

Aplicações dos computadores-  
Informática: Educação 080  
Inteligência artificial  
Sistemas multiagentes  
Diagnóstico cognitivo

## Utilização de uma ferramenta independente do domínio para diagnóstico do comportamento do aluno

CNPq 1.03.04.00-2  
334858

Vanessa Lindemann \*  
Ana Lúcia Cetertich Bazzan \*\*

### Resumo

A evolução da Informática na Educação exige ambientes de ensino capazes de se adaptarem ao contexto de acordo com as características individuais do aluno, que permitam interatividade e gerem um diagnóstico do comportamento cognitivo desse aluno. Com base nestes argumentos, o objetivo deste trabalho é propor um sistema de diagnóstico independente do domínio capaz de analisar o comportamento do aluno na resolução de problemas. O professor organiza o material em estruturas de tarefas *TÆMS* (uma linguagem independente do domínio para descrição de planos de resolução de tarefas), gerando uma biblioteca de planos que deverão ser executados pelo aluno. As informações referentes a navegação do aluno pelo material são gravadas em um *log*. O processo de diagnóstico ocorre através do confronto entre as informações do *log* e os planos gerados pelo professor.

**Palavras-Chaves:** Informática na Educação, Inteligência Artificial, Sistemas Multiagentes, diagnóstico cognitivo.

### Introdução

Nas pesquisas de IA na educação, o diagnóstico cognitivo é considerado algo extremamente difícil [KON 99]. Uma das razões é que, geralmente, o diagnóstico do comportamento é baseado em catálogos de erros, que são difíceis de criar e aplicáveis somente a domínios específicos. Quando o assunto muda, é necessário desenvolver e implementar um novo catálogo de erros. Na tentativa de resolver esses problemas, são utilizados métodos de gerar erros dinamicamente, porém, estes também apresentam dificuldades. Self [SEL 93] afirma que o diagnóstico cognitivo, sendo um problema complexo, apresenta um grande desafio: expressar os aspectos cognitivos não cobertos pelo diagnóstico de falhas e caminhar para um *framework* padrão para a área de diagnóstico. Com este trabalho, pretende-se contribuir exatamente nesta direção. A seção 2 descreve a estrutura de tarefas *TÆMS*, utilizada no processo de diagnóstico. O estado da arte e a proposta de um sistema de diagnóstico independente do domínio são descritos na seção 3, enquanto que a seção 4 apresenta algumas considerações finais.

---

\* vanessal@inf.ufrgs.br

\*\* bazzan@inf.ufrgs.br

## TÆMS

O TÆMS – *Task Analysis, Environmental Modeling, and Simulation* ([DEC 93], [LES 98], [HOR 2000b]) é um *framework* independente do domínio usado para modelar as atividades candidatas dos agentes. Representa tarefas hierárquicas, planeja ações, atividades candidatas e caminhos de soluções alternativos numa perspectiva quantificada. Todas as ações são descritas através de distribuições estatísticas discretas em três dimensões (qualidade, custo e duração). Considerando essas distribuições e as condições do ambiente, o melhor caminho de solução é selecionado.

O material criado pelo professor para ser apresentado ao aluno será representado no TÆMS, gerando uma estrutura de tarefas que é, essencialmente, uma árvore de decomposição do objetivo destas tarefas, onde os nodos folhas representam métodos primitivos executáveis e os nodos internos provem uma organização hierárquica (veja figura 2.1). Cada tarefa está associada a uma *QAF* (*quality-accumulation function*) que indica como a qualidade de suas subtarefas deve ser calculada. Cada método é associado a uma descrição baseada na distribuição das medidas de qualidade, custo e duração esperadas. Os inter-relacionamentos que aparecem entre tarefas, métodos e recursos, são usados para indicar interações, como por exemplo *habilitar* (tarefa A habilita tarefa B), *facilitar* (tarefa A facilita tarefa B), *impedir* (tarefa A impede tarefa B) ou *consumir* (tarefa A consome recurso X). Combinadas, essas capacidades oferecem flexibilidade para modelar uma gama enorme de características, desde características de baixo nível de uma única ação à representação em alto nível do controle hierárquico do sistema.

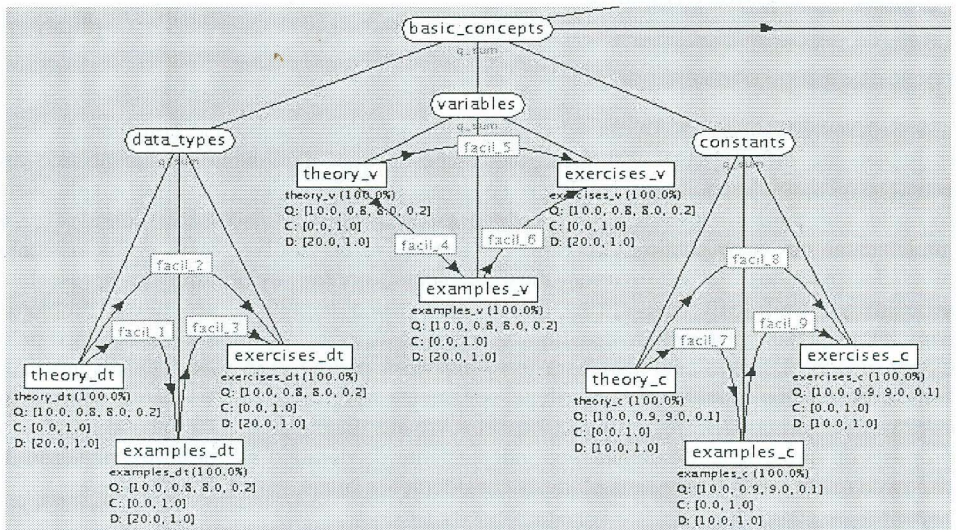


Figura 2.1 – Parte de uma estrutura de tarefas TÆMS com a distribuição de qualidade (Q), custo (C) e duração (D) de cada método e os inter-relacionamentos entre eles.

A Figura 2.1 apresenta um exemplo da estrutura de tarefas *TÆMS*, cujo domínio é o aprendizado da Linguagem de Programação Pascal. As elipses representam as tarefas, os retângulos os métodos com a distribuição de qualidade (Q), custo (C) e duração (D) e os inter-relacionamentos entre eles. As distribuições de qualidade e tempo variam de acordo com o método e a distribuição do custo foi ignorada pois não é necessária neste caso.

As estruturas de tarefas *TÆMS* são usadas para apresentar os caminhos de soluções possíveis para alcançar um objetivo e, também, descrevem tanto as capacidades potenciais de um agente, quanto o subconjunto das capacidades que devem ser empregadas. Para isso, cada agente tem duas versões diferentes, chamadas *visões*, da estrutura de tarefas local: *subjéitiva* e *condicional* [HOR 01]. A visão subjéitiva contém o que o agente acredita ser o modelo completo das alternativas de execução local. A visão condicional é uma cópia da subjéitiva que passou por um processo de condicionamento – tarefas, métodos e inter-relacionamentos podem ser inseridos, modificados ou deletados. Normalmente, a visão condicional é usada para construção de planos, assim estas modificações indiretamente permitem resolver o problema executando o processo de condicionamento para focar a atenção nos mecanismos de escalonamento e coordenação.

O escalonamento, executado pelo *DTC* (*Design-to-Criteria*), é um processo que ocorre em tempo real, avalia possíveis caminhos de ações para um agente e escolhe o caminho que melhor se ajusta as circunstâncias atuais. Para isso, são consideradas as distribuições de qualidade, custo e duração associados a cada método, os recursos envolvidos e as condições atuais do ambiente. Considerando uma estrutura de tarefas *TÆMS*, que modela uma família de planos, a função do *DTC* é interpretá-los para 1) decidir qual conjunto de tarefas executar, 2) decidir qual a ordem que as tarefas devem ser executadas, 3) executar as duas primeiras funções para enviar limitações, (por exemplo prazo final para uma determinada tarefa) e encontrar um equilíbrio entre o projeto e os critérios do objetivo especificados pelo cliente.

## Diagnóstico Cognitivo

As teorias de Reiter [REI 87] e de Kleer [KLE 87] proveram *frameworks* gerais para diagnóstico que, na realidade, são interessantes para diagnóstico de dispositivos físicos como um circuito lógico, por exemplo. Porém, o diagnóstico cognitivo tem problemas para identificar o conhecimento defeituoso (erros, falsas concepções) na base de conhecimento do aluno. Para resolver isto, Self [SEL 93] propõe algumas extensões aos *frameworks* gerais, como utilizar modelos hierárquicos, modelos de erros, evidências do diagnóstico, erros sistemáticos e deslizos. Mesmo assim, alguns dos principais problemas dos métodos gerais de diagnóstico permanecem, entre eles, o fato de que o diagnóstico cognitivo é iterativo, pois o objeto a ser diagnosticado é um agente ativo no processo de diagnose, o que é imensamente complicado de tratar. É difícil imaginar como tratar estes problemas sem levantar quase todas as questões de representação do conhecimento em IA e ciência cognitiva. Porém, como o diagnóstico cognitivo baseado em modelo não tem uma metodologia própria e segue os princípios básicos dos métodos gerais de diagnóstico, o

desafio é ser independente do domínio e, conseqüentemente, desenvolver descrições cognitivas válidas [LIN 2000].

O ambiente de aprendizagem deve ser capaz de adaptar a interação à situação atual, referente tanto ao assunto específico quanto ao aluno com quem está interagindo. Independente da direção escolhida, esta requer conhecimento sobre o aluno e, para isto, é necessário avaliar seu comportamento. Assim, um sistema de ensino deve diagnosticar o comportamento deste na resolução de problemas. O processo de diagnóstico, segundo Koning et al. [KON 99], é dividido em três funções principais: monitoramento, diagnóstico e reparo.

O modo como o aluno interage com o ambiente de aprendizagem reflete seu comportamento e, portanto, o sistema deve monitorar estas interações e diagnosticar divergências, baseando-se em erros cometidos pelo aluno. Nos métodos existentes, o propósito do diagnóstico é visto freqüentemente como uma explicação ou indicação das causas dos erros cometidos pelo aluno. Estas causas podem ser erros ou falsas concepções. Este é um dos motivos pelos quais o diagnóstico do comportamento na resolução de problemas é considerado extremamente difícil. É complicado construir catálogos de erros ou falsas concepções consistentes e, além disso, estes catálogos servem apenas para um domínio específico e, quando este muda, um novo catálogo deve ser implementado [KON 99].

Uma abordagem diferente para diagnóstico cognitivo é apresentada na figura 3.1. Além de ser genérica e independente do domínio, não requer catálogos de erros explícitos, mas a representação do comportamento correto do sistema a ser diagnosticado. Para diagnosticar o comportamento do aluno, modelos de tarefas são criados no TÆMS e, desta forma, divergências entre o modelo de tarefa especificado e o efetivamente cumprido pelo aluno podem ser diagnosticadas, concluindo-se eventualmente porque o aluno não realizou determinada tarefa como o esperado.

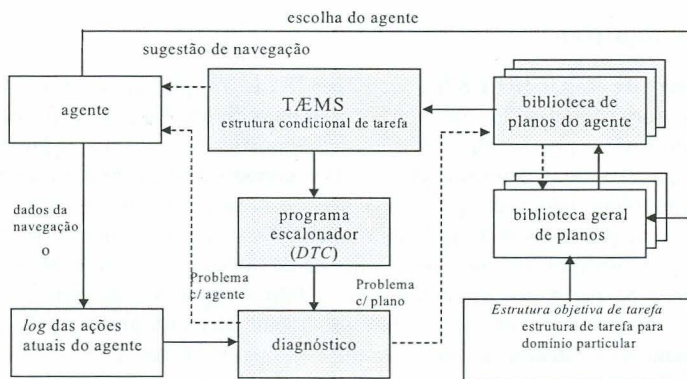


Figura 3.1 – Arquitetura conceitual do sistema de diagnóstico

A Figura 3.1 apresenta uma visão geral do sistema de diagnóstico proposto. Inicialmente, o professor cria estruturas de tarefas para um domínio particular, gerando assim a *estrutura objetiva de tarefa*, ou seja, as estruturas de tarefas com uma visão objetiva. Com base nessas estruturas de tarefas são criados os planos (um para cada domínio) que deverão ser executados pelo aluno, formando a biblioteca geral de planos do sistema. O aluno, que é o agente ativo no sistema, escolhe seus objetivos (qual conteúdo quer aprender, qual a forma que prefere – teoria, exemplo ou exercício, quanto tempo tem para executar essa tarefa) baseado na biblioteca geral de planos, gerando uma biblioteca com os seus próprios planos. Considerando os planos do agente, é gerada uma *estrutura condicional de tarefa* (relativa à suas escolhas) que serão interpretadas pelo *DTC*, que é responsável pelo escalonamento das tarefas que fazem parte da biblioteca de plano desse agente. Enquanto o agente está navegando no material e executando as tarefas necessárias para atingir seu objetivo, informações referentes a navegação vão sendo gravadas em um *log*. O processo de diagnóstico ocorre quando as informações gravadas no *log* são confrontadas com o escalonamento gerado pelo *DTC*. Tal comparação é baseada em um modelo causal geral que pode ser utilizado para diagnosticar diferenças entre quaisquer estruturas *TÆMS* [BAZ 98], [HOR 2000a], tendo sido empregado em outros domínios como o *Intelligent Home* [HOR 2000a] e *Producer-Consumer-Transporter* [HOR 2001].

Se forem detectadas divergências no processo de diagnóstico é preciso verificar se estas foram geradas por algum erro cometido pelo agente ou se foi um erro no plano. O problema está no agente se este não navegou conforme a sugestão de navegação gerada a partir da estrutura condicional de tarefa, porque as informações gravadas no *log* serão completamente diferentes das informações geradas pelo *DTC*, apresentando divergências. Quando isso ocorre o agente é avisado e deve iniciar o processo novamente. Se o erro está no plano, então é preciso repetir todo o processo novamente (os retângulos em cinza da figura 3.1 indicam quais as funções que estão envolvidas no laço de repetição). Esse laço deve ser repetido até que o diagnóstico seja satisfatório.

## Considerações Finais

A proposta de um sistema de diagnóstico baseado em modelo apresentada neste trabalho é genérica e independente do domínio. Divergências entre o comportamento do aluno e os modelos (gerados através do *TÆMS* e do modelo causal) podem ocorrer tanto por um erro provocado pelo aluno quanto por um erro no plano. Quando o aluno, como um agente ativo no processo de diagnóstico, não seguiu a sugestão de navegação gerada a partir da estrutura condicional de tarefa, as informações gravadas no *log* serão completamente diferentes das informações geradas pelo *DTC*, apresentando divergências. Nesse caso, o aluno é avisado e deve iniciar o processo de navegação novamente. Senão, quando o problema estiver no plano, este deve ser especificado novamente e algumas funções do processo devem ser repetidas, até que o diagnóstico seja satisfatório. Esta abordagem pode ser aplicada com sucesso a fim de resolver significativos problemas da IA em ambientes de ensino, provendo um método genérico para o processo de diagnóstico cognitivo. É

necessário ampliar as teorias gerais de diagnóstico para, desta forma, cobrir completamente o diagnóstico cognitivo.

## Bibliografia

- [BAZ 98] BAZZAN, A.L.C.; LESSER, V.; XUAN, P. **Adapting an Organization Design through Domain-Independent Diagnosis**. [S.l.]: University of Massachusetts, 1998. (Technical Report 98-014).
- [DEC 93] DECKER, K.S.; LESSER, V.R. **Quantitative modeling of complex environments**. *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 2(4):215-234, December 1993.
- [HOR 2000] HORLING, B.; LESSER, V.; VICENT, R.; BAZZAN, A.; XUAN, P. **Diagnosis as an Integral Part of Multi-Agent Adaptability**. In: DARPA INFORMATION SURVIVABILITY CONFERENCE AND EXPOSITION. Proceedings... South Carolina: 2000.
- [HOR 2000a] HORLING, B. et al. The *TÆMS* White Paper. Disponível por WWW em <http://mas.cs.umass.edu/res-earch/TÆMS/shite>. (Agosto 2000).
- [HOR 2001] HORLING, B.; BENYO, B.; LESSER, V. **Using Self-Diagnosis to Adapt Organizational Structure**. Amherst: University of Massachusetts. In: *Autonomous Agents 2001*. Proceedings... Montreal: 2001.
- [KLE 87] KLEER, J. **Diagnosis Multiple Faults**. *Artificial Intelligence*, Amsterdam, v.32, n.1, p.97-130, April 1987.
- [KON 99] KONING, K.; BREDEWEG B.; BREUKER, J.; WIELINGA B. **Model-Based Reasoning About Learner Behaviour**. *Artificial Intelligence*, Amsterdam, n.117, p.173-229, 1999.
- [LES 98] LESSER, V. et al. **A Multi-Agent System for Intelligent Environment Control**. [S.l.]: University of Massachusetts, 1998. (Technical Report 98-40).
- [LIN 2000] LINDEMANN, Vanessa. **Um Estudo sobre Diagnóstico: do Diagnóstico de Falhas em Dispositivos Físicos ao Diagnóstico Cognitivo Baseado em Modelo**: trabalho individual. Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2000.
- [REI 87] REITER, R. **A Theory of Diagnosis from First Principles**. *Artificial Intelligence*, Amsterdam, v.32, n.1, p.57-95, April 1987.
- [SEL 93] SELF, J. **Model-Based Cognitive Diagnosis**. In: *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 1993, v.3, p.89-106.