

# Apoio Automatizado à Avaliação da Aprendizagem Utilizando Mapas Conceituais

Ana Marina Teixeira Araújo<sup>1</sup>, Crediné Silva de Menezes<sup>1</sup>, Davidson Cury<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Informática – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)  
Avenida Fernando Ferrari, s/n – 29.000-000 – Vitória – ES – Brasil

[a-marina@uol.com.br](mailto:a-marina@uol.com.br), {credine,davidson}@inf.ufes.br

**Resumo.** *A utilização de mapas conceituais como ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem traz consigo uma sobrecarga de trabalho para o professor, podendo até mesmo inviabilizar a utilização dos mesmos. Este artigo fala sobre a utilização de mapas conceituais na avaliação da aprendizagem e da importância de um sistema automatizado para apoiar o professor nesta tarefa. Apresenta-se também uma proposta de como automatizar a verificação de certos aspectos da aprendizagem explicitados em um mapa conceitual construído por um estudante. A proposta inclui o apoio à comparação de mapas construídos ao longo do curso como uma forma de avaliar a evolução da aprendizagem.*

**Palavras-chave:** mapas conceituais, avaliação da aprendizagem, apoio automatizado

**Abstract.** *The use of conceptual maps to support learning processes in a class, brings about an extra effort to the teacher, that could even block its use. This paper is about the use of conceptual maps in learning assessment and the importance of an automatic system to support the teacher on this task. A model for automatically verifying some learning aspects explicit in a conceptual map constructed by a student is also proposed, which includes the support for comparing different conceptual maps constructed by the student as a way to assess the learning evolution.*

**Key words:** conceptual maps, learning assessment, automatic support

## 1. Introdução

Os mapas conceituais [Nova and Gowi 1984] têm sido estudados como ferramentas para avaliação da aprendizagem [Ausu, Nova and Hane 1979; Nova and Gowi 1984] em um momento em que as técnicas de avaliação mais comuns, como os tradicionais testes dissertativos e de múltipla escolha, vêm sendo questionados quanto à sua capacidade de identificar o que realmente foi aprendido. Testes tradicionais só conseguem cobrir uma pequena parcela de todo o conhecimento objetivado pela instrução e, ainda, não dão nenhuma possibilidade ao aprendiz de mostrar como organizou e construiu seu conhecimento [Arau, Mene and Cury 2002]. Em um mapa conceitual o aprendiz consegue mostrar uma representação gráfica da organização de conceitos em sua estrutura cognitiva. Desta forma, analisando um mapa conceitual construído por um aprendiz, o professor consegue identificar o que foi aprendido e também quais as dificuldades estão sendo encontradas, ou seja, quais conceitos ainda não foram compreendidos e que portanto precisam ser melhor trabalhados nas próximas aulas. Esta análise, porém, pode gerar uma sobrecarga de trabalho tão grande para o professor que venha inviabilizar a utilização de mapas conceituais para avaliação de turmas quando o professor não possui o tempo suficiente para analisar cada mapa.

Geralmente o professor precisa ainda analisar os mapas conceituais construídos anteriormente pelo aluno para conseguir verificar sua evolução. Finalmente, o professor precisa fazer uma avaliação geral de todos os mapas construídos pelos alunos para conseguir obter um perfil da evolução da turma como um todo no decorrer do curso. Nesta tarefa, o computador pode ser colocado como um grande aliado do professor, automatizando a identificação de alguns aspectos do mapa conceitual construído por um aluno, a fim de prover o professor de um conjunto pré-compilado de informações úteis a respeito desses mapas, o qual poderá ser utilizado pelo professor como apoio para a avaliação do aluno e da turma.

O computador pode fazer algumas comparações do mapa do aluno com vários outros mapas construídos por professores, identificando pontos de divergências entre as representações feitas pelo aluno e aquelas feitas pelos professores. Além disso, em um ambiente computadorizado, os vários mapas conceituais construídos pelo aluno durante sua participação no curso ou até mesmo em outros cursos, podem ser armazenados e servir de base para identificação do conhecimento prévio do aluno. Esse acervo também ajuda na construção do perfil da turma no início de um curso e também na identificação da evolução do aluno e da turma no decorrer do curso.

Neste artigo apresentamos uma proposta de automatização da avaliação de mapas conceituais, como um apoio para o professor na tarefa de verificar a aprendizagem de seus alunos no decorrer de um curso. É importante observar que a automatização proposta não tem como objetivo substituir uma avaliação semântica cuidadosa do mapa conceitual. Esta somente poderá ser feita pelo próprio professor. A intenção é oferecer ao professor um conjunto de facilidades para agilizar a avaliação de determinados aspectos que podem ser automatizados. Na próxima seção falaremos sobre a utilização dos mapas conceituais na avaliação da aprendizagem. A seguir apresentaremos a proposta de automatização e na seção seguinte um modelo para sua implementação. Ao final do artigo, tecemos algumas considerações sobre o estágio atual do trabalho e perspectivas futuras.

## 2. Usando Mapas Conceituais para Avaliação da Aprendizagem

Escolher uma ferramenta de avaliação é um grande desafio para professores devido à diversidade de objetivos de aprendizagem, a diversidade de aspectos que evidenciam a aprendizagem, a diversidade de ferramentas e recursos disponíveis e os vários aspectos a serem avaliados [Turn, Atma and Adam 2000]. O uso de mapas conceituais como ferramenta de avaliação requer a consideração de duas questões: como os mapas serão construídos e como serão interpretados. Para propósitos de avaliação, os mapas conceituais podem ser construídos de duas maneiras:

- Diretamente, o aluno constrói o mapa a partir de um conjunto fixo de conceitos ou se limitando a um domínio específico;
- Indiretamente, pelo professor ou por um sistema, a partir das respostas dadas pelo aluno a testes escritos ou entrevistas, ou ainda a partir das ações tomadas pelo aluno em um ambiente de apoio à aprendizagem.

O mapa conceitual construído por um estudante é uma representação explícita de suas estruturas cognitivas que pode ser usada para comunicá-las a outras pessoas [Temp and Mars 2001]. Não se pode considerar que um mapa conceitual seja a representação completa dos conceitos e proposições relevantes que o estudante conhece, mas podemos afirmar que é uma aproximação com a qual se pode trabalhar a avaliação. Pelo fato dos mapas conceituais serem explícitos, ou seja, mostrarem a representação que uma pessoa identifica para conceitos e proposições, eles possibilitam que professores e alunos compartilhem pontos de vista sobre a validade ou qualidade de uma ligação proposicional e ainda que se reconheçam a ausência de conceitos ou mesmo de ligações entre conceitos. Estas ausências sugerem a necessidade de complementação da aprendizagem. As conexões que o estudante consegue enxergar entre conceitos devem ser encaradas como o maior indicativo de sucesso na aprendizagem, pois quanto mais interconectada estiver a representação do conhecimento feita pelo estudante, mais provavelmente ele irá recuperar a informação no momento que precisar utilizá-la.

Além do conhecimento adquirido pelo estudante, a avaliação de mapas conceituais consegue mostrar ao professor vários outros aspectos do processo de ensino/aprendizagem como, por exemplo, conceitos mal formados ou falhas no conhecimento; habilidade de organização; características cognitivas; profundidade com que o aluno processa um determinado conteúdo; estruturas conceituais; hierarquização, diferenciação, discriminação e integração de conceitos; mudanças conceituais e aprendizagem significativa [Know 2001] [Ausu 1978]. A avaliação de mapas conceituais pode ser feita pelo professor de duas maneiras [Turn and Atman 2000]:

- Através da análise individual do mapa conceitual construído pelo aluno, verificando características como, por exemplo, o número de conceitos representados, o número de ligações entre conceitos, o número de ligações cruzadas, o número de níveis hierárquicos e o número de exemplos citados;
- Através da comparação do mapa do aluno com um mapa desenvolvido por um especialista.

Em uma perspectiva quantitativa, geralmente são avaliados em um mapa conceitual o número de conceitos, a presença (ou ausência) de conceitos importantes, o número de links, o número de links cruzados (links entre conceitos localizados em regiões diferentes do mapa conceitual ou entre mapas distintos), a correteza dos links, o número de níveis hierárquicos e o número de exemplos. É importante lembrar que muitas vezes o professor não pode afirmar que uma ligação entre dois conceitos seja errada. É possível que o estudante construa ligações diferentes daquelas consideradas corretas pelo professor e não necessariamente erradas. Existem várias maneiras de se ligar dois conceitos e cada uma delas tem um significado ligeiramente ou até mesmo totalmente diferente, o que muitas vezes fica explícito através da nomeação das linhas de ligação entre conceitos. Dessa maneira, uma avaliação qualitativa mostra-se mais justa e esclarecedora que a puramente quantitativa. A maneira mais adequada de se avaliar um mapa conceitual é não considerar os conceitos isoladamente, mas sim os conceitos em relação à sua vizinhança. Geralmente, a avaliação qualitativa é feita a partir de uma comparação do mapa conceitual do aluno com um ou mais mapas construídos por especialistas ou por um sistema, com base no conteúdo de um livro.

Uma abordagem interessante e muito enfatizada por vários autores é pedir aos estudantes para construírem mapas conceituais na primeira semana de um curso. Estes mapas podem ser muito úteis para preparar os estudantes para uma sessão de aprendizagem, tornando-os conscientes das suas idéias a respeito do assunto a ser discutido e para fornecer ao professor uma visão dos conceitos já conhecidos pelos estudantes e do seu nível de entendimento. A atualização dos mapas no decorrer do curso possibilita verificar a evolução do aluno, através das mudanças ocorridas nos pontos de vista do estudante a respeito do assunto. Espera-se que a mudança entre o mapa inicial e o mapa resultante ao final do curso reflita o desenvolvimento das idéias do estudante desde o estágio de pré-concepção até a estruturação do tópico da maneira que foi discutido no curso [Väis and Kurk 2001].

A análise dos mapas conceituais dos alunos como um todo, dentro de uma turma, fornece dados para o professor que possibilitam o refinamento dos objetivos da aprendizagem, o refinamento das estratégias pedagógicas, a identificação de ferramentas de avaliação adequadas a determinadas situações e o entendimento de como os objetivos da aprendizagem estão sendo percebidos pelos estudantes [Turn, Atma and Adam 2000]. Não se pode dizer que um mapa esteja mais certo que outro, mas pode-se inferir qual tipo de percurso e de material utilizado pode levar a uma melhor construção de conceitos [More and Buch 1987]. A estrutura do mapa conceitual do estudante possibilita a identificação de erros conceituais e do estado de percepção do estudante, possibilitando ao professor preparar correções didáticas no

momento correto e soluções para possibilitar que o aluno complemente a aprendizagem a partir da análise dos erros.

### **3. Apoio Automatizado à Avaliação de Mapas Conceituais**

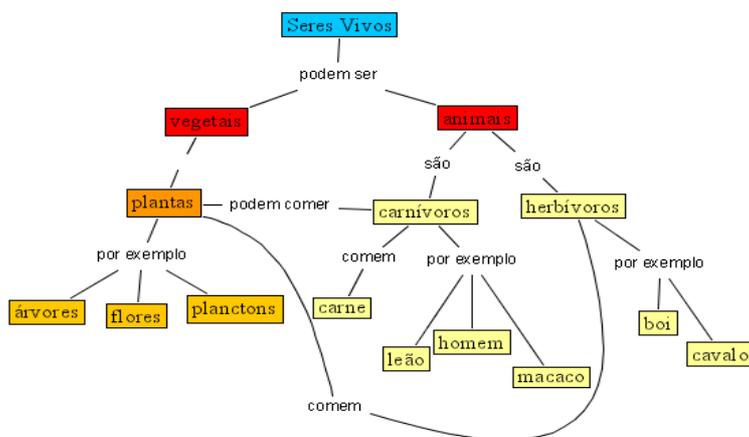
A redução do trabalho do professor é fundamental para que mapas sejam utilizados com maior chance de êxito. Nesse sentido, algumas pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de identificar maneiras de se prover apoio ao professor no uso dos mapas conceituais como ferramenta de avaliação do processo de aprendizagem. Algumas propostas [CMAP 2003] sugerem a construção de editores de mapas conceituais que proporcionam um enriquecimento à construção de um mapa, adicionando propriedades aos elementos do mesmo como, por exemplo, atribuir uma cor a um conceito; associar um conceito ou uma relação entre conceitos a textos, páginas da Internet, fotos ou qualquer outro tipo de mídia, inclusive outros mapas conceituais; construir um mapa conceitual em grupo, com pessoas colaborando através de uma ligação em rede; e publicar e/ou consultar mapas construídos e publicados por outras pessoas. Outras propostas vão ainda mais longe, incluindo nesses editores ferramentas que fazem uma análise dos relacionamentos entre conceitos representados no mapa e ainda questionam o autor do mapa quanto à validade das representações [Reic, Caña, Ford and Haye 1998a], [Reic, Caña, Ford and Haye 1998b]. Uma proposta apresentada por Fernandes e Cunha [Fern and Cunh 2003] mostra um sistema que adiciona a um editor de mapas conceituais uma ferramenta de chat, para que pessoas colaborando na construção de um mapa conceitual coletivo possam trocar idéias e receber feedback a respeito de suas colaborações. Nesse ambiente, o professor pode tanto acompanhar a construção do mapa, através do editor coletivo, quanto a participação de cada aluno no chat.

A proposta apresentada neste artigo mostra uma ferramenta que pretende fornecer ao professor um conjunto de informações a respeito dos mapas conceituais construídos por um aluno, a fim de que alguns aspectos desse mapa possam ser mais facilmente identificados pelo professor. Esta proposta se baseia na comparação entre mapas conceituais construídos por professores e alunos como uma forma de identificar similaridades e diferenças entre os mesmos. Uma outra proposta da automatização do processo de comparação entre mapas conceituais pode ser encontrada em [Shaw and Gain 2003]. A proposta envolve o apoio à avaliação individual e da turma, no início do curso, e a evolução durante o curso. Conforme veremos nas próximas seções, o resultado da avaliação feita pelo sistema proposto é apresentado ao professor na forma de sumários e também de mapas conceituais construídos pelo próprio sistema com o objetivo de mostrar graficamente determinados aspectos da avaliação. Uma descrição mais abrangente deste ambiente, mostrando toda a sua arquitetura, pode ser encontrada em [Arau, Mene and Cury 2002].

#### **3.1. Avaliação no Início do Curso**

Esta avaliação tem como objetivo possibilitar que o professor verifique o conhecimento prévio da turma, ou seja, se cada aluno conhece os conceitos subsunçores [Ausu 1978] necessários para a aprendizagem dos novos conceitos a serem trabalhados durante o curso. O resultado desta avaliação servirá para indicar ao professor conceitos que precisarão ser aprendidos pelo aluno antes da aprendizagem do conteúdo previsto no curso, possibilitando o planejamento de atividades de reforço para um determinado aluno ou para a turma como um todo. Durante a avaliação inicial dos alunos, o sistema faz uma busca por esses subsunçores em todos os mapas conceituais construídos anteriormente pelo aluno, identificando quais deles o aluno já possui, ou seja, quais ele já representou em mapas construídos anteriormente e quais ele ainda não tem. Ao final desta busca o sistema monta um mapa que representa o Perfil do Aluno no início do curso. Este mapa mostrará ao professor todos os conceitos e respectivos relacionamentos coletados de mapas anteriores do aluno e a data em que o conceito ou relacionamento foi adicionado pela primeira vez em algum mapa conceitual do aluno. Os conceitos identificados como subsunçores pelo professor são mostrados em uma cor diferente para destacá-los dos outros conceitos presentes no mapa conceitual. Este mapa perfil do aluno servirá posteriormente como base para a avaliação da evolução do aluno no decorrer do curso. A figura 1 apresenta um exemplo de um mapa Perfil do Aluno. Olhando essa figura, podemos perceber que o conceito “carnívoros” foi pintado de amarelo por ter aparecido em poucos mapas conceituais. Já os conceitos “animais” e “vegetais”, mais freqüentes, foram pintados de vermelho, uma cor mais escura. A falta de um rótulo para a ligação entre os conceitos “vegetais” e “plantas” indica que o aluno sabe que os dois conceitos estão relacionados, mas ainda não entende a

semântica desta relação. Todos os mapas construídos pelo sistema, conforme veremos mais adiante, terão uma representação semelhante ao mapa mostrado na figura 1.



**Figura 1 – Mapa Perfil do Aluno**

Após avaliar o conhecimento prévio de cada aluno separadamente, o sistema monta para o professor uma visão global do conhecimento prévio da turma, também representada através de um mapa conceitual. Esse mapa é construído a partir de uma junção de todos os mapas perfis gerados para os alunos da turma. O Mapa Perfil da Turma mostrará todos os conceitos e relacionamentos coletados nos diversos mapas e a data em que o conceito ou relacionamento foi adicionado pela primeira vez em algum mapa de algum aluno. Da mesma forma que o Mapa Perfil do Aluno, os conceitos subordinados recebem uma cor diferente para destacá-los dos outros conceitos presentes nesse mapa coletivo. A cor atribuída ao conceito subordinado varia de acordo com a frequência desse conceito nas diversas versões dos mapas conceituais dos alunos da turma, ou seja, quanto maior o número de ocorrências do conceito nos mapas dos alunos, mais escura será a cor da pintura do mesmo no Mapa Perfil da Turma. Essa avaliação também servirá como base para a futura avaliação da evolução da turma no decorrer do curso.

### 3.2. Avaliação do Aluno Durante o Curso

No decorrer do curso, é necessário que o professor esteja constantemente avaliando o aluno, com o objetivo de poder reestruturar e re-planejar o seu curso de acordo com a evolução do aluno e da turma como um todo. A avaliação durante o curso é feita com base nos mapas conceituais construídos 1) pelo aluno; 2) pelo professor, os quais servem como referência de representação do conhecimento sobre o assunto estudado; 3) e nos mapas Perfil do Aluno e Perfil da Turma. A avaliação durante o curso é composta de três estágios: avaliação isolada do mapa do aluno, avaliação do mapa do aluno com base em mapas construídos por professores e avaliação da evolução do aluno. O primeiro estágio da avaliação do aluno no decorrer do curso é uma verificação do conteúdo representado no seu mapa conceitual, limitando-se ao que ele incluiu ou não no seu mapa. A avaliação do mapa conceitual construído pelo aluno é feita baseada num conjunto fechado de palavras escolhidas pelo professor, as quais representam os conceitos a serem aprendidos em uma determinada etapa do curso. Ao final desta avaliação, o sistema apresenta ao professor um sumário contendo as seguintes informações: conceitos incluídos; conceitos não incluídos; relações rotuladas (com significado); relações não rotuladas; quantidade de níveis hierárquicos válidos dentro do mapa conceitual (associações onde o conceito subordinado é menos geral e mais específico do que o conceito desenhado acima dele); ligações cruzadas (relações válidas entre conceitos de diferentes segmentos da hierarquia representada no mapa conceitual, rotuladas e não rotuladas; e relações válidas com conceitos representados em outros mapas conceituais); exemplos incluídos (eventos ou objetos específicos que são instâncias válidas do conceito).

Após a avaliação isolada do mapa conceitual do aluno, o sistema inicia o segundo estágio da avaliação, ou seja, um processo de comparação entre esse mapa e os vários mapas construídos por professores. Essa comparação tem o objetivo de identificar representações iguais ou semelhantes entre o mapa do aluno e os mapas dos professores. Para tanto, a avaliação comparativa não se restringe a pares de conceitos, mas considera toda a vizinhança de um conceito a fim de tentar detectar relações

subentendidas na representação do aluno. Ao final do processo de comparação, o sistema apresenta ao professor um sumário contendo os relacionamentos entre conceitos coincidentes, ou seja, presentes tanto no mapa do aluno quanto no mapa do professor, e os relacionamentos entre conceitos não coincidentes, ou seja, aqueles presentes no mapa do aluno e não encontrados no mapa do professor e vice-versa. Ao analisar o resultado desta avaliação, o professor conseguirá identificar concepções mal formuladas pelo aluno, conceitos que o aluno ainda não conseguiu adicionar à sua estrutura cognitiva, ou até mesmo pontos do mapa conceitual construído pelo professor que precisam ser revistos.

No terceiro estágio da avaliação do aluno, o sistema faz ainda uma comparação entre o mapa conceitual que está sendo avaliado e mapas conceituais construídos anteriormente pelo aluno, a fim de sinalizar ao professor mudanças importantes que podem indicar o crescimento do aluno. As seguintes mudanças, quando encontradas, são apresentadas ao professor em um sumário [Arau, Mene and Cury 2002]:

- Um conceito ou relação que não consta do mapa conceitual do professor e havia sido colocado pelo aluno em algum mapa conceitual anterior, não aparece mais no mapa que está sendo avaliado. Este fato pode indicar que concepções incompletas ou equivocadas foram resolvidas;
- O aluno, a partir de um conceito mais abrangente, existente em mapas conceituais anteriores, conseguiu relacionar novos conceitos mais específicos, ou seja, o número de níveis hierárquicos partindo deste conceito aumentou. Este fato chama a atenção como um indicador preciso do grau de diferenciação de um determinado conceito para o aluno;
- Um conceito ou relação considerado válido estava presente em um mapa conceitual anterior do aluno e não aparece mais no mapa que está sendo avaliado. Este fato pode indicar que durante a aula ou a leitura do material didático, concepções que já estavam aparentemente sedimentadas, foram reformuladas;
- O aluno representou um novo relacionamento entre conjuntos de conceitos ou proposições localizados em segmentos diferentes na hierarquia. Este fato pode indicar uma integração reconciliadora [Ausu 1978] entre os conceitos envolvidos, o que leva a um melhor entendimento dos conceitos.

Na avaliação da evolução do aluno também é construído pelo sistema um Mapa da Evolução do Aluno, o qual agrupa em um mesmo mapa conceitual todas as representações feitas nos mapas conceituais construídos até o momento pelo aluno dentro do curso. Nesse mapa é utilizado um esquema de cores que possibilita ao professor perceber quais os conceitos foram incluídos há mais tempo e os mais recentes, de acordo com a data da primeira inclusão da representação ou da exclusão da mesma. Caso a representação (relação entre dois conceitos ou mesmo um conceito em particular) já tenha sido excluída, ela aparecerá no mapa pintada de branco. Aquelas que ainda permanecem terão sua cor definida a partir da data de sua inclusão, ou seja, quanto mais antiga for uma representação, mais escura será a cor da pintura.

### **3.3. Avaliação da turma durante o curso**

Após a conclusão das avaliações individuais de todos os alunos de uma turma, o sistema faz ainda uma avaliação para mostrar ao professor uma visão global da avaliação da turma. Os resultados das avaliações individuais são sumariados e alguns resultados recorrentes são mostrados ao professor, tais como: representações não existentes no mapa conceitual do professor que foram representadas por mais de um estudante; o conjunto de conceitos e associações mais freqüentes nos mapas dos alunos; o conjunto de conceitos e associações menos freqüentes nos mapas dos alunos; relações não rotuladas recorrentes em mapas de alunos; a quantidade de alunos que não conseguiu incluir em seu mapa um determinado conceito; a quantidade de alunos que não conseguiu incluir em seu mapa uma determinada representação, ou seja, associação entre conceitos.

Através deste resultado o professor conseguirá identificar pontos de dificuldade generalizada dentro da turma, podendo utilizar estas informações como base para a determinação da necessidade de planejamento de atividades de reforço, re-formulação do curso e re-planejamento das atividades previstas anteriormente. O resultado da avaliação da turma também é mostrado na forma de um mapa conceitual construído pelo sistema e denominado Mapa de Avaliação da Turma. Assim como o Mapa de Evolução

do Aluno, esse mapa utiliza um esquema de cores para salientar as representações mais ou menos freqüentes. A cor da pintura de cada representação será definida pela quantidade de mapas conceituais de alunos onde a mesma foi incluída, ou seja, quanto mais vezes aparecer uma representação, mais escura será a cor utilizada. A figura 2 mostra, de forma esquemática, a criação de um Mapa de Avaliação da Turma a partir da comparação entre mapas conceituais construídos pelos alunos da turma e um mapa conceitual construído pelo professor.

Para fazer uma avaliação da evolução da turma durante o curso, o sistema faz uma comparação entre o Mapa de Avaliação da Turma gerado na avaliação em andamento, com os mapas gerados nas avaliações anteriores, feitas no decorrer do curso. Esta comparação tem como objetivo sinalizar ao professor mudanças importantes que podem indicar a evolução da turma como, por exemplo [Arau, Mene and Cury 2002]:

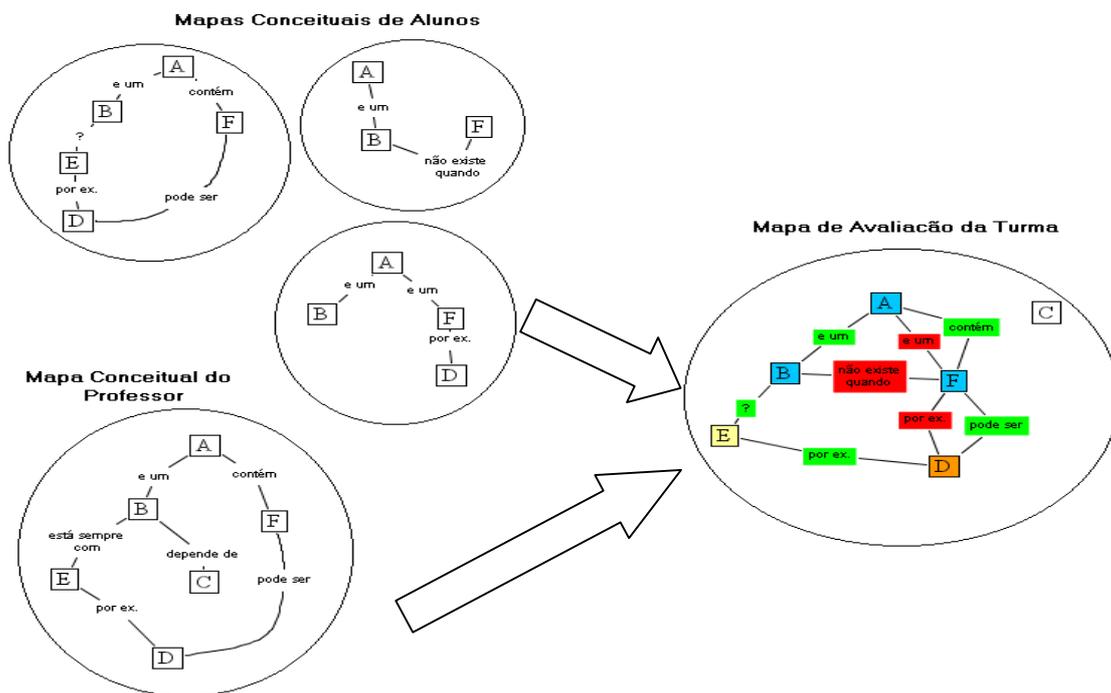
- Conceitos ou relações menos freqüentes em mapas da turma gerados em avaliações anteriores que agora aparecem no novo mapa da turma, ou conceitos ou relações muito freqüentes em mapas da turma gerados em avaliações anteriores que não constam dos mapas conceituais construídos por professores e tiveram sua freqüência diminuída no novo mapa da turma. Isto pode significar que concepções mal formuladas anteriormente pelos alunos foram resolvidas;
- O aumento no número de níveis hierárquicos dentro do novo mapa da turma gerado durante a avaliação. Neste caso, pode estar ocorrendo a diferenciação progressiva [Ausu 1978] de alguns conceitos, aos quais outros conceitos mais específicos foram associados, o que também pode ser considerado uma evolução na aprendizagem.

A evolução da turma também é apresentada ao professor através de um mapa denominado Mapa de Evolução da Turma, o qual é construído pelo sistema com base na junção de todos os mapas de avaliação da turma gerados nas diversas avaliações feitas dentro do curso. Neste mapa, as representações que aparecem em maior quantidade de mapas de avaliação da turma são pintadas em cores mais escuras e aquelas que foram excluídas são mostradas na cor branca. Desta forma, o professor pode identificar facilmente o conjunto de representações mais sedimentadas e as menos sedimentadas na turma.

#### **4. O Modelo do Ambiente**

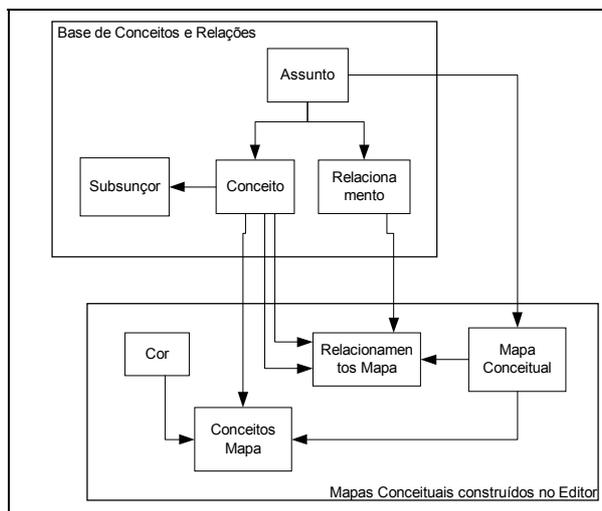
Para possibilitar a avaliação da aprendizagem através dos mapas conceituais construídos no ambiente via Editor de Mapas Conceituais, a estrutura desses mapas é guardada em uma base de dados, mostrada de forma resumida na figura 3. Para cada mapa construído, o editor gera um arquivo contendo o seu conteúdo, que é então carregado pelo sistema nessa base de dados. Posteriormente, através de consultas às tabelas da base, o sistema consegue identificar diretamente alguns aspectos previstos pelo processo de avaliação. Através da figura 3 podemos ver ainda a estruturação da Base de Conceitos e Relações apresentada na seção anterior, onde são guardados os conceitos e relações entre conceitos referentes aos assuntos a serem estudados nos cursos que utilizam o ambiente.

Para fazer a avaliação do aluno no início do curso, o sistema recupera da base de mapas todos os mapas conceituais construídos anteriormente pelo aluno. Através de consultas, identifica quais os conceitos e seus subsunçores cadastrados pelo professor na Base de Conceitos e Relações, para os assuntos a serem estudados durante o curso. Com base nos subsunçores recuperados, o sistema busca na tabela Relacionamentos Mapa todas as ocorrências dos mesmos, filtrando os mapas construídos pelo aluno. Desta forma, o sistema obtém um conjunto de proposições conhecidas pelo aluno onde o subsunçor está inserido.



**Figura 2 – Geração do Mapa de Avaliação da Turma**

Em seguida, o sistema monta o Mapa Perfil do Aluno, gravando essas proposições nas tabelas Mapa Conceitual, Relacionamentos Mapa e Conceitos Mapa. A cor atribuída aos conceitos identificados como subsunçores, presentes nas proposições encontradas, será escolhida pelo sistema de acordo com a frequência desse conceito no conjunto de proposições. Quanto maior o número de vezes que o subsunçor aparecer no conjunto, menor o “rgb” da cor a ser escolhida, ou seja, mais escura será a cor atribuída. Aos demais conceitos será atribuída a cor branca.



**Figura 3 – Modelo Resumido da Base de Dados**

Finalmente, o sistema gera um arquivo contendo a estrutura desse mapa gerado, para que o mesmo possa ser visualizado através do editor. Os demais mapas construídos pelo sistema durante o processo de avaliação são gerados e visualizados de maneira semelhante.

A figura 4 retrata de forma esquemática o modelo de implementação proposto para a avaliação do aluno durante o curso que, conforme descrito na seção 3.2, é composta de três estágios. No primeiro estágio, através de consultas à tabela Conceitos Mapa, são identificados, por exemplo, os conceitos

incluídos e os não incluídos pelo aluno em seu mapa conceitual. O sumário apresentado ao professor no final do primeiro estágio da avaliação é praticamente todo construído a partir dessas consultas à base de dados.

Para identificar aspectos mais complexos procurados ainda no primeiro estágio da avaliação - como, por exemplo, a identificação do número de níveis hierárquicos partindo de um conceito - e para realizar o segundo estágio da avaliação, que envolve a comparação entre mapas conceituais, os mapas guardados na base de dados são carregados em estruturas de dados do tipo grafo. Através de algoritmos de caminamento nos grafos é possível identificar o número de níveis hierárquicos partindo de um conceito e, através de algoritmos de identificação de similaridades entre os grafos pode ser feita a comparação entre os grafos que representam respectivamente o mapa do aluno e o mapa do professor. Esses últimos algoritmos buscam dentro do mapa do aluno partes (sub-grafos) coincidentes e não coincidentes com o mapa do professor.

No terceiro estágio da avaliação, que envolve a verificação da evolução do aluno, o sistema monta um mapa conceitual contendo todas as proposições encontradas nos diversos mapas conceituais construídos pelo aluno durante o curso. Nesse mapa, a escolha da cor a ser atribuída a um conceito será feita com base na data de inclusão desse conceito em um mapa do aluno. Desta forma, aos conceitos conhecidos pelo aluno há mais tempo é atribuída uma cor mais forte e, àqueles adquiridos mais recentemente, uma cor mais clara. Aos conceitos que aparecem em mapas anteriores do aluno e que posteriormente foram excluídos, é atribuída a cor branca.

As demais avaliações apresentadas na seção 3 utilizam os mesmos recursos e tipos de algoritmos e, portanto, não serão detalhadas neste artigo.

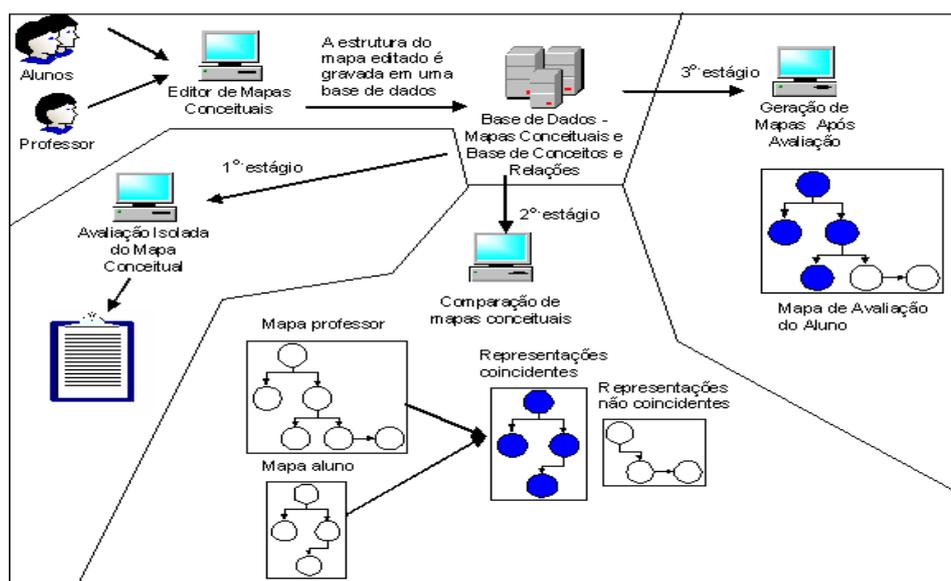


Figura 4 – Modelo do Ambiente de Apoio à Avaliação

## 5. Conclusão

As informações apresentadas ao professor nos sumários e mapas conceituais construídos pelo sistema durante as avaliações, permitem ao professor identificar o modelo mental de cada aluno e, portanto, da turma, mesmo antes que o curso se inicie, antecipando necessidades adicionais que por ventura não haviam sido incluídas inicialmente na programação do curso. Conhecendo o aluno, o professor estará mais informado para poder mediar a sua aprendizagem. A cada instante, o professor pode ainda estimar o que falta ser aprendido e identificar problemas na aprendizagem, possibilitando a busca por estratégias mais adequadas para o ensino dos conceitos tratados dentro do curso, auxiliando no re-planejamento das atividades a serem desenvolvidas com a turma ou na determinação de atividades de reforço para alunos em particular.

Consideramos que a construção de sistemas para apoiar o professor na tarefa de avaliação de mapas conceituais é um fator muito importante para estimular sua utilização como ferramentas de avaliação. A ferramenta proposta encontra-se em fase de implementação e deve estar concluída até o quarto trimestre deste ano. Em paralelo com a sua construção estaremos fazendo a sua integração com um editor cooperativo de mapas conceituais desenvolvido no laboratório do GAIA<sup>1</sup>. Nossa previsão é começar a fazer experimentos com o seu uso a partir do primeiro semestre escolar de 2004.

## 6. Referências

- Araujo, A. M., Menezes, C. S. and Cury, D. (2002) “Um ambiente Integrado para Apoiar a Avaliação da Aprendizagem Baseado em Mapas Conceituais”, In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, p. 49-59.
- Ausubel, D. (1978) “Psicologia Educacional: Uma Visão Cognitiva.”. 2nd ed., Letras, S. Paulo.
- Cmap Tools (2003) <http://cmap.coginst.uwf.edu/>, Junho.
- Fernandes, C. T. and Cunha, M. J. S. (2003) “Cooperative Environment for Supporting Learning Evaluation Through the Web”, <http://www.asee.org/international/INTERTECH2002/604-i.pdf>, Junho.
- Knowledge Manager (2001) <http://www.conceptmaps.it/KM-Search-eng.htm>., Maio.
- Moreira, M. A. and Buchweitz, B. (1987) “Mapas Conceituais: Instrumentos Didáticos, de Avaliação e Análise de Currículo”, Editora Moraes. 1<sup>a</sup> ed., São Paulo.
- Novak, J. D., Gowin, D. B. (1984) “Learning How to Learn”, United States of America: Cambridge.
- Reichherzer, T. R., Cañas A. J., Ford K. M., Hayes P. J. (1998a) “The Giant: An Agent-based Approach to Knowledge Construction & Sharing”, In: The Eleventh International Florida Artificial Intelligence Research Symposium Conference, Sanibel Island.
- Reichherzer, T. R., Cañas, A. J., Ford, K. M., Hayes, P. J. (1998b) “The Giant: A Classroom Collaborator”, In: Workshop on Pedagogical Agents of the Fourth International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS), San Antonio, pp. 83-86.
- Shaw, M. L. G. and Gaines, B. R. (2003) “Comparing Conceptual Structures: Consensus, Conflict, Correspondence and Contrast”, In: Canada: University of Calgary, novembro 1995. <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/articles/KBS/COCO/>, Junho.
- Temple, B. and Marshall, H. (1996) “Using Concept Maps to Evaluate Teaching and Learning”, <http://ultibase.rmit.edu.au/Articles/june96/templ1.htm>, maio de 2001.
- Turns, J., Atman, C.J., Adams, R. (2000) “Concept Maps for Engineering Education: A Cognitively Motivated Tool Supporting Varied Assessment Functions”, In: IEEE Transactions on Education, No. 2, vol. 43.
- Väisänen, J. and Kurki-Suonio, K. (2001) “The Use of Concept Maps in the Physics Teacher Education.”, <http://didactical.physics.helsinki.fi/didfys/cmaps.htm>, Maio.

---

<sup>1</sup> [www.gaia.ufes.br/apresentacao.htm](http://www.gaia.ufes.br/apresentacao.htm)