.com/cg/index.htm>>. Acesso em: 05 de nov. 2006.

SOWA, J. F. *Semantic networks*. *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, 2th ed.. Wiley, New York, 1992.

STAHL, G. *Computer-supported collaborative learning*. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006.

STAHL, G. *Group Cognition: Computer Support for Building Collaborative Knowledge*. Cambridge, UK: MIT Press: 2006.

STAHL, G. *Contributions to a theoretical framework for CSCL*. Paper presented at the Computer Supported Collaborative Learning, Boulder, CO. Disponível em: <http://www.cis.drexel.edu/faculty/gerry/publications/conferences/2002/cscl2002/cscl2002.pdf>. Acesso em 12 de março de 2007.

VARGAS, K.; S.; MARTINS J. **Ferramenta para Apoio ao Ensino de Introdução à Programação**. Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, 2005.

VEJA. **O novo mundo do Ensino On-line.** Disponível em:
http://vejasaopaulo.abril.com.br/red/hotsite/tematicos/educacao2007_v2_09novomundo.shtml
Acesso em: 12 de out. 2007.

VYGOTSKY, L.; COLE, M. *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Cambridge: Harvard University Press, 1998.

WESSNER, M.; PFISTER, H. *Group Formation in Computer Supported Collaborative Learning.* Group'01, ACM Press, p. 24-31, 2001.

WINOGRAD, T.; FLORES, F. *Understanding computers and cognition: A new foundation of design.* Reading, MA: Addison-Wesley, 1986.