

# SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA NAVAL

## UM MODELO DE RESOLUÇÃO DE CONFLITOS EM SISTEMAS MULTIAGENTES APLICADO AO PROJETO DE UMA PLATAFORMA OFF-SHORE DE PETRÓLEO

**Autor(es)** : Placca, J.A., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil ([placca@cos.ufrj.br](mailto:placca@cos.ufrj.br))  
Garcia, A.C.B., Universidade Federal Fluminense, Brasil ([bicharra@ic.dcc.uff.br](mailto:bicharra@ic.dcc.uff.br))  
Dutra, I.C., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil ([ines@cos.ufrj.br](mailto:ines@cos.ufrj.br))

### 1. Introdução

A área de suporte ao trabalho em grupo apoiado por computador visa prover ferramentas computacionais para facilitar a interação humana, no sentido de aumentar o potencial de grupos de trabalho envolvidos na realização de tarefas comuns. [01]

Cada vez mais ambientes multi-mídia e multi-plataformas são colocados à disposição de grupos de pessoas para a realização de tarefas individuais ou em comum, integrando atividades de comunicação e processamento de informações. Sistemas computacionais com essas características fazem parte da classe de sistemas estudados pela comunidade de CSCW (Computer-Supported Cooperative Work), que, em muitos casos, reúnem especialistas multi-disciplinares, particularmente das áreas de Ciências Sociais e de Ciências da Computação.

Dentre as diversas classes de problemas abordados por CSCW, estamos interessados na classe de aplicações restrita a um grupo de trabalho com propósito específico e bem delineado e que tenha potencialidade para assistir o grupo de trabalho em atividades de comunicação, colaboração e coordenação de suas atividades.

Grupos de trabalho com tais características se constituem no objeto de estudo de aplicações *groupware*, as quais, por sua vez, suportam diversas estratégias e modelos de implementação. Dentre essas estratégias destacamos o paradigma de SMA devido sua aplicabilidade em ambientes complexos e dinâmicos, e ao suporte à tarefas distribuídas com elevado grau de autonomia de seus componentes.

Porém a aplicação de SMA (Sistemas Multiagentes) em tarefas de *groupware* não é uma atividade simples. Os agentes individuais necessitam ser coordenados e, dependendo do tipo de tarefa a ser executada, conflitos de várias naturezas poderão surgir. [02], [03], [04],[05], [06]

O objetivo geral do presente trabalho é propor um Modelo para resolução de conflitos em um Sistema Multiagente aplicado à tarefa de projeto de engenharia. O fluxo de trabalho dos diversos especialistas num projeto de engenharia e as diversas fases por que passa um produto durante seu desenvolvimento no referido processo são abordados de maneira especial pelo modelo proposto. A ocorrência de conflitos se dá nas diversas tarefas e fases citadas e uma única estratégia de resolução não retorna resultados satisfatórios por deixar de explorar características inerentes ao tipo de conflito detectado.

A presente proposta parte da premissa de que não existe uma estratégia de resolução de conflitos que seja adequada a qualquer tipo de Sistema Multiagente, porém os conflitos detectados podem ser classificados e a utilização de uma estratégia específica em função do tipo de conflito pode conduzir a resultados mais satisfatórios [07].

As inovações com relação ao trabalho de [07] residem em duas abordagens não contempladas no seu trabalho: um tratamento diferenciado em função do ciclo de desenvolvimento de um projeto de engenharia e a re-utilização de casos e estratégias utilizadas no projeto.

Vamos utilizar como domínio da nossa aplicação o projeto de uma plataforma off-shore de petróleo, que constitui uma tarefa bastante complexa no que tange a diversidade de sistemas, variáveis e pessoas envolvidas.

Na seção 2 são apresentados vários enfoques de Sistemas Multiagentes aplicados a tarefa de *groupware*; a seção 3 apresenta a nossa proposta: uma extensão do Modelo Tri-Coord, o Modelo Tri-Coord+; a seção 4 apresenta uma aplicação do Modelo proposto no cenário de projeto de plataformas de petróleo e finalmente a seção 5 é destinada a conclusões.

### 2 – Trabalhos Relacionados

O objetivo da presente proposta é apresentar um Modelo que otimize as interações entre agentes num SMA aplicado a um Projeto de Engenharia Distribuído ou a um Projeto de Engenharia Concorrente. Dessa maneira estaremos interessados em SMAs Cognitivos e técnicas e paradigmas de SMAs respectivos.

Dentre as técnicas apresentadas na literatura estaremos interessados particularmente nas técnicas de SMAs Cognitivos voltadas para ambientes de elevado grau de interação entre os agentes e cujos agentes tenham elevado grau de conhecimento individual (uma tarefa de *groupware* aplicada a Projeto de Engenharia Concorrente requer tais características [01]).

Nesse domínio predominam dois enfoques: a aplicação de conceitos de Ciências Sociais em SMAs [10] e a utilização de estratégias específicas em função do tipo de conflito identificado [11], [07].

A utilização de conceitos de Ciências Sociais em SMAs pode ser encontrada em [10], [12], [13], [14].

Vários pesquisadores têm estudado os conceitos de Ciências Sociais no contexto de SMAs [12],[15],[16],[17]. Tais trabalhos têm tipicamente produzido ontologias para descrever os conceitos de Ciências Sociais aplicados a SMAs. Em [14] é proposto o conceito de responsabilidade social dos agentes. Em [18] é apresentado o conceito de agente normativo, isto é, agentes capazes de reconhecer, adotar e seguir normas. O modelo proposto na seção 3 incorpora diversas estruturas sociais na organização da sua comunidade de agentes.

Já a estratégia de utilizar técnicas específicas de tratamento de conflito em função do tipo de conflito detectado requer uma prévia classificação dos mesmos.

O trabalho apresentado por [11] destaca duas classes de conflitos em um projeto de Engenharia Concorrente :

- a) Conflitos entre o projeto e os requisitos: o projeto feito por um engenheiro não satisfaz os requisitos correspondentes.
- b) Divergências entre alguns participantes do grupo de projeto no tocante à especificação de parâmetros do projeto. Tais conflitos se originam de problemas causados por estratégias utilizadas e proposições feitas pelos projetistas.

O modelo proposta trata apenas do segundo tipo de conflito uma vez que estamos assumindo que os agentes-projetistas seguem rigorosamente as especificações iniciais do projeto.

Um outro trabalho baseado numa prévia classificação dos conflitos é apresentado em [07]. A abordagem sugerida para a escolha de uma determinada arquitetura ou estratégia é classificar os tipos de conflitos que podem ocorrer num SMA e então escolher uma estratégia de resolução de conflito mais apropriada.

Partindo do princípio de que não existe uma estratégia para tratamento de conflitos em sistemas multiagentes que apresente resultados satisfatórios em qualquer situação ou domínio [10], a presente proposta tem como ponto de partida o trabalho apresentado por [07] que propõe a escolha dinâmica da estratégia mais apropriada para resolução de conflitos em SMAs.

Um sistema multiagente pode ser visto como um grupo de entidades independentes, interagindo entre si com o intuito de alcançar um objetivo comum. Devido ao conhecimento limitado dos agentes, escassez de recursos e fatores inerentes ao domínio da aplicação, a ocorrência de conflitos entre os agentes é inevitável. Dessa maneira a existência de um mecanismo eficiente de detecção e resolução de conflitos é vital para o bom desempenho do SMA.

Levando-se em conta que os conflitos gerados são de natureza distinta, os mesmos poderão ser classificados e uma estratégia de resolução apropriada, levando-se em conta as particularidades do conflito, poderá apresentar resultados mais satisfatórios do que uma estratégia mais genérica.

A proposta de [07] é que os agentes possam selecionar dinamicamente a estratégia de resolução mais apropriada levando-se em consideração: a natureza do conflito, as leis organizacionais correntes e soluções preferenciais.

No que concerne à aplicação da abordagem proposta por [07] no domínio de aplicação da Engenharia Concorrente ou a um Projeto de Engenharia Distribuído alguns aspectos inerentes ao domínio de um projeto de engenharia não são contemplados.

Dois aspectos não abordados por [07] são:

- a implementação de um mecanismo de revisão de soluções de conflitos ( o que

corresponde num projeto de engenharia à fase de revisão de projeto).

- a implementação de um mecanismo de atualização dinâmica da base de conhecimento (o que corresponde num projeto de engenharia à utilização de soluções adotadas numa especificação inicial para as especificações posteriores).

Um tarefa de *groupware*, particularmente um Projeto de Engenharia Distribuído, raramente tem uma evolução seqüencial até sua conclusão final. Em geral, durante as etapas do projeto, alternativas são discutidas e testadas e, muitas vezes, especificações são re-feitas em função de novos requisitos do projeto. Dessa maneira, uma solução para um eventual conflito detectado e resolvido numa fase inicial do projeto poderá ter que ser revista numa fase posterior.

O segundo aspecto trata da atualização dinâmica da base de conhecimentos, possibilitando que soluções adotadas na fase inicial de um projeto possam ser aproveitadas como regra em situações de conflito similares em fases posteriores.

O Modelo Tri-Coord+ apresentado na seção seguinte procura conjugar ambas as idéias destacadas na presente seção: a utilização de conceitos de Ciências Sociais em SMAs e a escolha do tipo de estratégia em função do tipo de conflito detectado.

### 3 – Um Modelo de Estruturas Sociais aplicado aos SMAs : Modelo TriCoord+

O Modelo Tri-Coord+ é uma extensão do Modelo Tri-Coord [19] ,que é um modelo de coordenação-tripla para resolução de conflitos de agentes em ambientes fechados, e tem por objetivo apresentar novas potencialidades ao Modelo anterior de maneira a consolidar e justificar sua estrutura como solução viável para o gerenciamento de SMAs aplicados à tarefa de *groupware*.

O Modelo Tri-Coord+ contempla a premissa de que não existe uma estratégia de resolução de conflitos que seja adequada a qualquer tipo de Sistema Multiagente, porém os conflitos detectados podem ser classificados e a utilização de uma estratégia específica em função do tipo de conflito pode conduzir a resultados mais satisfatórios [07].

As inovações citadas na seção 3 residem em duas abordagens não contempladas no seu trabalho:

- tratamento diferenciado em função do ciclo de desenvolvimento de um projeto de engenharia
- re-utilização de casos e estratégias utilizadas no projeto também são contempladas no referido Modelo.

O Modelo Tri-Coord+ mantém a estrutura principal apresentada pelo Modelo Tri-Coord [19], isto é, os Agentes Especiais denominados: Agente Executivo, Agente Legislativo e Agente Judiciário, em analogia à Teoria da Tri-partição dos Poderes de Jean Jacques Rousseau. (figura 1)

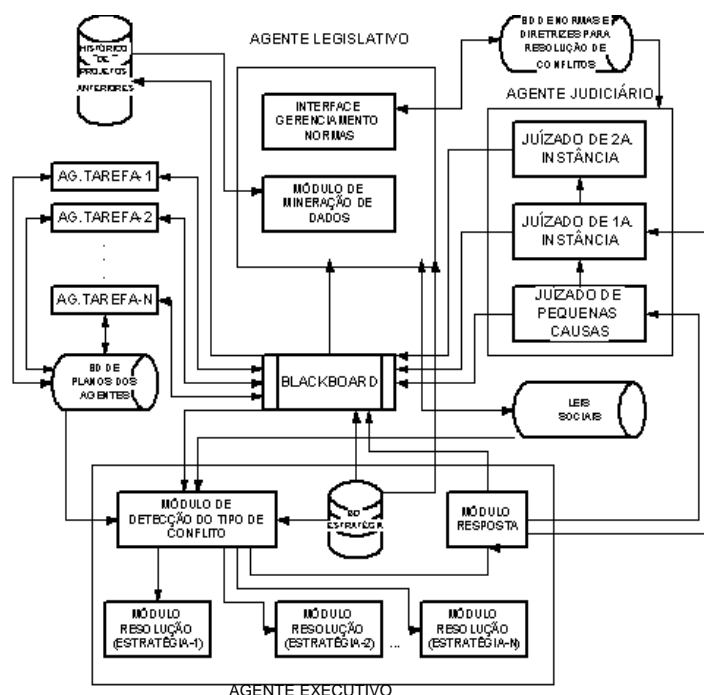


Figura 1 : Modelo Tri-Coord+

Como ilustrado na figura 1, o Modelo Tri-Coord+ mantém uma estrutura de *blackboard* pela qual as informações são acessadas ou modificadas porém os agentes de tarefas também podem se comunicar entre si e resolver conflitos sem a necessidade da intervenção de um agente especial.

Vamos a seguir especificar detalhadamente o Modelo proposto em termos de agentes, ambiente e interações.

O Modelo Tri-Coord+ é constituído por quatro tipos de agentes: agentes de tarefas, Agente Executivo, Agente Legislativo e Agente Judiciário.

O Agente de Tarefas é o agente computacional que atua no ambiente, em nome de um usuário e com um objetivo específico.

O Agente Executivo é o responsável pelo gerenciamento imediato dos conflitos e a

comunicação de sanções ou decisões aos agentes.

No Modelo Tri-Coord+ o Agente Executivo passou a ter uma estrutura mais complexa que permite a implementação da abordagem da escolha da estratégia mais adequada em função do tipo de conflito detectado. Dessa maneira o Agente Executivo é constituído de:

- a) Módulo de Detecção: responsável por identificar o tipo de conflito ocorrido e escolher a estratégia de resolução mais apropriada;
- b) Módulo de Resolução: implementa as diversas estratégias contempladas no Banco de Dados de Estratégias de Resolução de Conflitos. A cada nova estratégia adicionada ao Banco de Dados, o respectivo Módulo de Resolução deverá ser disponibilizado. Dentre as estratégias que poderão ser contempladas podemos citar: Mecanismos de Votação, Eleição, Leilão, etc.
- c) Módulo de Resposta: responsável pela emissão da resposta gerada.
- d) Banco de Dados de Estratégias de Resolução e Tipos de Conflitos: guarda as estratégias de resolução pertinentes em função do tipo de conflito.

O Agente Judiciário é o responsável em dirimir conflitos pendentes que não puderem ser resolvidos pelo Agente Executivo. Utiliza-se, em geral, de um processo de audiência onde todos os agentes envolvidos são convocados para uma comunicação síncrona a fim de dirimir o conflito.

No Modelo Tri-Coord+ o Agente Judiciário também passou a ter uma estrutura mais complexa composta dos seguintes módulos:

- a) Juizado de Pequenas Causas: responsável por conflitos não resolvidos pelo Agente Executivo e que se situam num nível mais baixo de prioridade e importância.
- b) Tribunal de 1<sup>a</sup> Instância: responsável pelos conflitos de um grau mais elevado de prioridade e importância.
- c) Tribunal de 2<sup>a</sup> Instância: responsável por dirimir os possíveis recursos (não aceitação) das soluções ditadas pelo Tribunal de 1<sup>a</sup> Instância.

O Agente Legislativo é o responsável pela manutenção e renovação do conjunto de leis e regras utilizados no ambiente. Está constantemente observando o ambiente para incorporar regras que atendam uma necessidade de demanda do momento.

No Modelo Tri-Coord+ o Agente Legislativo passou a ter dois módulos:

- a) Módulo de Interface para permitir a interação manual através de um Agente Humano;
- b) Módulo de Mineração de Dados para permitir a inferência de novas regras baseadas no Histórico de Projetos anteriores.

O ambiente do Modelo Tri-Coord+ pode ser caracterizado como sendo um ambiente:

- Multi-agente – pois permite a interação de múltiplos agentes;
- Dinâmico – pois enquanto um agente atua o ambiente pode se modificar através de estímulos distintos da atuação do agente;
- Cooperativo – pois pressupõem-se que os agentes visam atingir um objetivo maior comum.

As estruturas que integram o ambiente do Modelo Tri-Coord+ são:

- Banco de Dados de Leis Sociais
- Banco de Dados de Sanções (parte do BD de Leis Sociais)
- Banco de Dados de normas e diretrizes para resolução de conflitos
- Banco de Dados de estratégias de resolução de conflitos
- Banco de Dados de históricos de projetos anteriores
- *Blackboard* com o estado atual dos agentes

O Banco de Dados de estratégias de resolução de conflitos contém para cada tipo de conflito detectado uma lista com as possíveis estratégias de resolução mais adequada (em ordem de prioridade) e que possibilita ao Agente Executivo executar o procedimento mais adequado para aquela situação.

O Banco de Dados de históricos de projetos anteriores contém as informações relativas no tocante a parâmetros e especificações de projetos já realizados.

O *Blackboard* é um banco de dados onde cada tipo de agente tem uma visão que compreende o estado dos agentes e suas

respectivas ações. Sua função principal é sinalizar a ocorrência de conflitos.

A utilização da estrutura de *Blackboard* é muito comum em SMAs [20] e até mesmo em SMAs aplicados à Engenharia Concorrente [21].

O Modelo Tri-Coord+ implementa a estratégia apresentada por [07] de tratamento diferenciado em função do tipo de conflito detectado apresentando, porém, inovações pertinentes ao domínio de aplicação de CSCW.

Dois aspectos não abordados por [07] são abordados pelo Modelo Tri-Coord+ :

- a) a implementação de um mecanismo de revisão de soluções de conflitos ( o que corresponde num projeto de engenharia à fase de revisão de projeto e ao Modelo Tri-Coord+ à instância do Agente Judiciário).
- b) A implementação de um mecanismo de atualização dinâmica da base de conhecimento (o que corresponde num projeto de engenharia à utilização de soluções adotadas numa especificação inicial para as especificações posteriores e ao Modelo Tri-Coord+ à instância do Agente Legislativo).

Um tarefa de *groupware*, particularmente um Projeto de Engenharia Distribuído, raramente tem uma evolução seqüencial até sua conclusão final. Dessa maneira, uma solução para um eventual conflito detectado e resolvido numa fase inicial do projeto poderá ter que ser revista numa fase posterior. Essa tarefa cabe ao Agente Judiciário do Modelo Tri-Coord+.

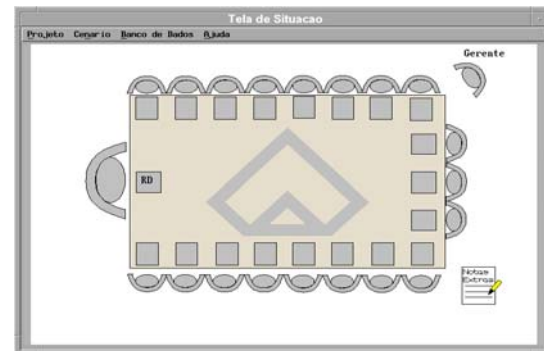
O segundo aspecto trata da atualização dinâmica da base de conhecimentos, possibilitando que soluções adotadas na fase inicial de um projeto possam ser aproveitadas como regra em situações de conflito similares em fases posteriores. Essa tarefa cabe ao Agente Legislativo do Modelo Tri-Coord+.

#### 4 – Aplicação e Validação do Modelo Tri-Coord+

O Modelo Tri-Coord+ será aplicado à tarefa de projeto de uma plataforma de petróleo. Nessa tarefa o projeto final é o resultado de diversos

projetos em diferentes áreas de engenharia: Estrutura, Naval, Civil, Elétrica, Processos, Segurança, Meio-Ambiente, etc. Cada um desses projetos poderá ser sub-dividido em vários sistemas, tendo um projetista responsável por cada sistema (por exemplo o projeto da planta de Processo de Óleo e Gás é, em geral, sub-dividido em 19 sub-sistemas).

O Modelo proposto é uma extensão da arquitetura Tri-Coord [19] a qual integra vários agentes de tarefas (projetistas) cada qual com a tarefa de especificar e dimensionar uma



serie de parâmetros relativos a um sistema em particular. O conjunto de todos os sistemas se constitui na especificação global de uma plataforma de petróleo, em termos de valores de parâmetros para os diversos equipamentos que a compõe.

O que se espera de cada projetista é que ele conclua as especificações do sub-sistema do qual é responsável, sem estar em conflito/pendência com outros projetistas e dentro do tempo e do orçamento previstos. A conclusão de todos os sub-sistemas resultará automaticamente na conclusão geral do projeto de planta de uma plataforma de petróleo ou, em outras palavras, na obtenção do estado-meta.

A implementação do Modelo Tri-Coord+ é uma proposta descentralizada de sistema multi-agente com o objetivo de otimizar o tratamento de conflitos entre diversos agentes num ambiente aberto. Cada agente representa um projetista responsável em especificar determinada parte de um projeto de engenharia. Dessa maneira, um agente ao "entrar num projeto", deverá se identificar e selecionar os parâmetros que utilizará na especificação do seu sistema. Tais parâmetros tanto podem ser parâmetros novos como parâmetros já utilizados por outros agentes. Não há limites no número de agentes participantes (característica de um sistema aberto) o que possibilita, inclusive a utilização do modelo num ambiente como a

Internet. Após “entrar num projeto” o objetivo de cada agente passará a ser finalizar o dimensionamento dos parâmetros de que necessita (interagindo ou não com outros agentes) a fim de obter uma lista de saída (normalmente uma lista de equipamentos ou de parâmetros de saída dependentes dos parâmetros de entrada especificados). A interação agente versus agente e agente versus ambiente se dá sempre que um conflito ocorrer e ações serão tomadas no sentido de resolver tais conflitos conduzindo a uma situação satisfatória para todos os agentes participantes do projeto.

Um protótipo do Modelo Tricoord foi implementado com o objetivo de validar a proposta apresentada e servir de ambiente de testes para as diversas situações de conflito de um projeto de engenharia distribuído. A tela de situação, que é a interface principal de interação, reflete a estrutura organizacional do processo. O desenho da mesa representa o projeto sendo desenvolvido, cada desenho de um documento representa um sistema, e cada desenho de uma cadeira representa o responsável pelo desenvolvimento daquele sistema (agente projetista). (figura 2)

**Figura 2: Tela de Situação**

Outro fato a ser considerado num projeto de engenharia é que um agente (projetista) deve ser capaz de identificar (e decidir) situações que, embora se caracterizem por divergência de valores, não se constituam necessariamente em conflitos. Nessas situações o agente tem que decidir se o valor que ele deseja registrar é compatível com o mesmo valor já calculado por outro agente. Se tais valores são compatíveis então não existe conflito, apesar dos valores não serem idênticos. Dessa maneira a detecção de conflitos deve ser mais complexa do que simplesmente uma checagem de valores.

Nesse contexto o Modelo Tri-Coord+ disponibiliza uma estrutura de vários níveis para resolução de conflitos, robusta no sentido de poder tratar qualquer tipo de conflito e flexível o suficiente devido ao Agente Legislativo ser continuamente atualizado em função do Histórico de Projetos Anteriores.

Pretende-se validar o presente modelo com a aplicação de um mínimo de 50 casos de testes onde cada caso de teste será composto pelo conjunto de variáveis necessárias para a especificação inicial do projeto de engenharia, regras utilizadas, dados de ajustes e históricos de projetos anteriores similares. Os casos de testes serão montados a partir do histórico de

projetos realizados pelo Centro de Pesquisas da Petrobrás (Cenpes) e sua validação será dada em função da avaliação do desempenho do modelo proposto comparado com os registros históricos do projeto em questão.

## **5 – Conclusão e Trabalhos Futuros**

A utilização de estruturas sociais como estratégia para o gerenciamento de sistemas multiagentes tem sido uma técnica largamente utilizada em aplicações baseadas em SMAs [14], [03],[22]. Uma outra corrente bastante difundida para o problema de detecção e resolução de conflitos em SMAs é a escolha da técnica apropriada em função do tipo de conflito detectado [11], [07].

Aplicações de SMAs em Projetos de Engenharia Concorrente, casos típicos de tarefas de *groupware* ou CSCW aplicados à Engenharia são exemplos de classes de aplicações onde a detecção e resolução de conflitos é essencial para o sucesso da tarefa-meta.

O problema enfocado no presente trabalho diz respeito ao ambiente de interação entre agentes e propõe um modelo para tratamento das interações entre agentes cooperativos visando proporcionar uma maior autonomia dos agentes bem como uma otimização no tratamento de eventuais conflitos durante a execução de um trabalho cooperativo entre múltiplos agentes.

A nossa proposta consiste na extensão do Modelo Tri-Coord [19], que é um modelo de auxílio à resolução de conflitos em ambientes fechados, com múltiplos agentes, isto é, ambientes onde as leis ou regras de interação, comportamento e atuação estão bem definidas no ambiente. Referido modelo é baseado na aplicação de Leis Sociais [23] e foi inspirado na teoria do Contrato Social de Jean Jaques Rousseau.

O ponto de partida do presente Modelo é o trabalho apresentado por [07] o qual pressupõe uma prévia classificação dos conflitos para posterior utilização de uma estratégia de resolução mais adequada ao tipo de conflito ocorrido.

A escolha da estratégia de resolução de conflito em função de uma prévia classificação dos mesmos também é a base do trabalho de [10] o qual prevê uma classificação de conflitos mais abstratos no topo da hierarquia e conflitos mais concretos nos níveis mais baixos. As estratégias correspondentes também são dispostas numa hierarquia e no caso de falha de uma dada estratégia

selecionada é escolhida uma nova estratégia de categoria mais genérica que a primeira.

O Modelo Tri-Coord+, extensão do Modelo Tri-Coord, apresenta soluções para as limitações do seu predecessor e para o modelo proposto por [LIU 98] e agrega novas potencialidades de tratamento de conflito à sua estrutura, mais especificamente:

- tratamento diferenciado em função do ciclo de desenvolvimento de um projeto de engenharia;
- re-utilização de casos e estratégias utilizadas no projeto;

O Modelo Tri-Coord+ apresenta três agentes especiais: Agente Executivo, Agente Legislativo e Agente Judiciário com competência para atuar no ambiente sempre que determinada situação forçar sua atuação.

O Modelo Tri-Coord+ ampliou a estrutura dos agentes especiais da seguinte maneira:

- Agente Executivo: passou a ter um módulo de detecção do tipo de conflito para posterior escolha da estratégia mais adequada. Dessa maneira o modelo passa a suportar diferentes estratégias de resolução de conflito e provê um tratamento mais eficiente em função do tipo de conflito detectado.
- Agente Judiciário: passou a ter múltiplas instâncias, permitindo que a solução de um dado conflito possa ser “questionada” pelos agentes de tarefas mais de uma vez, modelando de forma mais fidedigna as situações que ocorrem num projeto de Engenharia Distribuído.
- Agente Legislativo: passou a ter um mecanismo de atualização das Bases de Dados utilizadas através de um processo de mineração de dados no BD de Históricos de projetos anteriores, permitindo uma atualização do conjunto de Leis Sociais mais dinâmico de forma a refletir na atuação dos agentes especiais as situações ocorridas em projetos anteriores.

A arquitetura do Modelo Tri-Coord+ permite que o BD de Leis Sociais seja organizado, inicialmente, de acordo com as peculiaridades do projeto a ser executado, permitindo a utilização de regras de caráter preventivo, restritivo ou punitivo. A organização de um conjunto inicial de regras com ênfase nas de caráter preventivo tende a minimizar a ocorrência de conflitos e conseqüentemente otimizar a performance do sistema.

As vantagens apresentadas pelo Modelo Tri-Coord+ em relação a outros modelos para tratamento de interação de agentes computacionais reside no fato de que o mesmo provê uma estrutura reguladora do ambiente computacional independente de características comportamentais dos agentes de tarefas. A grande maioria dos demais modelos citados procura enfatizar uma propriedade comportamental dos agentes de tarefas com intuito de melhorar a performance na resolução de uma tarefa específica. Porém tal abordagem limita a atuação dos agentes ao campo de trabalho (ambiente computacional) ligado a propriedade comportamental reproduzida no agente.

Outra característica positiva do modelo Tri-Coord+ está no fato de dispensar estruturas de gerenciamento ou monitoramento com atuação centralizadora que conduz, inevitavelmente, a gargalos computacionais.

Em função de comparações realizadas com outros Modelos podemos citar como vantagens do Modelo Tri-Coord+:

- Flexibilidade
- Dinamicidade
- Portabilidade
- Independência do tipo de agente computacional
- Possibilidade de monitoração/avaliação
- Justiça

As desvantagens observadas se resumem a:

- Requer um planejamento cuidadoso do conjunto de regras iniciais
- Requer intervenção humana em casos especiais
- É direcionado para o trabalho cooperativo
- Os agentes devem “respeitar o ambiente”

Como contribuições resultantes do presente trabalho podemos citar:

- Permitirá o estudo e análise de técnicas mais sofisticadas de interação entre agentes;
- Permitirá a expansão de trabalhos de pesquisa em ambientes cooperativos.

Finalmente, podemos concluir que o modelo Tri-Coord+ proposto permitirá o tratamento tanto de ambientes cooperativos, competitivos e até mesmo ambientes com alto grau de anarquia entre os agentes. A constante atualização do conjunto de Leis Sociais possibilita a adaptação dinâmica do ambiente em função da situação corrente ou das tarefas correntemente realizadas. Ao mesmo tempo temos a garantia da preservação da ordem no ambiente através do mecanismo de

fiscalização e sanção imposto pelo agente especial executivo e finalmente temos o agente especial judiciário, encarregado de dirimir os conflitos não sobrecarregado de tarefas e em condições de responder aos eventuais conflitos em tempo satisfatório. Acreditamos que o Modelo Tri-Coord+ apresenta uma solução independente de características peculiares dos agentes de tarefas para ambientes computacionais de enfoque colaborativo, pois provê um mecanismo eficaz na resolução de conflitos, além de supervisão, fiscalização e controle dos agentes de tarefas, somado a um mecanismo de auto-aprendizagem no sentido de prover uma adaptação dinâmica do ambiente em função das ações e processos correntes.

### Referências Bibliográficas

- [01] ELLIS, C.A. , GIBBS, S.J. and REIN, G.L., *Groupware: some issues and experiences*, Communications of the ACM, January 1991, Vol. 34 – No. 1
- [02] CHAIB DRAA, Braim, Causal Maps: Theory, Implementation and Practical Application in Multiagent Environments, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 14, No. 6, Nov/Dec/2002
- [03] LUGO, G., SICHMAN, J. and HUBNER, J., *Representação e Evolução de Esquemas Sociais em SMA: um enfoque funcional*, 2001
- [04] GREENBERG, S. "Personalizable *groupware*: Accommodating individual roles and group differences". Proceedings Second European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, ed. Bannon, L., Robinson, M. & Schmidt, K., Set 1991, pp. 17-31.
- [05] GRUDIN, J. - "CSCW: The Convergence of Two Development Contexts" - Proc. HCI '91, New Orleans, pp. 91-97., Abril/Maio 1991; [GRU 91b] GRUDIN, J. - "Obstacles to user involvement in software product development, with implications for CSCW" - Int. Journal of Man-Machine Studies, vol. 34, 1991;
- [06] GRUDIN, J. - "Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus" - Computer, may/1994;
- [07] LIU, T.H. and others, Classification and Representation of Conflict in Multi-Agent Systems, Technical Report, University of Texas, Jan/1998
- [08] RASMUSSEN, L. , Decentralized coordination for open distributed systems, Swedish Institute of Computer Science, 2000
- [09] ZHANG, C., BELL, D. A. , "HECODES: A Framework of HEterogeneous COoperative DIstributed Expert System", *Data & knowledge Engineering*, Vol. 6, No. 3, pp. 251-273, May 1991
- [10] DELLAROCAS, Chysanthos and KLEIN, Mark, *Civil agent societies: Tools for inventing open agent-mediated eletronic marketplaces*, MIT, 2001
- [11] NADDA, Matta, *Conflict Management in Concurrent Engineering: Modeling Guides*, 2001
- [12] CONTE, R., FALCONE, R. and SARTOR, G. , editors "Special issue on Agent and Norms", *Artificial Intelligence and Law*, 7 (1), March, 1999
- [13] JENNINGS, N.; WOOLDRIDGE, M. *Agent Technology - Foundations, Applications, and Markets*. Springer-UNICOM. 1998.
- [14] JENNINGS, N. and CAMPOS, J.R., "Towards a Social Level Characterisation of Socially Responsible Agents", *IEE Proceedings on Software Engineering*, 144 (1), pp. 11-25, 1998
- [15] RAO, A .S., GEORGEFF, M.P. – Modeling Rational Agents within a BDI – Architecture – Proceedings of the International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, 1991
- [16] TOMINAGA, P. *Processo de Negociação em Sistemas Multi-Agentes: Modelagem e Análise com Redes de Petri*. CPGCC / DCC / ICE / Universidade de Brasília, 1996. Dissertação de Mestrado.
- [17] SATHI, A . and FOX M.S., 1989, *Constraint-directed Negotiation of Resource Reallocations*. In *Distributed Artificial Intelligence II*, Gasser, L. and Huhns, M.N. Eds. (London: Pitman Publishing), 163-193
- [18] CASTELFRANCHI, Cristiano, *Modeling Social Action for AI Agent*, National Research Council, Institute of Psychology, 2001
- [19] PLACCA, José Avelino, "Tri-Coord: um modelo multiagente em ambientes fechados baseado em Leis Sociais", Tese de Mestrado



em Ciências da Computação, Universidade Federal Fluminense, 1999.

[20] Hayes-Roth, B. – An architecture for adaptive intelligent systems, Artificial Intelligence, Volume 72, 1995.

[21] YAN YUHONG, LIU PING, YAN YUHOONG, ZHENG DANIAN, MA CHANGCHAO, JURGEN BOODE, REN SHOUJU, Tsinghua University, Beijing, China, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Oct., 14-17, 1996.

[22] SYCARA, K. P., Cooperative Negotiation in Concurrent Engineering Design, Computer aided cooperative product development, Proceedings of MIT-JSME workshop, D. Sriram, R. Logcher, S. Fukuda (Eds), Cambridge, MA, 1991

[23] SHOHAM, Y., TENNENHOLTZ, M. - On social laws for artificial agent societies: off-line design, Artificial Intelligence Magazine, 1996