

Um Modelo do Aprendizado de Grupos de Alunos em Ambientes Colaborativos

Leandro Maciel Almeida, Thereza Patrícia P. Padilha

Laboratório de Inteligência Computacional – Centro Universitário Luterano de Palmas
(CEULP/ULBRA)

Caixa Postal 160 – 77.054-970 – Palmas – TO – Brasil

{leandro, thereza}@ulbra-to.br

***Abstract.** This paper describes a learning modeling of student groups in collaborative environments. With this model, the teacher will have an overview of the learning performance of students and groups. For this, Data Mining techniques are applied to databases that contain the students' interactions during the problems resolution process.*

***Resumo.** Este artigo descreve uma modelagem do aprendizado de grupos de alunos em ambientes colaborativos. Com esse modelo, o professor terá uma noção geral do desempenho do aprendizado dos alunos e dos grupos. Para isso, técnicas de Data Mining são aplicadas em bases de dados existentes, que contêm as interações dos alunos durante o processo de resolução de problemas.*

1. Introdução

A Informática na Educação tem evoluído bastante nessa última década, principalmente pelo desenvolvimento de ambientes/sistemas cada vez mais interativos. Além de possibilitar uma maior interação entre os alunos, o uso de tecnologias que auxiliem o processo de ensino-aprendizado como um todo tem se apresentado como uma boa alternativa como, por exemplo, a tecnologia de agentes inteligentes.

O termo agente tem sido bastante utilizado em diversas áreas da Ciência da Computação, principalmente na Inteligência Artificial (IA). Diante disso, existe uma considerável discussão para definir esse termo precisamente. Na literatura computacional, o termo agente é utilizado para determinar diversos tipos de programas que não precisam, necessariamente, apresentar um comportamento “inteligente” [Costa 1999]. Por outro lado, na literatura de IA, os agentes requerem esse tipo de comportamento. Apesar do comportamento inteligente ser mais complexo de implementar, oferece vantagens por ser capaz de tomar as suas próprias iniciativas com intuito de alcançar os seus objetivos.

Um dos maiores problemas identificados na Educação a Distância é a averiguação das atividades realizadas pelos alunos referente à avaliação do que foi realmente aprendido por eles. Até o momento, os ambientes colaborativos existentes apresentam poucas maneiras de analisar/verificar o aprendizado. Alguns ambientes definem a modelagem do aprendizado do aluno verificando, por exemplo, a quantidade de acessos ao ambiente. Entretanto, a quantidade de acessos ao ambiente não reflete num possível aprendizado, de forma que um aluno pode acessar várias vezes o ambiente

sem contribuir com as atividades. Outros ambientes procuram analisar segmentações da conversa entre os alunos, por meio de operadores de sentenças, para construir um modelo do perfil do aluno. Com o auxílio de um agente inteligente são fornecidos *feedback* com o objetivo de auxiliar durante o processo de aprendizado [Soller 2000].

Para acompanhar a evolução do aprendizado de grupos de aluno nos ambientes colaborativos é necessário armazenar um histórico da resolução de problemas, das interações dos alunos entre si e com o ambiente, analisando sua participação efetiva na execução das atividades e constante busca por conhecimento. Sendo assim, um mecanismo automatizado para desempenhar essas atividades é de suma importância para auxiliar os professores no processo de ensino-aprendizado.

Dessa forma, a seção 2 apresenta uma visão geral dos aspectos relacionados ao desenvolvimento de ambientes colaborativos. Na seção 3 são apresentados alguns aspectos da avaliação do aprendizado de alunos em ambientes colaborativos. Na seção 4 são descritas algumas técnicas utilizadas para a verificação do aprendizado de alunos. Na seção 5 é descrita a proposta utilizada para modelar o aprendizado de grupos de alunos usando uma base de dados que contém informações das interações de grupos de alunos num ambiente colaborativo. Por fim, na seção 6 são apresentadas algumas considerações finais.

2. Ambientes Colaborativos

Os ambientes colaborativos, também conhecidos como *groupware*, são mais complexos de implementar, pois necessitam suportar vários aspectos para realizar uma sincronização das tarefas comuns dos usuários, que podem estar geograficamente separados. Dentre esses aspectos, destacam-se: visualização, percepção (*awareness*), arquitetura, definição de papéis, controle de concorrência e metodologia de aprendizado [Borghoff 2000].

A maioria dos ambientes segue as formas de visualização do estilo *What You See is What I See* (WYSWIS), sendo subdividido em *strict* e *relaxed*. O estilo WYSWIS *strict* é considerado mais inconveniente para um grande número de usuários, porque se um membro mover a tela do ambiente para o lado direito, por exemplo, todos os outros usuários terão a tela posicionada neste mesmo lugar. O estilo WYSWIS *relaxed* não necessita que o estado da visualização seja exatamente o mesmo para todos os usuários. Assim, por exemplo, os usuários podem posicionar a tela do ambiente da sua forma preferida ou mover objetos sem distrair e/ou contrariar os outros usuários.

A percepção de usuários nos espaços compartilhados serve para socializar virtualmente o ambiente. Este aspecto, em geral, é implementado nos ambientes colaborativos apresentando uma lista dos usuários conectados.

A arquitetura dos ambientes colaborativos pode ser classificada como centralizada ou distribuída. A arquitetura centralizada é caracterizada pela execução da aplicação numa única máquina e que é acessada por várias máquinas (usuários), seguindo o modelo cliente-servidor. Embora esta arquitetura tenha um ponto de falha, isto é, se o servidor sair do ar todos os usuários ficam impossibilitados de trabalhar, a implementação é mais fácil se comparada à distribuída. Por outro lado, a arquitetura distribuída destaca-se pelo armazenamento de uma cópia da aplicação nas diversas máquinas. Apesar de cada usuário possuir a sua cópia da aplicação, é possível

disponibilizar um aprendizado de modo síncrono, pois somente as alterações são trafegadas pela rede.

A definição de papéis em ambientes colaborativos auxilia a estruturar as interações entre os usuários do grupo, definir tarefas e gerenciar o acesso aos documentos compartilhados. Os papéis são, freqüentemente, baseados nas habilidades, competências e conhecimentos do membro, podendo ser categorizados formalmente ou informalmente. Para grupos compostos por mais de seis usuários, a existência de um coordenador/moderador é importante.

O controle de concorrência visa fornecer aos usuários um espaço compartilhado consistente. Neste caso, tanto utilizando a arquitetura centralizada quanto distribuída, o servidor alterna a execução das tarefas dos usuários tão rapidamente que simula uma realização simultaneamente de tarefas, ou seja, realiza um pseudo-parallelismo. O propósito é que os usuários recebam as respostas logo após as suas solicitações em vez de esperar um longo tempo por resultados. O controle de concorrência pode ser dispensável quando a probabilidade de conflitos entre os usuários for baixa ou existir um moderador para coordenar as ações dos usuários.

Existem várias metodologias de aprendizado que estão implementadas em ambientes colaborativos. Em sua maioria, são metodologias que apresentam tarefas ou atividades para serem realizadas por um grupo de usuários/alunos. Dentre essas metodologias, destacam-se: resolução de problemas, estudo de casos e abordagem dos sete passos.

Enfim, há diversos ambientes colaborativos já implementados disponíveis na Web, tais como: *Learning from Case Studies* (LeCs) [Rosatelli et al. 2000], *Collaborative Learning Environment* (CLE) [TSC 2002] e *TeamWave Workplace* [Roseman 2003]. Muitos desses ambientes são, de certa forma, recentes na área e disponibilizam diversas ferramentas de comunicação entre os alunos. Porém, raramente existem mecanismos implementados nos atuais ambientes colaborativos, que forneçam relatórios detalhados sobre o processo de aprendizagem.

3. Aspectos da Avaliação do Aprendizado Colaborativo

O processo básico para a resolução de um determinado problema em um ambiente colaborativo, inicia com a coleta de informações disponibilizadas no ambiente, ou não. Para uma averiguação do aprendizado do aluno faz-se necessário manter uma maior quantidade possível de informações em um repositório no ambiente. Além disso deve-se fornecer aos alunos um conjunto de ferramentas que possibilitem o maior nível possível de compartilhamento de conhecimento.

Em alguns ambientes de aprendizado colaborativo os estudantes são divididos em grupos para um melhor gerenciamento. Cada membro do grupo deve atingir um determinado nível de aprendizado, normalmente avaliado por um coordenador, para ter a capacidade de responder a um conjunto de questões. A avaliação realizada pelo coordenador consiste normalmente na aplicação de testes e posterior resolução desses testes pelos alunos e/ou pelo grupo individual. Esse aspecto de avaliação não reflete totalmente a verdade do aprendizado do aluno ainda mais quando se trata de ambiente de aprendizado colaborativo onde cada integrante está geograficamente distribuído. Para melhorar essa avaliação de aprendizado existem inúmeros métodos desenvolvidos.

Segundo Soller, a compreensão de um novo conceito por um estudante é refletida em suas ações [Soller 2000]. Partindo desse conceito a constante verificação das ações de um estudante assim como das ações de cada grupo é de fundamental importância para a avaliação individual e coletiva do aprendizado. Alguns pesquisadores não consideram relevante a verificação de ações mas sim a verificação da segmentação da conversa entre os alunos, a verificação da conversa pode utilizar técnicas de reconhecimento de fala ainda são muito caras em termos de processamento e ainda estão em desenvolvimento. Somente a avaliação de segmentação da conversa não garante uma total veracidade da validação do aprendizado [Soller 2003]. Isso também é válido para a averiguação das ações realizadas pelos grupos e pelos seus componentes.

Um dos métodos mais estudados para a avaliação de aprendizado refere-se a utilização de operadores de sentenças para a segmentação de conversas entre alunos. Esses operadores são definidos de acordo com estudos psicológicos, sendo assim cada operador possui um sub-operador que contém um significado da mensagem a ser transmitida [Soller 2000]. Porém, como não é realizada uma análise semântica da mensagem a ser transmitida não se pode confiar totalmente neste método, como já foi mencionado. Uma solução possível seria utilizar o método de segmentação de conversa juntamente com a verificação das ações realizadas pelos alunos e posteriormente aplicar técnicas de *Data Mining* para realizar uma detecção de padrões existentes.

Com a junção dos métodos de segmentação da conversa e verificação de ações dos alunos, pode-se obter vários relatórios sobre o processo de aprendizagem dos alunos, assim como vários níveis de detalhamento desses relatórios. Isso ocorre pelo fato de se coletar informações sobre a conversa dos alunos, assim como a frequência de interações dos mesmos entre si e com o ambiente. Com isso o coordenador pode obter a avaliação realizada pelo sistema e também realizar a sua própria avaliação a partir dos dados coletados. Essa proposta teoricamente produz bons resultados, porém faz necessário encontrar uma técnica computacional que permita a integração desses dois métodos de forma a modelar o mais próximo possível da realidade o perfil dos alunos envolvidos no aprendizado colaborativo.

4. Técnicas para Análise de Interações do Aprendizado Colaborativo

O princípio de utilização de técnicas computacionais para a averiguação do aprendizado de alunos em ambientes colaborativos, está ligado ao fato de ser possível otimizar o trabalho do coordenador. Provendo um conjunto de informações sobre o aprendizado dos alunos e fornecendo mecanismos que enfatizem a constante utilização de uma ferramenta de aprendizado colaborativo, pelo fato de apresentarem bons resultados junto ao público alvo.

O modelo de ambiente proposto por [Soller 2003], possui grande eficiência na análise segmentada da conversa entre os alunos, porém não apresenta nenhuma outra forma ou método para avaliar o aprendizado e nem tanto um módulo para auxiliar o professor no acompanhamento do processo de aprendizagem dos alunos. Esse módulo de auxílio para o coordenador (professor) tem um papel fundamental e praticamente inexistente nas atuais ferramentas de aprendizado colaborativo no que refere-se a avaliação e apresentação de relatório sobre o aprendizado dos alunos.

A maior parte dos estudos computacionais para a averiguação das interações de grupos está voltada para análise da conversa propriamente dita. Para isso alguns ambientes de aprendizado colaborativo possuem como ferramenta básica de comunicação um *chat*, para envio e recepção de mensagens. Porém de acordo como o método adotado para a verificação do aprendizado e até mesmo da técnica a ser utilizada para implementar computacionalmente o método, a representação do conhecimento no ambiente deve ser alterada. Nas subseções seguintes serão apresentados alguns estudos computacionais sobre a análise da interação dos grupos.

4.1. Máquina de Estados Finitos

Este tipo de tecnologia foi primeiramente utilizado por [Flores et al. 1988] para construção de um sistema com análise de conversação entre grupos. Nesse sistema, o usuário escolhia os atos de conversação, tais como pedido ou promessa em menus configurados pelo próprio sistema. As configurações de menus são realizadas de maneira dinâmica com base em uma matriz de transições próximo estado, indicando somente aquelas ações que dirigiam para a conclusão da conversa. Para isso o coordenador teria de criar a mudança organizacional para explicitar a estrutura da conversação.

A idéia da tecnologia de estados finitos de máquinas está em criar uma estrutura estática de estados. Com isso tem-se uma estrutura de estados onde o estudante, de acordo com as suas interações, deve-se encaixar em algum estado pré-definido na construção dos estados finitos de máquina. Para um bom funcionamento desta tecnologia deve-se a principio conhecer largamente a aplicação para qual o sistema será criado, assim como conhecer todos os estados possíveis de transição do sistema. Caso não se tenha conhecimento amplo do domínio a aplicação dessa técnica torna-se inviável pelo fato de não ser possível determinar todos os estados.

Por conter uma estrutura basicamente estática para a análise de conversação, utilizar máquina de estados finitos para a análise do aprendizado de grupos de alunos torna-se inviável, pois o trabalho para prever todas as ações possíveis de um grupo será bastante demorado e incerto. Visto que os estados e/ou ações dos alunos não podem ser muito restritos, o que reduziria o nível de aprendizado em ambientes colaborativo.

4.2. Regras do Aprendiz

Os pesquisadores Katz, Aronis e Creitz desenvolveram dois sistemas utilizando a aprendizagem de regras, o *String Rule Learner* e o *Grammar Learner* [Katz et al. 1999]. Esses sistemas capturam padrões de testes existentes nos atos de conversação, para isso utilizam a segmentação do diálogo. Esses dois sistemas foram utilizados em um sistema tutor inteligente denominado SHERLOCK 2, para a pesquisa de defeitos da eletrônica. Durante os testes *String Rule Learner*, que procura por padrões em um conjunto de treinamento, conseguiu descobrir que as explanações iniciais utilizadas no sistema começam com *identificar* ou *informar* um ato. Já o *Grammar Learner*, que desenvolve uma probabilidade sobre uma gramática livre de contexto para especificar tipos de conversação, identificou que as explanações no sistema podem começar com o ato de *informar*, incluindo uma descrição casual ou então outro *informe* [Katz et al. 1999].

Algoritmos de aprendizagem de regras tais como esses fornecem um alto grau de promessa para classificação e reconhecimento de tarefas, conseguindo prover uma

ajuda no processo de análise seqüencial de conversações de aprendizagem [Soller 2000]. Atualmente, existem poucos ambientes de aprendizagem colaborativa que utilizam essa técnica de análise da conversação, isso se dá por diversos motivos, um deles é a incapacidade computacional de analisar semanticamente a conversa em diferentes idiomas.

5. Modelo de Aprendizado de Grupos de Alunos

O modelo proposto será aplicado no ambiente colaborativo para resolução de problemas RESOLVE, que está sendo desenvolvido no Laboratório de Inteligência Computacional do Centro Universitário Luterano de Palmas. O intuito da proposta é apresentar ao professor uma modelagem do desempenho do aprendizado de alunos, de grupos e também do conjunto total de envolvidos. Com essa abordagem têm-se diferentes níveis de detalhamento de relatórios sobre o processo de aprendizagem dos alunos.

O ambiente RESOLVE possui chat, editor de texto colaborativo e votação como ferramentas de comunicação, além de disponibilizar um repositório para o compartilhamento de documentos. O ambiente funciona com a divisão dos alunos em grupos de no máximo seis e mínimo de dois componentes por grupo. A metodologia de aprendizado adotada é a resolução de problemas, sendo constituída de cinco etapas [Padilha 2003a]:

- **observação da realidade** - visão global do assunto a ser tratado, identificando um problema para o estudo;
- **pontos-chave** - identificação dos pontos-chave relacionados ao problema. É a construção de um modelo simplificado da estrutura do problema;
- **teorização** - explanação teórica sobre cada ponto-chave identificado através de leituras e pesquisas;
- **elaboração de hipóteses** - formulação de algumas hipóteses possíveis que solucionem o problema exposto;
- **aplicação à realidade** - eleição e aplicação da solução mais adequada.

A idéia central do modelo é coletar a maior quantidade possível de informações dos alunos durante o processo de resolução de problemas. Essas informações coletadas são armazenadas em tabelas temporárias no banco de dados. A partir dos dados coletados de cada aluno é possível montar tabelas temporárias para cada grupo, para os grupos e também para o conjunto total de envolvidos. As informações coletadas são referentes às interações dos alunos entre si e com o ambiente durante o processo de resolução de problemas, para isso identificou-se um conjunto de variáveis que refletem as ações realizadas pelos alunos.

A definição das variáveis a serem avaliadas teve como base os recursos disponíveis no ambiente colaborativo para a resolução de problemas utilizados e nos aspectos que evidenciam a aprendizagem. Esses aspectos podem estar relacionados à tomada de decisão, independência pessoal, falta de persistência na execução das atividades ou envolvimento com o grupo. Na Tabela 1 é apresentada a lista dessas variáveis, bem como uma breve descrição do seu significado.

Tabela 1: Variáveis da Base de Dados

Nome da Variável	Descrição da Variável
IdProblema	Identifica a participação na identificação do problema
IdGrupo	Identifica o Grupo
IdAluno	Identifica o Aluno
Utilização do chat	Identifica a quantidade de utilização da ferramenta chat
Utilização do editor	Identifica a quantidade de utilização da ferramenta editor colaborativo
Utilização da votação	Identifica a quantidade de utilização da ferramenta votação
Disponibilização de material	Identifica a quantidade de materiais que o aluno disponibilizou no repositório
Utilização de material	Identifica a quantidade de materiais do repositório que o aluno utilizou
Tomada de decisão	Identifica a iniciativa para o preenchimento dos formulários
Envolvimento com o grupo	Identifica a quantidade de interações efetuadas entre os alunos do grupo
Falta de persistência	Identifica a falta de persistência do aluno em resolver os problemas

Para cada registro inserido nas bases de dados Grupo e Grupos, Figura 1, é informado o status de aprendizado do aluno em relação ao problema. Essa definição deve ser realizada com base nas interações realizadas pelo aluno durante o processo de resolução de problemas. Para isso existe um agente inteligente que define um status de aprendizagem com base em um conjunto de regras padrão. Para tornar mais flexível o processo o coordenador pode alterar as regras existentes no ambiente ou criar outras regras.

Para a definição de status existem três valores possíveis, que são: **Razoável**, **Bom** e **Ótimo**. Após o agente inteligente escolher o status, esse é adicionado à base de dados, em uma última coluna, sendo relacionado a cada problema resolvido. A análise da evolução do desempenho dos alunos, para a resolução dos problemas, é realizada considerando conjuntos de problemas, assim é possível ter um mapeamento superficial do desempenho dos alunos.

5.1. Agente para Modelagem do Aprendizado do Aluno

O agente proposto apresenta relatórios ao professor, com base em regras de produção (*se-então*), da modelagem do aprendizado adquirido pelos alunos no ambiente colaborativo para a resolução de problemas. Esse agente interage com uma base de dados que armazena as interações, entre si e com o ambiente, de cada grupo, dos grupos e de todos os envolvidos.

Como ilustrado na Figura 1, cada grupo possuirá uma base de dados temporária, “BD Grupo N”, com o objetivo de armazenar as interações de cada aluno do grupo. Para os grupos existirá uma base de dados denominada “BD Grupos”, armazenando as interações de cada grupo. Por fim existirá uma base de dados “BD Alunos”, que será alimentada com as interações de todos os alunos, como explicitado na Figura 1. Os dados armazenados em todas as tabelas são referentes às variáveis descritas na Tabela 1, juntamente com a definição do status.

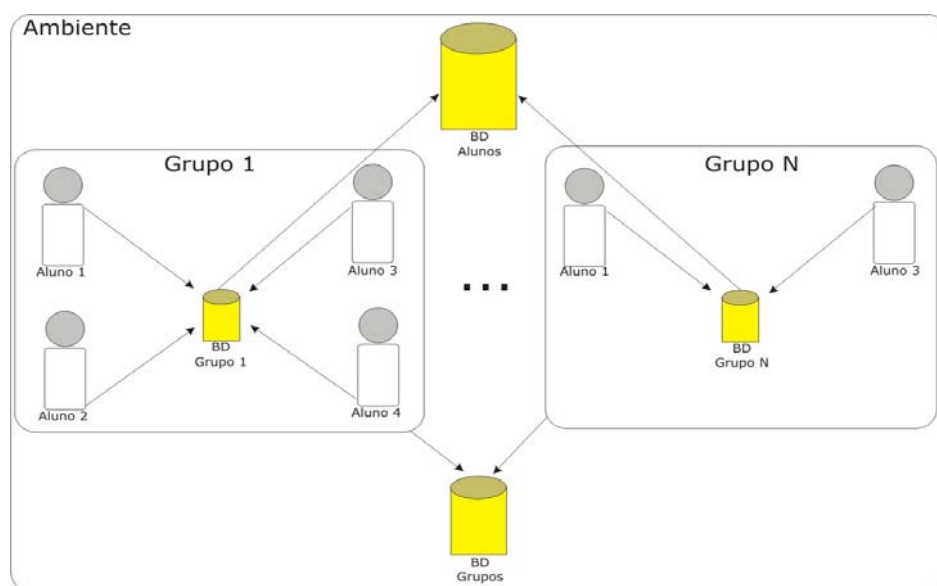


Figura 1. Estrutura do Armazenamento das Interações

Como essas bases de dados são atualizadas constantemente, devido às interações dos alunos, as percepções desse agente são realizadas durante a resolução de cada problema discutido. O agente utiliza como técnica de *Data Mining*, a indução de regras, sendo assim primeiramente é calculada a entropia de todas as variáveis da base, a fim de encontrar a melhor variável para a construção das regras. Inicialmente o agente detecta os padrões existentes e constrói regras que serão utilizadas para classificar o aprendizado dos alunos assim como do grupo.

Para cada base de dados dos grupos o agente realizará o processo de modelagem do aprendizado do aluno em relação dos demais componentes do grupo, gerando assim um relatório com cada aluno do grupo. Para a base de dados “BD Grupos”, o agente realizará a modelagem do aprendizado do grupo em relação aos demais grupos, criando um relatório com cada grupo no ambiente. Na base de dados “BD Alunos”, o agente modelará o aprendizado de cada aluno em relação ao conjunto de total de alunos envolvidos no processo de resolução de problemas, criando assim um último relatório com o andamento do aprendizado de cada aluno em relação aos demais.

5.2. Técnicas de *Data Mining*

Data Mining é um dos passos do processo de extração de dados, que tem como objetivo explorar e extrair padrões a partir de uma base de dados [Fayyad et al. 1996]. Para a extração desses padrões podem ser utilizadas várias técnicas, tais como: redes neurais, algoritmos de aprendizado simbólico (regras de produção, árvores de decisão, por exemplo), raciocínio probabilístico, entre outras.

Dentre as técnicas citadas, destaca-se o aprendizado simbólico que mede e calcula a quantidade de informação (*Gain Ratio*), baseando-se na Teoria Geral da Informação [Quinlan 1996]. Essa teoria possui como um de seus principais pontos a redução da entropia (desorganização). A entropia é uma grandeza que mede a desordem, tanto de objetos físicos quanto de informações. Quanto maior o grau da entropia maior é a desordem, ou seja, quanto menor o grau da entropia melhor a

organização. Sendo assim, o melhor grau de entropia é que o que possui valor mais baixo [Arariboia 1989] [Monard et al. 1997].

Para calcular a entropia de um determinado atributo (coluna) da base de dados é necessário, inicialmente, calcular a entropia dos valores possíveis desse atributo a partir da seguinte fórmula:

$$E(A = v_j) = -\sum_{i=1}^n p(i) \times \log_2(p(i))$$

na qual, $A = v_j$ significa que o atributo A tem o valor v_j , n é o número de classes diferentes c_1, c_2, \dots, c_n , e $p(i)$ é a probabilidade de um registro pertencer à classe c_n . Após realizar o cálculo com todos os valores possíveis de um atributo, deve-se relacionar todos esses valores para encontrar o ganho de informação de um atributo a partir da seguinte fórmula:

$$Gain(D, T) = Info(D) - \sum_{i=1}^k \frac{|D_i|}{|D|} \times Info(D_i)$$

na qual, $Info(D)$ representa a entropia da base com um todo, k denota a quantidade de subconjuntos do atributo T , $Info(D_i)$ denota a entropia de cada subconjunto $D_1, D_2, D_3, \dots, D_N$, D_i denota a quantidade de exemplos de cada subconjunto e o D a quantidade de exemplos contidos na base.

A partir desses cálculos, pode-se identificar o atributo mais relevante para a construção das regras de produção. As regras geradas podem utilizar todos os atributos disponíveis na base ou somente alguns. O critério mais importante é construir regras de produção consistentes, isto é, regras que retratem um padrão de um subconjunto de registros.

7. Considerações Finais

O modelo proposto de mapeamento do perfil de aprendizado de alunos possui características ímpares como a utilização de técnicas de *data mining* com a aplicação de métodos da Teoria Geral da Informação (TGI). Outra característica refere-se a utilização da tecnologia de agentes inteligentes para a execução do mapeamento e geração de relatórios para o coordenador.

A definição da existência de três bases de dados para coleta de informações sobre interação, teve com principal objetivo fornecer ao coordenador uma maior quantidade de relatórios sobre o processo de aprendizado dos alunos. Em outro aspecto, esses três níveis de relatórios, possibilita ao coordenador comparar os resultados encontrados pelo sistema, bem como verificar o desempenho de aprendizado dos alunos.

Alguns testes preliminares foram realizados com o modelo proposto em apenas um nível de detalhamento, ou seja, no aprendizado dos grupos. O mapeamento foi realizado com uma base de dados de trinta registros de interações realizadas pelos grupos, os resultados desses testes preliminares estão descritos em [Padilha 2003b].

8. Referências

- Borghoff, U. M. e Schlichter J. H. (2000) “Computer-Supported Cooperative Work: introduction to distributed applications”, Springer.
- Costa, M. T. C. (1999) ”Uma Arquitetura Baseada em Agentes para Suporte ao Ensino a Distância”, Tese de Doutorado – PPGEP-UFSC.
- Fayyad, U., Shapiro, G. P. e Smyth, P. (1996) “From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases”. AAAIMIT Press, p.37-54.
- Flores, F., Graves, M., Hartfield, B., e Winograd, T. (1988). “Computer systems and the design of organizational interaction”, ACM Transactions on Office Information Systems, 6(2), 153-172.
- Grupo Arariboia (1989) “Inteligência Artificial: um Curso Prático”, Editora LTC, Rio de Janeiro.
- Katz, S., Aronis, J., e Creitz, C. (1999) “Modelling pedagogical interactions with machine learning”, Proceedings of the Ninth International Conference on Artificial Intelligence in Education, LeMans, France, 543-550.
- Monard, M. C., Batista, G. E., Kawamoto, S. and Pugliesi, J.B. (1997) “Uma Introdução ao Aprendizado Simbólico de Máquina por Exemplos”, Nota Didática do ICMC-USP, n.º 20.
- Padilha, T. P. P. (2003) “Um Ambiente de Aprendizado Colaborativo para Resolução de Problemas”, Monografia de Qualificação de Doutorado – UFSC.
- Padilha, T. P. P., Almeida, L. M, e Alves, J.B.M. (2003) “Modelagem do Aprendizado de Grupos de Alunos em Ambientes Colaborativos Utilizando Data Mining”, IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, La Plata.
- Quinlan, J. R. (1996) “Improved Use of Continuous Attributes in C4.5”, Journal of Artificial Intelligence Research, vol.4, pp. 77-90.
- Rosatelli, M., Self, J. e Thiry M. (2000) “LeCS: A Collaborative Case Study System”, Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada, pp. 242-251.
- Roseman, M. (2003) “TeamWave Workplace”, Disponível em: <http://www.markroseman.com/teamwave/workplace.html>. Acesso em: 01/07/2003.
- Soller, A., e Busetta, P. (2003). “An Intelligent Agent Architecture for Facilitating Knowledge Sharing Communication”, Proceedings of the Workshop on Humans and Multi-Agent Systems at the 2nd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS-03), Melbourne, Australia, 94-100.
- Soller, A., e Lesgold, A. (2000). “Modeling the Process of Collaborative Learning”, International Workshop on New Technologies in Collaborative Learning, Awaji-Yumebutai, Japan.
- TSC (2002) “CLE: Collaborative Learning Environment”, Disponível em: <http://www.aln.orgalnconf99/presentations/convertedfiles/63/sld001.htm>. Acesso em: 01/07/2003.