

# Definição de Contratos de Informação em Sistemas de Data Warehousing Baseados em Agentes

Orlando Belo e Alcino Cunha

Departamento de Informática  
Escola de Engenharia  
Universidade do Minho

Largo do Paço, 4709 Braga Codex, PORTUGAL  
Tel.: +351(53)604470 Fax: +351(53)604471 E-mail : {obel, alcino}@di.uminho.pt

## RESUMO

Os agentes de decisão empresariais, para conseguirem desenvolver de forma efectiva as suas actividades quotidianas de tomada de decisão, necessitam de grandes volumes de informação, orientada e organizada por assuntos. Nos últimos tempos, a implementação de Sistemas de Data Warehousing e de Processamento Analítico no seio das empresas tem contribuído significativamente para a melhoria das decisões desses agentes e, conseqüentemente, para o "bem-estar" geral das empresas. Essa contribuição provém da aptidão desses sistemas de armazenar e gerir grandes volumes de informação de gestão empresarial - seleccionada e tratada a partir das diversas fontes de informação da empresa - e da sua grande capacidade de resposta a interrogações de gestão que necessitam de suporte temporal para a sua satisfação. Dada a grande dinâmica dos mercados actuais, os gestores são confrontados diariamente com situações que para além de requererem informação sobre a própria empresa exigem também informação contida em fontes externas à empresa. O primeiro caso pode ser satisfeito via Data Warehouse, enquanto que o segundo exige frequentemente a necessidade de implementação de processos e protocolos de outsourcing. O presente artigo expõe e explora um modelo computacional baseado em agentes e em técnicas e processos económicos, para suporte à importação de dados a partir de fontes de informação externas. O sistema proposto permitirá definir planos de carregamento de dados externos mais efectivos e orientados às necessidades específicas dos gestores, além de disponibilizar as bases para reduzir os custos relacionados directamente com processos de outsourcing de informação.

## INTRODUÇÃO

A aplicação de técnicas de data warehousing a processos de tomada de decisão empresariais não é uma actividade recente. Um significativo número de empresas tem vindo a desenvolver e a instalar repositórios de dados especializados orientados ao assunto e estruturados por áreas de competência, com o objectivo básico de suportar as actividades diárias dos seus gestores e agentes de decisão. Esses repositórios de dados, usualmente designados por *Data Warehouses* (DW) [11], devem ser alimentados e actualizados, se possível de forma regular,

num pequeno período de tempo, no sentido de reflectir o estado corrente dos sistemas operacionais de dados da empresa, sem que o desempenho destes seja afectado durante a realização dessa tarefa. Este tipo de estratégia tem vindo a ser seguido por algumas empresas, especialmente no mercado do retalho especializado, no sentido de conseguirem manter elevados graus de competitividade perante o mercado em que se inserem e serem capazes de reagir convenientemente às eventuais mutações e às cada vez maiores exigências dos consumidores desse mercado.

As tendências actuais de qualquer mercado económico seguem na direcção de uma maior exigência para melhores produtos e serviços, ao melhor preço. Cada vez mais, os consumidores fazem análises de mercado e estudam as características e a oferta dos produtos que pretendem, tomando em consideração aspectos como a sua qualidade, preço, serviços de atendimento e manutenção, disponibilidade imediata ou mesmo sobre as suas condições de garantia. Os seus gestores têm a necessidade de obter rapidamente grandes volumes de informação, tratá-los e transformá-los, e acima de tudo saberem utilizá-los de forma a cumprir os objectivos fundamentais das suas empresas. As empresas que possuam os melhores recursos de informação e as melhores estratégias de tomada de decisão podem "dar cartas" nos mercados em que estão inseridas. *Os Sistemas de Data Warehousing* (SDW) fornecem-lhes as técnicas e os meios necessários a esse tipo de actividades [12].

Neste artigo é analisada a forma de aplicação de princípios económicos a SDW baseados em agentes, em particular sobre os processos de carregamento de dados que possam envolver a importação de dados a partir de fontes de informação externas à empresa e a sua conseqüente integração num SDW. Adicionalmente, é proposto também um protocolo que permite representar as interacções que possam ocorrer em situações práticas nas quais um SDW - controlado e gerido por agentes capazes de recolher dados em fontes de informação exteriores - precise de determinar qual o melhor parceiro, um outro SDW, para a satisfação de dados específicos que não estão disponíveis nas suas fontes de informação locais. O protocolo que suportará os processos de negociação entre os vários SDW envolvidos é um protocolo baseado em redes de contratos.

## SISTEMAS DE DADOS PARA SUPORTE À DECISÃO

O actual panorama dos *Sistemas de Apoio à Decisão* revela uma clara emergência das aplicações e desenvolvimentos de SDW em ambientes de decisão empresariais. Os SDW disponibilizam aos gestores a capacidade de administrarem e desenvolverem estratégias operacionais efectivas em tempo real e atempadamente, além de lhes permitir conciliar informação proveniente de diversos repositórios de dados heterogéneos. Tal permite-lhes aumentar a sua "bagagem" de informação, reforçando as suas bases de argumentação, e melhorar significativamente o seu próprio desempenho nos processos de tomada de decisão.

Os motivos que levam uma empresa a desenvolver e implementar um SDW no seu seio podem estar relacionados com aspectos de dispersão de dados da empresa pelas suas diversas fontes de informação locais, de criação de bases de dados sectoriais (e individuais) que de uma forma transitiva vão transferindo e transformando informação de gestão entre si, originando diferentes perspectivas de gestão e disparidades de critérios de análise, ou de consistência e redundância da informação localizada nessas mesmas fontes. Algumas das dificuldades levantadas por tais aspectos nos processos de análise e de gestão corrente empresariais podem ser ultrapassadas se, através de processos de selecção, extracção, limpeza e transformação, previamente definidos pelos administradores das bases de dados da empresa em conjugação com os critérios de análise e decisão dos gestores

Um SDW [6][10] convencional disponibiliza um conjunto muito diversificado de meios que permite integrar dados empresariais. Estes dados, provenientes das fontes de informação das empresas, necessitam de ser conciliados e analisados como um todo, no sentido de se obter uma visão de gestão mais abrangente, num único repositório de dados designado por DW. A obtenção destes dados faz-se através do desenvolvimento e suporte de processos de selecção e extracção de informação nos sistemas operacionais de dados que as empresas possuem, de preparação e organização dessa mesma informação e da sua posterior consolidação e integração no DW. Desta forma as necessidades de informação previamente apresentadas pelos gestores poderão ser satisfeitas de forma mais simplificada e directa. Adicionalmente, é-lhes disponibilizado também, uma plataforma computacional autónoma na qual poderão executar as suas interrogações, normalmente muito consumidoras de recursos computacionais, sem incomodar os utilizadores dos sistemas operacionais da empresa ou consumir os seus escassos recursos. A arquitectura típica de um SDW divide-se essencialmente nos seguintes blocos funcionais:

- *Fontes de Informação* - incluem os recursos dos sistemas operacionais envolvidos no processo de alimentação do DW.

- *Zona de Concentração de Dados* - é tipicamente uma zona auxiliar para armazenamento de dados cujo objectivo principal é suportar as tarefas operacionais relacionadas com a limpeza, transformação, combinação, agregação e integração de dados no DW.
- *Plataforma Operacional do Data Warehouse* - é onde está localizada a zona de interacção com o DW e em que os gestores poderão desenvolver processos de análise de dados, relatórios sobre o negócio ou simples operações de navegação.
- *Plataformas de Decisão* - este bloco agrega essencialmente sistemas de bases de dados multidimensionais orientados para o processamento analítico de informação e outros sistemas orientados para o processamento de interrogação de dados sobre o DW.
- *Área de Metadados* - os metadados possibilitam ao administrador do SDW definir os processos de gestão e manipulação de dados sobre o DW; os tipos de metadados existentes num SDW estão normalmente relacionados com as especificações das fontes de informação, aquisição de dados, dimensionamento das tabelas origem e destino nos processo de migração de dados, definição de dados, processos de transformação de dados, etc.
- *Plataformas de Utilização Convencionais* - aqui se concentram os sistemas de interface ditos convencionais cujo objectivo principal é auxiliar os utilizadores do SDW (administradores, utilizadores de sistemas de bases de dados convencionais, gestores de informação utilizadores de sistemas OLAP - "On-Line Analytical Processing") no acesso ao DW e nos processo de interrogação que podem eventualmente desenvolver sobre ele.

Um SDW pode suportar uma larga gama de actividades de análise para suporte à decisão, funções operacionais estratégicas ou simplesmente processos de navegação sobre os dados. Adicionalmente os SDW disponibilizam mecanismos e estruturas de dados orientadas para a análise temporal de dados. Esta última característica dá-lhes grandes vantagens na correlação de dados entre diferentes entidades de informação ao longo do tempo quando comparados com os tradicionais sistemas convencionais de bases de dados que, dentro de uma perspectiva de gestão, apenas disponibilizam imagens de dados num determinado momento o que pode conduzir, em alguns casos, a situações de inconsistência de dados durante a realização de processos de análise que envolvam dados provenientes de diferentes fontes de informação dos sistemas operacionais das empresas.

Porém, há dificuldades na recolha dos dados que se desejam integrar no DW e na sua transformação em informação útil que será mais tarde utilizada em acções de suporte à decisão. Deve-se assim ter em consideração aspectos como: quando e como é que os dados estão disponíveis nas fontes de informação e sob que forma; que nível de redundância de dados se deseja integrar no

DW; ou se é necessário garantir um suporte total ou parcial de dados operacionais às actividades de gestão empresariais. O processo de migração de dados dos suportes operacionais para o DW é normalmente complicado devido à grande heterogeneidade das entidades envolvidas no processo e deverá ser sempre executado de forma a garantir a utilidade da informação que eventualmente se armazene no DW.

Normalmente, a informação armazenada e gerida num DW segue de perto a estrutura e os requisitos dos modelos e formatos de dados estipulados previamente pelos agentes de tomada de decisão em conjunto com os arquitectos e engenheiros do SDW. Estes dados sobre os dados, usualmente designados na terminologia de Data Warehousing como metadados, são também mantidos no ambiente do SDW, na sua camada de metadados, regulamentando e gerindo os processos de tratamento de dados, em particular as tarefas operacionais do SDW, a validação dos modelos de dados internos ao SDW, ou mesmo a gestão e a regulamentação dos processos e protocolos necessários à extracção de dados nas fontes de informação empresariais.

### OUTSOURCING DE INFORMAÇÃO

Na maior parte dos casos, a informação recolhida nas fontes de informação locais às empresas não é suficiente para colmatar as necessidades de informação dos seus agentes de decisão, inibindo, ou mesmo impedindo, o desenvolvimento adequado de processos efectivos de tomada de decisão. Contudo, assiste-se nos dias de hoje a uma clara emergência de novas necessidades de informação no seio das empresas. Em parte, tal é provocado por novas situações de tomada de decisão que não podem ser executados sem o suporte adicional de dados contidos em fontes de informação externas à empresa.

Suponhamos o caso de um gestor comercial que tem em mãos um processo de uma encomenda de um novo cliente da sua empresa. Após uma análise cuidada, o gestor verifica que, para a encomenda ser satisfeita, é necessário um montante elevado de dinheiro e alguns recursos especiais. A sua empresa possui os meios e as condições necessárias para satisfazer em pleno essa encomenda. Contudo, o gestor não possui qualquer tipo de informação acerca desse cliente, não o conhece, nem tem quaisquer referências acerca de outros processos comerciais em que ele tenha estado envolvido. Em suma, o gestor precisa de saber que tipo de riscos a sua empresa corre se aceitar satisfazer essa encomenda. Devido a situações deste género, os gestores actuais costumam solicitar dados acerca dos seus potenciais parceiros comerciais a empresas de informação especializadas. Estas empresas, quando habilitadas, providenciam-lhes perfis comerciais, históricos e memorandos acerca desse seus parceiros. Se as suas necessidades externas de informação forem então satisfeitas, os gestores conciliam-nas com a informação

que têm nas suas fontes locais, conseguindo na maioria dos casos alcançar bases mais seguras para os seus processos de tomada de decisão. Este processo de solicitação e satisfação de informação em fontes externas de empresas especializadas é normalmente designado por Outsourcing de Informação.

### O SISTEMA DE OUTSOURCING BASEADO EM AGENTES

O sistema proposto é constituído por um conjunto de agentes, distribuídos por áreas de intervenção e organizados em comunidades, cada um deles associado com uma tarefa específica relacionada com as actividades de outsourcing de informação que o sistema possa vir a desenvolver com outros agentes. A abordagem naturalmente modular que a computação baseada em agentes possibilita sobre um domínio de conhecimento em particular - um agente para uma área de trabalho específica - combinada com a possibilidade de construção de agentes que emulem a perícia e conhecimento humano, faz com que os modelos e técnicas associadas com os sistemas multiagente sejam bastante adequadas para a concepção, desenvolvimento e implementação de SDW. Este tipo de abordagem tecnológica [3] [4] considera a análise, planeamento e implementação de cenários computacionais que integram no seu seio comunidades de agentes inteligentes capazes de realizarem, autonomamente algumas das operações que um SDW normalmente realiza. Complementarmente, permite melhorar o próprio desempenho de um SDW, possibilitando a transformação dos mecanismos de extracção e pesquisa convencionais existentes em sistemas mais flexíveis, efectivos e com capacidade de auto-adaptação às necessidades quotidianas dos agentes de decisão e também às características das diversas fontes de informação envolvidas.

Com a aplicação de técnicas baseadas em princípios económicos aos processos de outsourcing de informação no seio de um SDW foi disponibilizada a capacidade de controlar de forma inteligente o desenvolvimento de processos de cooperação em actividades de carregamento de dados provenientes de fontes de informação externas. Desta forma, é possível definir melhores planos de carregamento de dados, reduzir os custos relacionados directamente com processos de outsourcing de informação e otimizar, em termos globais, o desempenho e a capacidade de tomada de decisão dos gestores de uma empresa.

Normalmente, é possível aplicar princípios económicos na resolução de qualquer problema de alocação de recursos [2], desde que o controlo das decisões esteja distribuído e os agentes envolvidos ajam racionalmente em prossecução dos seus objectivos. Neste sistema temos um problema precisamente com estas características. As entidades envolvidas tem que decidir onde aplicar o seu dinheiro (um dos seus recursos mais importantes): devem

comprar a informação de que precisam a uma entidade A ou a B? Ou será mais vantajoso obter a informação por outros meios? Dado que a negociação é feita entre companhias diferentes, também temos necessariamente entidades que agem racionalmente para maximizar os seus lucros e um problema de decisão distribuído. Os princípios económicos são aplicados nas decisões a tomar pelos agentes nas diversas fases do protocolo [1] [5].

O *Contract Net Protocol* (CNP) [7] [8] [9] é um protocolo baseado em redes de contratos que procura incorporar princípios económicos num sistema distribuído de alocação de tarefas. Neste protocolo coexistem dois tipos de entidades:

- *agentes solicitadores*, agentes encarregados de anunciar tarefas e escolher os melhores parceiros para as executar, e os
- *agentes contratados*, que respondem aos anúncios com ofertas que representam a sua disponibilidade no momento para executar as tarefas.

Assim, com base nos princípios enunciados, complementou-se o ambiente de um SDW com os dois tipos de entidades enunciadas para o CNP. Estes agentes ficarão responsáveis pelos processos de negociação da informação em outsourcing isto é, tentarão obter a informação que outros SDW contêm a preços convenientes, ou pela proposta de fornecimento de informação (e conseqüentemente da sua eventual satisfação) a outros SDW quando forem contactados por outros agentes de outros SDW.

## NEGOCIAR PARA OPTIMIZAR O PROCESSO DE RECOLHA DE INFORMAÇÃO

### O Protocolo de Negociação

Um protocolo baseado em redes de contratos divide-se essencialmente em três fases:

- *Anúncio* - um dos agentes de negociação age no papel de solicitador, anunciando que está disposto a adquirir alguma informação. Esta tarefa é concretizada através do envio de um anúncio a todos os restantes agentes de negociação da comunidade.
- *Oferta* - depois de receber o anúncio, cada agente de negociação (agindo no papel de contratado) determina se a sua empresa está em condições de fornecer a informação solicitada. Em caso afirmativo, determina o preço a cobrar por essa informação e envia a sua oferta ao agente de negociação solicitador.
- *Contratação* - após receber todas as ofertas, ou caso tenha sido atingido um prazo limite previamente estipulado, o agente de negociação solicitador escolhe a melhor oferta e comunica a sua opção aos agentes de negociação que fizeram ofertas.

Devido à simplicidade da fase de contratação apenas serão apresentadas detalhadamente neste artigo as duas primeiras fases.

### Estrutura dos Anúncios

A mensagem enviada por um agente de negociação solicitador na fase de anúncio deve conter os seguintes campos de informação:

- *Identificador do anúncio*. Cada anúncio deve ser univocamente identificado dentro de cada entidade organizacional.
- *Identificação da origem*. Endereço IP e número da porta onde o agente de negociação solicitador está à espera de ofertas.
- *Instante de emissão*. Etiqueta temporal que identifica o instante de emissão do anúncio.
- *Informação pretendida*. Expressão SQL que indica qual a informação que a empresa está a tentar adquirir. Dentro de cada comunidade de negociação é necessário acordar num esquema de base de dados comum, sobre o qual são desenvolvidas as expressões SQL. Não é necessário que cada empresa tenha o seu DW organizado de acordo com este esquema, bastando que exista um agente encarregado da tradução das expressões SQL do esquema acordado para o esquema interno e vice-versa.
- *Instante de disponibilização*. Instante de tempo em que a informação deverá ser entregue.
- *Informação da oferta*. Muitas vezes não basta o preço para comparar as ofertas, sendo necessária informação adicional para avaliar a qualidade das mesmas (por exemplo, neste caso poderia ser o número de registos devolvidos). Esta informação, também requisitada por uma expressão SQL que foi definida sobre o esquema acordado, deve ser enviada na oferta junto com o preço.
- *Prazo para a oferta*. Prazo final para aceitação de ofertas.
- *Condição de elegibilidade*. Expressão booleana (cujos termos podem ser expressões SQL) que define o nível mínimo de qualidade para as ofertas. Este campo pode ser usado para, por exemplo, indicar que só se aceitam ofertas com um determinado número mínimo de registos.
- *Preço máximo*. Preço máximo aceite para as ofertas. Tanto este campo como o anterior têm por objectivo reduzir o número de mensagens em circulação, aumentando a eficiência global do protocolo.
- *Prazo de exclusividade*. Muitas vezes, uma companhia pretende ter acesso exclusivo à informação que vai comprar. Este campo serve para indicar o instante de tempo em que o agente de negociação contratado pode voltar a vender a mesma informação caso a aquisição se concretize. Se tiver o mesmo valor que o campo *Instante de Disponibilização* então não existem restrições de exclusividade.

- *Penalização.* Penalização que deve ser paga pelo agente de negociação contratado caso faça uma oferta que seja aceite e, posteriormente, se recuse a fornecer a informação.

### Cálculo do Preço da Informação

A tarefa mais complicada da fase de oferta consiste em determinar o preço para a informação requisitada. Outra tarefa aparentemente complicada, é analisar o valor da informação pretendida na oferta, isto é, decidir se esta informação é, por si só, valiosa e, tendo em conta este aspecto, se se deve ou não responder ao anúncio. No entanto, após definido o procedimento para calcular o preço da informação pretendida, esta tarefa fica muito simplificada: utiliza-se o mesmo algoritmo para calcular o valor da informação pretendida na oferta e, caso seja zero ou esteja abaixo de um valor definido pelo administrador, responde-se ao anúncio.

O cálculo do preço da informação encontra-se dividido em duas fases:

1. Calcular o preço base da informação, assumindo que o agente de negociação solicitador não pretende acesso com exclusividade à mesma.
2. Ajustar o preço base de acordo com o intervalo de exclusividade requisitado.

É na primeira fase que reside toda a complexidade da negociação. A definição de um procedimento automático genérico para, dada uma interrogação SQL sobre um conjunto de tabelas, determinar o custo da informação resultante, parece, em princípio, um problema intratável. A abordagem aqui descrita é uma simplificação deste problema, podendo não ser aplicável em todos os domínios de interesse. Por exemplo, não é feita qualquer tentativa de ajustar o custo em função dos interesses do cliente, assumindo-se que o custo da informação é igual para todos, nem é levado em consideração o custo do esforço computacional necessário para calcular os resultados.

A função de cálculo do custo apresentada obedece a um princípio de bom senso que pode ser apresentado da seguinte forma: se a partir do resultado de um conjunto de expressões SQL se pode inferir o resultado de um outro conjunto de expressões, então a soma dos preços do primeiro conjunto deve ser igual ou superior à soma dos preços do segundo. Por exemplo, suponha-se uma tabela T com um atributo c. O custo da informação requisitada pela expressão `SELECT count(c) FROM T` nunca deve ser superior ao da expressão `SELECT c FROM T`, porque, se assim fosse, um agente de negociação requisitava a segunda e contava o número de linhas depois. Suponhamos que a mesma tabela possuía um outro atributo d. Então o custo de `SELECT c, d FROM T` deve ser igual à soma dos custos de `SELECT c FROM T` e `SELECT d FROM T`, porque a partir do resultado da primeira expressão pode-se obter os resultados das segundas e vice-versa. Naturalmente que poderiam ser

apresentadas muitas funções de cálculo compatíveis com este princípio. Um dos trabalhos a ser desenvolvido neste momento consiste precisamente em definir um conjunto de várias funções possíveis, por forma a permitir ao administrador do sistema escolher a mais apropriada em cada situação.

A função apresentada assume que o administrador definiu previamente alguns parâmetros que determinam o valor em bruto da informação contido no DW:

- Dada uma tabela T,  $v1(T)$  diz-nos o valor de um registo dessa tabela.
- Dada uma tabela T e um atributo c,  $fc(T, c)$  é um factor entre 0 e 1 que nos diz qual a percentagem do preço da linha correspondente a esse atributo (obviamente, a soma dos factores de todos os campos de uma tabela deve ser igual a um).
- Dada uma tabela T, um atributo c e uma operação de agregação o (por exemplo avg ou min),  $fo(T, c, o)$  é um factor entre 0 e 1 que indica a redução no custo derivada de apenas se pretender um valor agregado.

Dados estes parâmetros, a função de custo c define-se recursivamente de acordo com as seguintes regras, onde T e U representam tabelas do DW, f é um atributo de T e g um atributo de U; F representa um conjunto de atributos de T e G um conjunto de atributos de U; e é uma condição e o uma operação de agregação (neste artigo apenas são apresentadas regras respeitantes a um subconjunto restrito da linguagem SQL):

```
c(SELECT * FROM T WHERE e) =
LET   n = SELECT count(*) FROM T WHERE e
IN   n × v1(T)
```

```
c(SELECT F FROM T WHERE e) =
LET   x = c(SELECT * FROM T WHERE e),
      y =  $\sum_{f \in F} fc(T, f)$ 
IN   x × y
```

```
c(SELECT F FROM T) =
      c(SELECT F FROM T WHERE true)
```

```
c(SELECT o(f) FROM T WHERE e) =
LET   x = c(SELECT f FROM T WHERE e)
IN   x × fo(t, f, o)
```

```
c(SELECT F, G FROM T JOIN U) =
LET   x = c(SELECT F FROM T),
      y = c(SELECT G FROM U)
IN   x+y
```

```
c(SELECT F, G FROM T JOIN U ON e) =
LET   x = c(SELECT F, G FROM T JOIN U),
      m = SELECT count(*) FROM T JOIN U,
      n = SELECT count(*) FROM T JOIN U ON e
IN   x × (n/m)
```

Para ajustar o preço base de um novo anúncio a, em função do prazo de exclusividade pretendido, é utilizado o seguinte procedimento:

1. Determina-se o conjunto A de anúncios pendentes, i.é, anúncios para os quais foi feita uma oferta, mas que ainda não se sabe se foram aceites ou não.

- Determina-se o subconjunto  $I \subseteq A$  correspondente aos anúncios incompatíveis com  $a$ , i.é, anúncios com prazos de exclusividade sobrepostos com o prazo de exclusividade de  $a$ .
- Se o agente de negociação fizer uma oferta para  $a$  que venha a ser aceite, pode perder no máximo:

$$\Delta_a^+ = \sum_{i \in I} \text{oferta}(i) + \text{multa}(i)$$

onde  $\text{oferta}(i)$  representa a oferta feita ao anúncio  $i$  e  $\text{multa}(i)$  a multa que deve ser paga devido à quebra de compromisso. Esta situação extrema aconteceria se todas as ofertas aos anúncios de  $I$  fossem aceites. Se nenhuma oferta for aceite temos o outro caso limite, em que não perderia nada. Devido à dificuldade de prever as ofertas que serão aceites, optou-se por parametrizar cada agente de negociação com um valor  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) que representa uma estimativa para a percentagem global de ofertas aceites (este valor pode ser automaticamente ajustado a partir da história recente do sistema). Dado este parâmetro estima-se o valor que pode ser perdido como

$$\Delta_a = \alpha \times \Delta_a^+$$

- Finalmente, a oferta a propor para um anúncio  $a$  é determinada como:

$$\text{oferta}(a) = c(\text{info}(a)) + \Delta_a$$

em que  $\text{info}(a)$  é a expressão SQL que representa a informação pretendida em  $a$  e  $c$  é a função, previamente apresentada, que calcula o preço base da informação resultante de uma interrogação SQL.

## CONCLUSÕES

A utilização de técnicas de negociação no ambiente de um SDW suportado por agentes permite melhorar o intercâmbio de informação entre SDW heterogêneos, otimizar os processos que suportam a definição e manutenção de contratos de informação e tornar os mecanismos de decisão empresariais mais efectivos, podendo ajudar de forma significativa os agentes de decisão nas suas tarefas. Complementarmente, estes avanços contribuem para que seja possível diminuir o nível de intervenção humana nos processos de negociação e na definição de contratos em situações de outsourcing de informação.

Todavia, os agentes de decisão, em conjunto com os engenheiros de SDW, continuarão directamente responsáveis pelo comportamento dos agentes, definindo e desenvolvendo as bases de conhecimento dos agentes, que conterão nas suas estruturas de representação interna os modelos de conhecimento relativos às suas capacidades de tomada de decisão. Os gestores poderão

também configurar os modelos de negociação dos agentes de acordo com a perícia e conhecimento que têm acerca dos processos que irão desenvolver e da informação disponível no DW. A partir deste modelo é possível desenvolver processos de negociação concorrentes em situações em que estejam envolvidos vários agentes situados em diferentes SDW responsáveis pela definição e manutenção dos processos de outsourcing locais.

## REFERÊNCIAS

- Alcino Cunha, Orlando Belo. An electronic commerce framework for resource allocation among multi-agent enterprises. In 10th International FLAIRS Conference (FLAIRS'97), Daytona Beach, Florida, 1997.
- Michael P. Wellman. The economic approach to artificial intelligence. ACM Computing Surveys, 27(3):340--342, 1995.
- M. Wooldridge, N. Jennings. Intelligent agents: theory and practice. Knowledge Engineering Review 10, 1995.
- N.Jennings, M.Wooldridge. Applying Agent Technology. Applied Artificial Intelligence: An International Journal, 9(4):351--361, 1995.
- Orlando Belo, Alcino Cunha. Intelligent Work Allocation Modeling on a Hardmetal Production Plant. In Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES'98), Vienna, 1998.
- R. Kimball, L.Reeves, Margy Ross, W.Thornthwaite. The Data Warehouse Lifecycle Toolkit : Expert Methods for Designing, Developing and Deploying Data Warehouses. John Wiley & Sons, 1998.
- R. Davis, R. Smith. Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving. In A. Bond and L. Gasser, editors, Readings in Distributed Artificial Intelligence, 333--356, 1988.
- R.Smith, R.Davis. Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving. In Readings in Distributed Artificial Intelligence, 61--70. Morgan Kaufmann Publishers, Inc, 1988.
- Tuomas W. Sandholm. An implementation of the contract net protocol based on marginal cost calculations. In Eleventh National Conference on Artificial Intelligence (AAA-93), 256--262, Washington D.C., 1993.
- V.Poe, P.Klauer, S.Brobst. Building a Data Warehouse for Decision Support. Prentice Hall, Inc., II edition, 1998.
- W.Inmon. Building the Data Warehouse. John Wiley & Sons, 1996.
- W.Inmon, J.Welch, K.Glassey. Managing the Data Warehouse. John Wiley & Sons, 1997.