

INFORMATIZAÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAIS NA FABRICAÇÃO DE *BLANK* SOLDADO

José Jean-Paul Zanlucchi de Souza Tavares

Gilmar Ferreira Batalha

José Reinaldo Silva

Escola Politécnica da USP - Dept. de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos -
Av. Prof. Mello Moraes, 2231 05508.900 São Paulo - SP

Resumo

Procede-se inicialmente a uma revisão sobre modelagem de sistemas automatizados e projeto da informatização da área de administração de materiais na fabricação de *blank* soldado, utilizando uma metodologia orientada a objetos dedutiva. Aplicou-se a metodologia *Abstract View / Abstract Object* na concepção e desenvolvimento da representação do sistema, objetivando a reutilização de soluções e uma abordagem híbrida *Top-Down* e *Bottom-Up*. A área de administração de materiais na fabricação de *blank* soldado foi escolhida pelo fato da sua crescente adoção no processo de conformação de chapas e conseqüentes mudanças no processo de manufatura.

Palavras-chave: Manufatura; *Blank* Soldado; Design Orientado à Objeto; Sistema Integrado.

1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho busca modelar a informatização da área de administração de materiais na fabricação de *blank* soldado através de técnicas da teoria de sistemas. A configuração de sistemas de manufatura, no caso da fabricação de *blank* soldado, é enfocada segundo dois aspectos: um modelo funcional relacionado com o planejamento da produção, e um modelo físico vinculado ao conjunto dos processos, máquinas e equipamentos. Estes dois modelos necessários para descrever o sistema como um todo, inseridos em contextos diferente, isto é, cada componente interage com um número restrito dos demais componentes, tornam a funcionalidade de seus componentes reflexos de suas interações. Neste sentido são utilizadas duas metodologias para análise da representação dessas funcionalidades e do contexto específico de cada componente, sendo seus formalismos implementados utilizando um banco de dados dedutivo. A representação consiste de objetos chamados de AV (*Abstract views*), isto é, uma síntese da interação dos objetos com o entorno, e outros chamados de AO (*Abstract objects*) que compõe o modelo do artefato em algum formalismo. A área de administração de materiais na fabricação de *blank* soldado foi escolhida pelo fato da crescente adoção de *blank* soldados no processo de conformação de chapas promover alguma mudanças nítidas no processo de manufatura, destacando-se no contexto deste trabalho: as mudanças logísticas (ex.: redução do estoque, diminuindo o número de peças antes separadas e agora passam a formar um *blank* único, somando-se ainda a grande importância dos sistemas atuais de entrega e armazenagem e sua influência sobre as propriedades das chapas e do produto

final, envolvendo centro produtor, centro prestador de serviços e indústria automobilística, e suas respectivas filiais) e as mudanças de produtividade, uma vez que a redução do número de operações de estampagem em prensa, conformando uma só peça em lugar de duas ou três, reduz o consumo de energia, otimiza a utilização de linhas, diminui o tempo de produção em prensa e a montagem no carro, reduzindo estoques intermediários, ao estocar um lote apenas ao invés de várias peças não unidas antes da montagem.

2. MODELAGEM DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Sistemas automatizados são sistemas complexos compostos por vários subsistemas ou módulos especializados, o que pressupõe uma divisão do sistema original em vários subsistemas, criando uma estrutura hierárquica complexa onde as relações entre os subsistemas concentram a funcionalidade do sistema global integrado (Silva 1998).

A Figura 1 representa as relações de vários subsistemas em um sistema de informação de administração de materiais, para o processo de fabricação de blank soldado. É possível identificar várias interdependências entre o Estoque, que indica a existência do material, com Compras, Vendas, Contabilidade, Produção e Qualidade, no que tange os materiais necessários para fabricação e entrega dos produtos finais e seus custos respectivos; a área Tributária com Compras, Vendas, Contabilidade no que diz respeito os impostos devidos e suas contabilizações; Compras com Contabilidade, referente ao pagamento dos fornecedores; Vendas e Contabilidade, para recebimento dos clientes. Esses relacionamentos determinam o tipo de implementações possíveis e, em outros casos mais complexos, podem determinar inclusive a funcionalidade e exequibilidade do projeto. A relação do sistema com os subsistemas é tal que a funcionalidade pretendida deve ser consequência da integração dos subsistemas. A complexidade do sistema aumenta pois cada subsistema possui um domínio específico com relações e restrições particulares, e, para cada inter-relação podem possuir diferentes funcionalidades, flexibilizando assim o sistema total. O conhecimento dos sistemas também ser refinados, determinando um modelo interativo capaz de poder reconhecer novas inter-relações entre subsistemas e ampliar a integração entre eles.

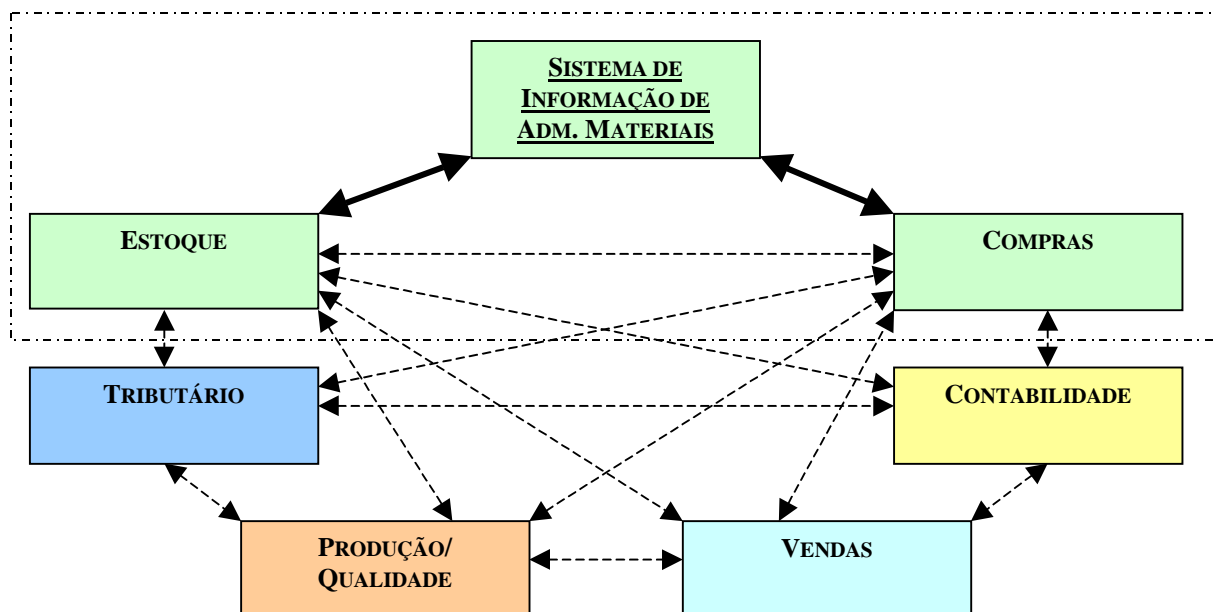


Figura 1. Esquema das inter-relações no sistema de informação de administração de materiais para o processo de fabricação de blank soldado.

Os sistemas automatizados podem ser representados através de três modelos, a saber, relacional, que apresenta as relações entre os subsistemas, funcional, o qual descreve as especificações funcionais dos sistemas e subsistemas, e dinâmico, responsável pelo processo a ser implementado (Tavares e Silva 1997). A Figura 2 apresenta uma solução para representação de cada um desses modelos separadamente.

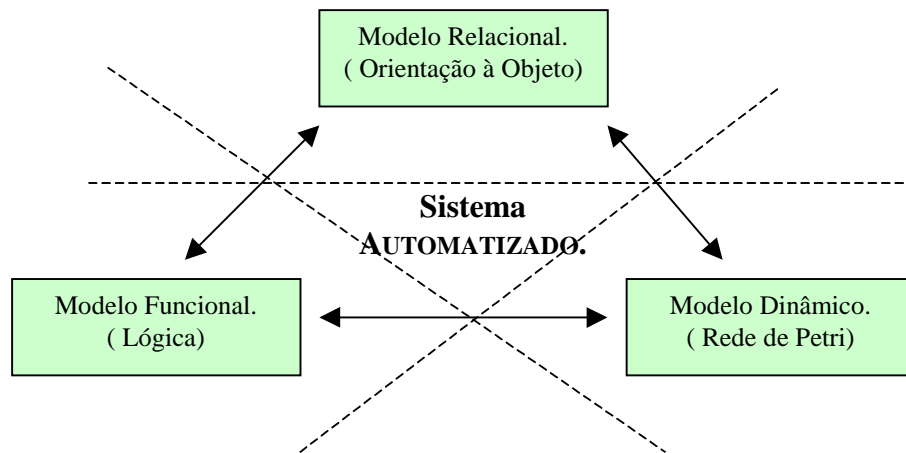


Figura 2. Representação de Sistemas Automatizados.

3. REPRESENTAÇÃO AV/AO

O modelo proposto para a modelagem conceitual de sistemas automatizados, e que pode também ser utilizado até o projeto detalhado é baseado em objetos abstratos AV/AO, que por sua vez foram adaptados do modelo ADV/ADO (Cowan e Lucena 1995). O *Abstract Data View* (ADV) foi criado para especificar claramente e formalmente a separação de funcionalidade (“*separation of concerns*”) entre uma componente de software e o seu domínio de aplicação. Isto é particularmente importante quando a componente de software se destina a vários usuários, todos com características específicas e utilizando a mesma componente com diferentes propósitos. Essa aproximação para especificação de interfaces claramente separa os componentes de aplicação dos demais dentro de uma abordagem cliente/servidor. Assim, os modelos das componentes de aplicação são chamados de *Abstract Data Objects* (ADO), que são projetados para minimizar o conhecimento do ambiente em que eles são usados e podem ser melhor reutilizados (Gray 1993).

A diferença entre a proposta de Cowan e Lucena e a que apresentamos neste artigo vai além da supressão do termo “Data”, característico das componentes de *software*. O modelo AV/AO, contém uma abordagem em lógica clássica para as relações entre componentes e para a conexão entre AV que é de fato a expressão da estrutura de uma rede de Petri do sistema integrado. Tem também uma proposta específica de análise de consistência entre cada modelo lógico parametrizado, AO, e seu respectivo comportamento AV. Apesar do formalismo proposto ser simples, é o suficiente para a maior parte dos projetos de design em engenharia, principalmente para os sistemas cujo processo de integração está intimamente associado a sistemas de controle supervisorio, como mostraremos em um exemplo adiante.

A estruturação do projeto está associada à abordagem orientada a objetos (ambos AV e AO são de fato objetos (Bittencourt 1996, Chan e Trinter 1993 e Pantou et al. 1993). Além de responder pela parte funcional da abordagem, esta característica é um indicativo de que há uma boa possibilidade de reutilização de projetos representados por AV/AO, uma vez que os melhores resultados para a reutilização de projetos está associada a métodos orientados a

objetos. A relação entre AV e AO não é simétrica, uma vez que várias instâncias de AV podem estar associadas a um mesmo AO de forma a criar diferentes pontos de vista ou funcionalidades. Este relacionamento *muitos - para - um* significa que cada instância de AV deve ser coerente com o AO associado, o que é denominado de coerência vertical. Implica também que todas as instâncias dos AV devem ser consistentes entre si, o que é chamado de coerência horizontal.

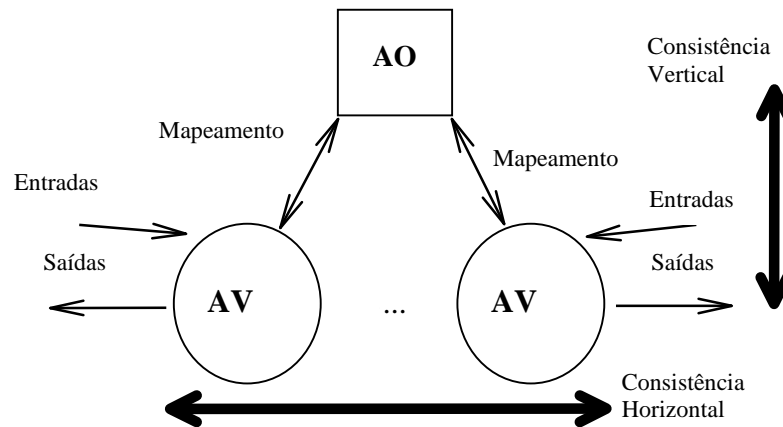


Figura 3. Relação *muitos - para - um* e propriedades de coerência do modelo AV/ AO.

O conceito da consistência garante a abstração correta de componentes de projeto e é fundamental no processo de reutilização, uma vez que as componentes reutilizadas devem ser adaptadas antes de serem incluídas em um novo projeto (Dieter 1991, Gray 1993, Medland 1992, Panton et al. 1993 e Reich 1995).

Nesse modelo, tanto o AV como o AO podem ser refinados, e a consistência horizontal e vertical deve ser mantida entre eles (Silva 1998).

Com um modelo seguindo a metodologia a ser indicada, consegue-se um sistema que armazena ao mesmo tempo o objeto projetado, AO, e possibilite a busca de objetos numa base de dados através de especificações por meio de AV.

Pode-se iniciar o projeto com as características funcionais, sem necessariamente especificar de início as características do objeto a ser projetado. Uma vez identificado um objeto a ser reutilizado (e as inter-relações do novo projeto com ele) através de AV, esse pode ser “integrado” ao projeto pelo AO correspondente, depois de verificada a consistência horizontal. Tudo se passa como esse novo AO fosse um elemento de base para uma composição (Silva 1998).

O processo de reutilização empregado é uma versão simplificada do método baseado em metáforas descrito em (Silva 1992).

Conceitualmente as relações de consistência possuem definições formais, a saber, a vertical indica que, caso exista um mapeamento de entradas e saídas de AV para um determinado AO, este deverá deduzir toda e qualquer entrada em uma saída. A horizontal, formaliza que, caso duas entradas indiquem a mesma saída de um AO, as entradas devem ser idênticas, gerando unicidade. A Figura 4 apresenta uma tela do RLOG (Liu 1998), um banco de dados orientado à objeto dedutivo da Universidade de Regina do Canadá, contendo as regras de consistência do modelo AV/AO.

```

Rlog[26]> open avao
Rlog[27]> display
There are the following types available:
Type Dados: String(16);

There are the following relations available:

Relation AO 's Attributes: (
Nome: String(16);
CjDados: Set.It has not maximal limitation
Type Dados:
)
The keys are the following attributes:
Nome
)

Relation AV 's Attributes: (
Entrada: Type Dados;
Saida: Type Dados;
AO_En: String(16);
AO_Sa: String(16);
The keys are the following attributes:
Entrada Saida AO_En AO_Sa
)

Relation AO 's facts:
Rules available are:
AV_En_Sa_AOEn_AOSa :- AO(AOEn,<En>), AO(AOSa,<Sa>)
AV_En1_Sa_AOEn_AOSa :- AV_En2_Sa_AOEn_AOSa), AO(AOEn,<En1>), AO(AOSa,<Sa>), _En1=_En2

```

Figura 4. Regras de consistência do modelo AV/AO no RLOG.

4. ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAIS NA FABRICAÇÃO DE BLANK SOLDADO

A área de controle de sistemas de manufatura e CIM [*Computer Integrating Manufacturing*] apresentam soluções para o processo do ponto de vista operacional, entretanto, dados gerenciais são segregados. Por outro lado, os sistemas ERP [*Enterprise Resource Planning*], amplamente utilizados na atualidade, auxiliam os processos de administrativos internos e fornecem dados gerenciais, todavia, sem conexão direta com a área de controle e supervisão da manufatura. Através da aplicação do modelo AV/AO é possível modelarmos sistemas CIMM [*Computer Information Manufacturing Management*] pois, por meio da separação dos domínios e mapeamento de suas interfaces, é possível relacioná-los e os integrar num mesmo sistema.

O exemplo a ser apresentado advém de uma empresa siderúrgica real, que possui um sistema ERP instalado. O processo se caracteriza pela terceirização da fabricação do blank soldado, pois a empresa foca sua produção na fabricação de aço, mas tem interesse estratégico no mercado de blank soldado. Como exemplo de um blank soldado complexo tem-se a Figura 5. Trata-se da base do painel lateral externo do veículo do projeto ULSAB – *Ultra Light Steel Auto Body*, a qual reúne três diferentes graus de resistência mecânica, além, de cinco diferentes espessuras (Jaroni et al. 1997, Batalha et. al. 1999, Pereira et al. 1999 e Picinini Filho et al. 1999). Na Figura 6 apresenta-se esquematicamente a fabricação do Blank Soldado.

O processo real inicia-se através de uma ordem de venda de blank soldado para o cliente final. Nessa ordem já está especificado os materiais que irão compor o blank, bem como as quantidades e a data de entrega do produto. A área responsável pela compra do produto verifica, então, a existência de matéria prima, ou seja, bobina, no estoque para que seja cortada e soldada através da máquina de solda à laser pelo fornecedor. Caso não hajam bobinas necessárias para criação do lote de blank, é necessário criar uma solicitação de transferência de bobinas entre a matriz e a filial. Essa solicitação de transferência, por meio de

uma interface com o sistema produtivo, inicia a produção das bobinas na matriz. Terminada a fabricação, a bobina é pesada e embarcada para a filial, juntamente com uma nota fiscal de simples remessa. Ao chegar na filial é necessário verificar o peso do material, dar entrada em estoque e registrar a nota fiscal. As bobinas a serem processadas em blank, deverão ser remetidas ao fornecedor através de uma nota fiscal de beneficiamento. Uma ordem de compra de *blank* soldado é enviada ao fornecedor, informando qual *blank* soldado, em qual quantidade, qual preço e quando deverão ser entregues à filial.

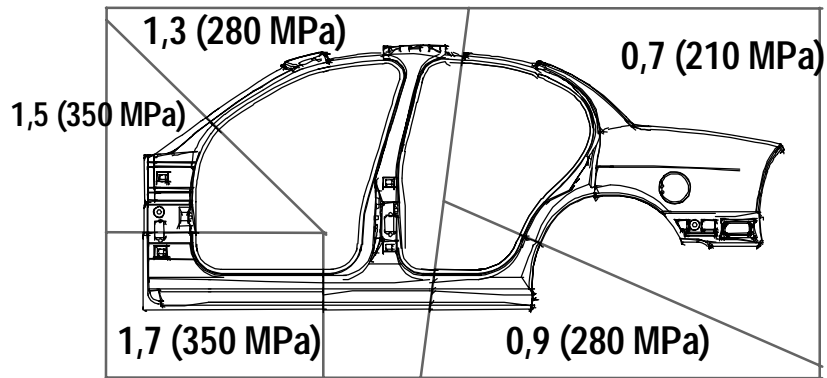


Figura 5. Painel lateral externo. - “*Tailor blank*” soldado a Laser

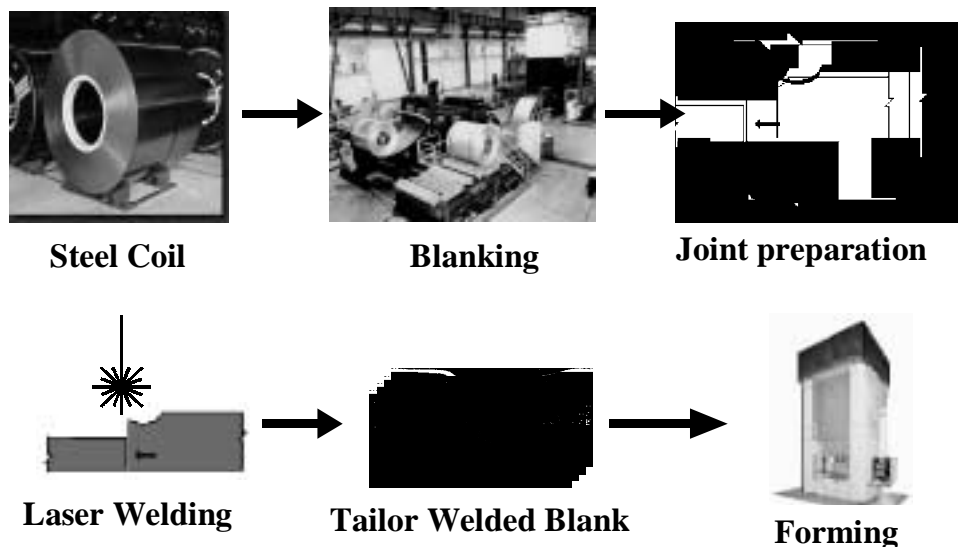


Figura 6. Processo de Fabricação do *Blank* Soldado.

No beneficiamento, as bobinas passam pelas operações de aparar lateral, corte, solda e estampagem para, enfim, serem embalados e se tornarem o produto final especificado pela ordem de compra. No recebimento do *blank* soldado pela filial, dá-se baixa no estoque de bobina disponibilizada ao fornecedor, gera-se estoque de *blank* e se verifica o montante da fatura do fornecedor com relação à quantidade recebida e o preço indicado na ordem de compra.

Os processos básicos de Administração de Materiais do sistema ERP existente são: Processo de Compra que compreende Requisição de Compra, Solicitação de Cotação, Contrato Básico, Pedido/ Ordem de Compra, Entrada de Mercadoria e Verificação de Fatura; o Processo de Transferência que se separa em Requisição de Compra, Pedido, Entrada de Atividade/ Registro Fiscal; Processo de Administração de Materiais que se separa em Entrada de Mercadorias, Transferência de Mercadorias, Saída de Mercadorias, vinculados ou não à pedidos de compra e/ ou ordens de vendas.

O sistema implantado possui ordem de venda desvinculada da ordem de compra e ordem de compra desvinculada do pedido de transferência, pois apenas integra os passos internos dos processos administrativos principais, desprezando as possíveis inter-relações desses processos. Isso faz com que, operacionalmente, seja necessário criar ordens de compra em função do programa de remessas do cliente, bem como gerar pedidos de transferência em função da análise do estoque de bobinas e do programa de remessas fora do sistema ERP instalado.

Para otimizar esse processo se utilizará o modelo AV/AO como descrito em Tavares, Silva e Batalha 2000. Primeiramente é necessário identificar os AO's principais, a saber, AO_{Cliente}, AO_{Companhia} e AO_{Fornecedor}. Cada AO possui um domínio específico que se relaciona com um ou mais AO's por meio dos AV's. Na modelagem AV/AO não é necessário detalhá-lo, podendo apenas indicá-los e os tratar através de AV's, como é o caso dos AO_{Cliente} e AO_{Fornecedor}. A Figura 7 apresenta cada AO representando um domínio diferente e se relacionando com todos os outros domínios através dos AV's representados por setas unidirecionais.

Nesse caso, o AV₁ e o AV₄ representam as informações trocadas entre o Cliente e a Companhia. Optou-se por representá-los separadamente pois tratam de diferentes tipos de dados, a saber, o AV₁ informa o programa de entrega de blank do cliente e os pagamentos referentes aos recebimentos ocorridos, enquanto o AV₄ trata do envio do blank da Companhia ao Cliente, junto com a sua Nota Fiscal. Para efetuar a venda, esse blank soldado deve ser fabricado. Nesse caso, o AV₂ lida, respectivamente, com o envio de bobina a beneficiar e Nota Fiscal, pedidos de compra de *blank* e pagamento do fornecedor; enquanto o AV₃ representa o retorno do blank produzido, sua Nota Fiscal e retorno de sucata..

Pode-se refinar esse esquema separando o AO_{Companhia} como sendo dois AO's referentes aos AO_{Matriz} e AO_{Filial} com dois AV's correspondente ao relacionamento entre eles.

Assim sendo, o AV_J refere-se ao Pedido de Transferência de bobina do AO_{Filial} para o AO_{Matriz}, e o AV₁ diz respeito à remessa de bobina e sua nota fiscal de transferência. A consistência a ser cumprida é se gerar pedidos de transferência em função dos programas de remessa existentes advindos do AV₁. O envio de bobinas do AV₁ deve ser vinculado ao pedido de transferência indicado no AV_J.

As interfaces entre as áreas devem ser consistentes com respeito a todo o sistema. O programa de remessas do cliente é comunicado à área de Vendas, a qual informa à Compras quais os produtos devem ser adquiridos do fornecedor. Para se iniciar o serviço de corte a área de compras precisa verificar o estoque da(s) bobina(s) que compõe(m) o *blank*. Caso não haja bobina, a área de compras inicia o processo de transferência por meio de um pedido de transferência à matriz.

Ao se aplicar as regras de consistência, constata-se que para se criar um pedido de corte de chapa é necessário existir um programa de remessa e uma remessa de beneficiamento com nota fiscal. O pagamento dos serviços realizados só ocorre após a entrega do *blank*, nota fiscal dos serviços de corte, referenciados a um pedido de corte. O pagamento pelo produto entregue ao cliente ocorre após a remessa e faturamento do mesmo. Nos casos de um novo blank soldado, é necessária uma interação entre os processos de fabricação de *blank*, bobina e do processo de venda, para os testes e ensaios de viabilidade.

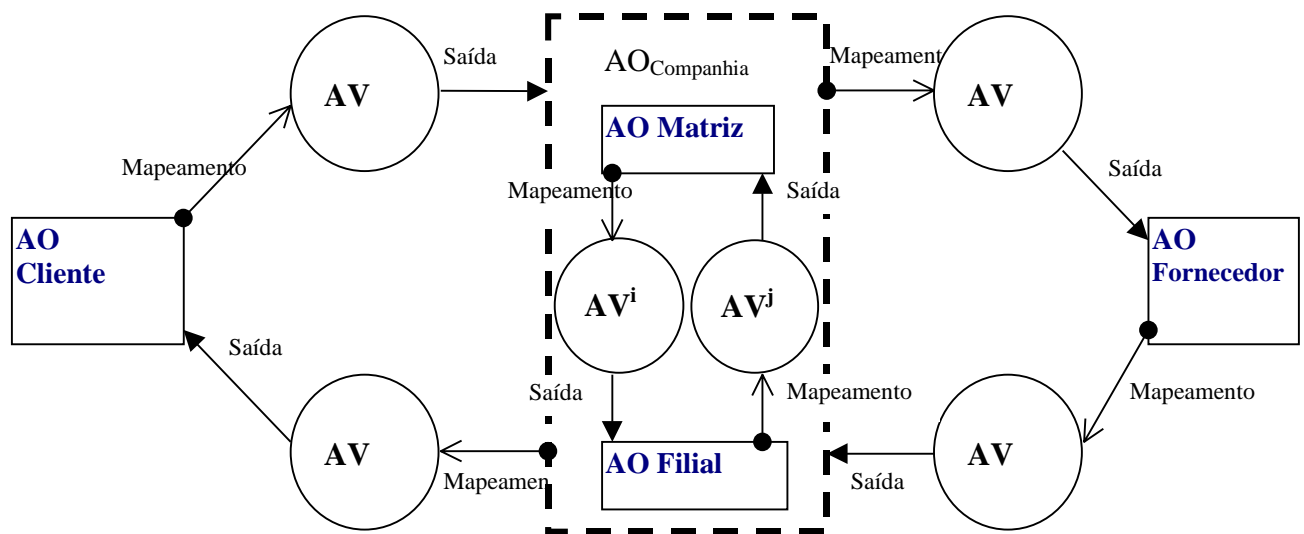


Figura 7. Representação do processo de administração de materiais modelada por AV/AO.

5. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Apesar da empresa siderúrgica possuir um processo automatizado, com a utilização do sistema ERP, esse processo apresenta falhas que podem acarretar grandes prejuízos junto ao cliente final, quando é produzido um *blank* com especificação, quantidade, preço e prazo diferente do informado pelo fato de não haver um vínculo direto entre o processo de vendas e compras.

Através do modelo AV/AO aplicado a esse caso, pode-se mostrar um sistema otimizado, o qual verifica a consistência da base existente e automaticamente processa pedidos de compra de *blank* e pedidos de transferência de bobinas de um dado programa de entrega do cliente.

6. BIBLIOGRAFIA

- Batalha, G. F. et al. 1999. Proc II Workshop FINEP/RECOPE - Desafios, Experiências e Expectativas sobre o Controle da Rugosidade em Chapas Metálicas para a Indústria Automotiva, 27 de abril de 1999, S. Paulo, FINEP/RECOPE, ISBN 85-86686-05-0.
- Bittencourt, G. 1996. Inteligência artificial: ferramentas e teorias. Campinas, Instituto de computação, Unicamp, 1996.
- Chan, D. K. C. e Trinter, P. W. 1993. Object comprehension: a query notation for object-oriented databases, Lecture notes in computer science, Springer, 752, pg. 55-72,
- Cowan, D. D. e Lucena, C. P. J. 1995. Abstract data view: An interface specification concept to enhance design for reuse, IEEE Trans. of software Engineering, v. 21, 3.
- Dieter, G. E. 1991. Engineering design: a materials and processing approach, 2 ed., Mc Graw Hill.
- Gero, J. S. 1989. Metamodel: An integrated modeling framework for intelligent CAD, Artificial Intelligence in Design, Computational Mechanisms Publications, Southampton, pg. 429-49.

- Gray, P. M. D. 1993 Knowledge reuse through networks of large KBS, Lecture notes in computer science, Springer, 752, pg. 55-72.
- Jaroni, U., Prange, W. e Schneider, C. 1997. Tailored blanks: In: Laser Assisted Net Shape Engineering 2 - Proc. of the 30th International CIRP Seminar on Manufacturing Systems Erlangen, 23 a 26 sept. 1997, Ed. CIRP-WGP-WLT, 61-8, ISBN 3-87525-090-7.
- Levesque, H. J. e Mylopoulosm J. 1996. Na overview of knowledge respresentation, On conceptual modeling, Springer Verlag, pp. 3-17.
- Liu, M. 1998 Relationlog: a Typed Extension to Datalog with Sets and Tuples, The Journal of Logic Programming, 1-30.
- Medland, A. J. 1992. The computer-base design process. 2 nd ed., Chapman & Hall, London.
- Panton,W.N., Al-Qaimani,G., Doan,K. 1993 On interface objects in object-oriented databases, Lecture notes in computer science, Springer, 752, pg. 55-72.
- Pereira, J. F. B., Andrade, S. L. e Rosa, L. K. 1999. Projeto ULSAB - Ajudando a Construir o Carro do Futuro, In: Proc II Workshop FINEP/RECOPE - Desafios, Experiências e Expectativas sobre o Controle da Rugosidade em Chapas Metálicas para a Indústria Automotiva, 27 de abril de 1999, S. Paulo, EPUSP/FINEP/RECOPE, ISBN 85-86686-05-0. Pp. 20-31.
- Picinini Filho, M., Sampaio, A , Azambuja, S., Campbel, C., Carvalho, C., Suzuki, L. , Santos, J. e Venturinnen, C.. Desenvolvimento Pioneiro de Blank soldado na América Latina: O projeto da CSN para a GMB e a FORD. Ibid, pp. 32-44.
- Silva, J. R. 1998 Interactive Design of Integrated Systems, In.: Intelligent Systems for Manufacturing: Multi-Agent Systems and Virtual Organizations, Camarinha-Matos, L., Afsarmanesh, H., Marik, V. (eds.), IFIP, -KAP, Londres, pp. 567-78.
- Silva, J. R. 1994. An object-oriented approach to design of flexible manufacturing systems, IFIP, pg. 91- 106
- Silva, J. R. 1992 Uma formalização para o processo de design baseado em metáforas: suas aplicações em automação de sistemas a eventos discretos, Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Tavares, J. J. P. Z. S. e Silva, J. R. 1997. Fusão Entre Objetos e IA na Modelagem e Design de Sistemas Automatizados, III Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, pg. 359-64.
- Tavares, J. J. P. Z. S. , Silva, J. R. e Batalha, G. F. 2000. Towards the Formalization of Information System for Material Management in Manufacturing Process. Proc. The Third World Congress on Intelligent Manufacturing Process & Systems, Massachussets Institute of Technology, Cambridge, MA-EUA, June 28-30, 2000 (Aceito p. publicação e apresentação)
- Reich, Y. 1995. The study of design methodology, J. of mechanical Design, 117, pg. 211-14.