

VERIFICANDO REQUISITOS NA FABRICAÇÃO DE BLANKS SOLDADOS: UM ESTUDO DE CASO COM REDES DE PETRI

Eston A. Santos

eston@usp.br

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Design Lab, Departamento de Engenharia Mecatrônica

José J. P. Z. S. Tavares

jose.zanlucchi@poli.usp.br

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Design Lab, Departamento de Engenharia Mecatrônica

Resumo. *Os novos Sistemas de Manufatura, que suportam o Design e Fabricação de artefatos complexos como, por exemplo, o blank soldado, passam a depender cada vez mais de uma boa eliciação, análise e verificação de requisitos, assim como da elaboração de especificações claras. Este trabalho propõe uma disciplina para este processo, onde as especificações, representadas em Use Cases, são traduzidas em redes de Petri para análise e verificação. A iteração deste processo seria a base para a geração de especificações sem ambigüidades e sem contradições.*

Palavras-chave: *Blank Soldado, Engenharia de Requisitos, Verificação de Requisitos, Redes de Petri, UML.*

1. INTRODUÇÃO

Nota-se recentemente uma retomada dos estudos sobre o design em Engenharia, impulsionado por uma crescente demanda em se desenvolver sistemas automatizados, com um certo grau de autonomia – o que requer cuidados especiais na previsão do seu comportamento. Por outro lado, a integração dos sistemas pressiona também por novos sistemas onde a parte gerencial e o controle trabalhem harmonicamente, principalmente na manufatura. Neste quadro, técnicas antigas foram consultadas e revistas, ao tempo em que novas técnicas surgiram, mais aderentes aos novos tempos. O processo unificado destaca-se como uma orientação sensível aos requisitos de fusão de processos e dados, de funcionalidades díspares, de elementos de hardware e software.

A introdução de métodos orientados a objeto e, mais recentemente segundo Jacobson et al.⁽¹⁾, do Processo Unificado no desenvolvimento de sistemas de informação, de supervisórios e outros elementos de software indispensáveis no processo de automação de sistemas discretos tornou-se um desafio. Em particular, a fase inicial envolvida (no caso da engenharia) em uma discussão especial entre a tendência de privilegiar os métodos tipicamente voltados à análise de sistemas existentes, com o intuito de produzir um novo design e os métodos mais voltados à síntese. No primeiro caso (ainda em grande número no parque produtivo), as fases iniciais do projeto poderiam ser reduzidas, em especial a eliciação de requisitos.

No entanto, o próprio processo produtivo passou a se basear em informações de mercado, considerando as vendas para programar a produção, baseado em Queiroz & Lepikson⁽²⁾, invertendo o vetor de produção de modo a integrar fornecedores e usuários no processo. Estes últimos passam a

fornecer os requisitos para a fabricação de novos artefatos, e assim, uma relação entre os diferentes agentes do negócio.

Portanto, na manufatura moderna as fases preliminares do processo de design assumem uma importância bastante grande, especialmente as fases de eliciação, análise e validação de requisitos e a elaboração de especificações funcionais sem ambigüidades. Conseqüentemente, este fato tem despertado um renovado interesse pelo design em engenharia, ou, o que se pode chamar de “engenharia da engenharia”. Boas práticas de design e novas abordagens, principalmente no que concerne ao design orientado a objetos e o design por padrões, se inserem nas novas tendências para o design de sistemas de manufatura, de acordo com Vernadat⁽³⁾.

Diferentemente do que foi proposto nos métodos clássicos da Engenharia de Software, o Processo Unificado vem sendo consagrado como sendo quase uma unanimidade na abordagem de novos artefatos, sobretudo aqueles mais complexos, por ter adotado o ciclo de vida iterativo e incremental. Isto garante que para cada fase do ciclo de vida do artefato as diversas disciplinas envolvidas no processo de construção são repetidas tantas vezes quanto se fizer necessário, tendendo a um resultado bem sucedido.

Novamente, o levantamento dos requisitos e sua verificação de acordo com os interesses atuais do projeto é fundamental. Por outro lado, as fases preliminares do projeto costumam se caracterizar pela informalidade, sob a justificativa de que a formalização e disciplina do processo de eliciação e análise de requisitos poderia cercear a criatividade na identificação da solução – principalmente para *designers* experientes, segundo Kavakli & Gero⁽⁴⁾. Em função disso, o design não pode ficar restrito a engenheiros experientes, principalmente se levarmos em conta que a complexidade dos novos sistemas distribuídos de manufatura não pode ser resolvido apenas com experiência. Portanto alguma disciplina se faz necessária.

A proposta deste trabalho é a aplicação da verificação de requisitos no processo de venda de blank soldado de uma empresa siderúrgica, sobretudo com relação à etapa crítica de definição das bobinas que compõem o blank, que depende exclusivamente dos responsáveis pela operação, devido ao fato dos sistemas de informação existentes não serem capazes de tratar essa etapa específica, o que aumenta significativamente a possibilidade de erros que desqualificariam o produto final produzido.

Essa proposta baseia-se na possibilidade de verificar a consistência lógica da descrição do Use Case do processo, que são os diagramas utilizados no Processo Unificado para representar o fluxo de eventos de uma determinada funcionalidade de um processo de negócio. Para que haja maior consistência da descrição do fluxo de eventos do Use Case, a proposta é representar estas especificações em Redes de Petri nas diversas fases do processo que vai do levantamento de requisitos até a aceitação de um conjunto de especificações sem ambigüidades, isto porque esta técnica permite realizar a verificação apoiada na representação formal dos seus modelos.

Na próxima seção são apresentados os métodos, técnicas e formalismos nos quais este artigo se baseia. A seção 3 mostra o estudo de caso com o processo de venda de blank soldado. Finalmente, na seção 4 são apresentados a conclusão e trabalhos futuros.

2. MÉTODOS, TÉCNICAS E FORMALISMOS

São apresentadas a seguir as técnicas que suportam cientificamente o trabalho.

2.1. Engenharia de Requisitos

Requisitos são definidos nas fases iniciais do desenvolvimento de sistemas, não necessariamente “software”, como sendo uma especificação do que deve ser implementado. São descrições, geralmente em linguagem natural, de como o sistema deve proceder, ou de como as pessoas devem desempenhar determinado papel em uma organização.

A Engenharia de Requisitos (Requirements Engineering), segundo Sommerville & Sawyer⁽⁵⁾, é o processo que engloba “todas as atividades envolvidas na descoberta, documentação e manutenção do conjunto de requisitos de um sistema baseado em computador”. Ainda segundo Sommerville &

Sawyer⁽⁵⁾, “o termo Engenharia significa que técnicas sistemáticas e repetitivas devem ser usadas de forma a garantir que os requisitos do sistema sejam completos, consistentes e relevantes”.

Um dado importante é que, dependendo da complexidade do sistema a ser desenvolvido, deve-se considerar que o custo das atividades de requisitos do sistema situa-se entre 10% e 15% do custo total, segundo Kotonya & Sommerville⁽⁶⁾. Apesar disso, o custo da correção de um erro cometido nesta fase é muito superior que eventuais erros cometidos na fase de fabricação. Portanto vale a pena todo o esforço direto ou indireto no sentido de evitar erros nas fases preliminares do processo de design, bem como no sentido de facilitar o diálogo com eventuais usuários do sistema em questão.

Como principal resultado do Processo de Engenharia de Requisitos, destaca-se o Documento de Requisitos do sistema, que garante um padrão de qualidade para os documentos gerados. Uma estrutura mínima para esse documento deve conter:

- Visão geral do sistema;
- Glossário;
- Lista de requisitos funcionais;
- Restrições operacionais do sistema.

Surgiram algumas técnicas relacionadas à Validação de Requisitos, desde as informais, que orientam quanto à análise do documento de requisitos, até aquelas que possuem uma representação formal para os requisitos, que garantem a aplicação de algoritmos para realizar a verificação. Essas técnicas se preocupam em checar os requisitos quanto à omissão, conflitos e ambigüidades, e garantir que os requisitos sigam os padrões de qualidade definidos na organização. Segundo Sommerville, as principais tarefas a serem executadas durante o processo de validação de requisitos são:

- Certificar-se que o Documento de Requisitos atenda seus padrões;
- Formalizar a inspeção de Requisitos;
- Utilizar equipes multidisciplinares para revisar Requisitos;
- Definir *check lists* de Validação;
- Usar protótipos para visualizar Requisitos;
- Escrever um rascunho do manual do usuário;
- Planejar casos de testes de Requisitos.

2.2. Unified Modeling Language (UML)

De acordo com a especificação encontrada na OMG (Object Management Group⁽⁷⁾), a UML é uma linguagem de modelagem para “especificação, construção e documentação de sistemas de software, bem como para a modelagem de negócios e outros sistemas”, e não um método para desenvolvimento de sistemas.

Os principais objetivos da UML são:

- Fornecer uma linguagem visual expressiva para a utilização no desenvolvimento de modelo de negócio;
- Fornecer mecanismos de extensibilidade e de especialização para apoiar os conceitos essenciais;
- Ser independente da linguagem de implementação;
- Prover uma base formal para entender a linguagem de modelagem;
- Encorajar o crescimento do número de ferramentas orientadas a objetos;
- Suportar conceitos de desenvolvimento de níveis mais elevados tais como colaborações, estrutura de trabalho, padrões e componentes;
- Integrar as melhores práticas de desenvolvimento de software.

A UML proporciona um vocabulário, que permite a comunicação entre os atores envolvidos no projeto, dividido em três categorias: i) Elementos, ii) Relacionamentos e iii) Diagramas. Estes últimos podem representar vários aspectos do comportamento do sistema. Entretanto, nem todos os

diagramas possuem representação formal e, por isso, não se pode garantir que estes diagramas possam ser a fiel tradução dos requisitos (por exemplo) eliciados na forma de Use Cases.

2.3. Redes de Petri

O conceito de redes de Petri foi inicialmente proposto por C. A. Petri em 1962, em sua tese de Doutorado, na faculdade de Darmstadt, Alemanha. Petri utilizou-se desse conceito para descrever sistemas de processamento de informações, que se caracterizavam como sendo concorrentes, assíncronos, distribuídos e paralelos. Baseados na formalização matemática de rede de Petri surgiram métodos de análise da rede, tais como: Árvore de Alcançabilidade, Matriz de Incidência e Equações de Estado, permitindo análises quantitativa e qualitativa do sistema modelado pela rede de Petri, segundo Murata⁽⁸⁾.

Por definição, uma rede de Petri é uma 4-tupla, $N = \langle P, T, F, m_0 \rangle$, onde:

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ é um conjunto finito de lugares,
 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ é um conjunto finito de transições,

Satisfazendo $P \cap T = \emptyset$ e $P \cup T \neq \emptyset$

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ é um conjunto de arcos orientados (relação de fluxo), e
 $m_0: P \rightarrow \mathbf{N}$ é a marcação inicial.

Se x e y são elementos genéricos de uma rede de Petri, define-se como pré-conjunto de y ao conjunto dos x tal que o par (x, y) seja uma relação de fluxo da rede. Similarmente, define-se como pós-conjunto de y ao conjunto dos x tal que o par (y, x) esteja incluído nas relações de fluxo.

Segue um exemplo de uma rede de Petri com as respectivas representações formais, matriz de incidência e equação de estado, conforme ilustram a figura 1 e as equações 2 e 3, respectivamente a matriz de incidência $p \times t$ e a equação de estado.

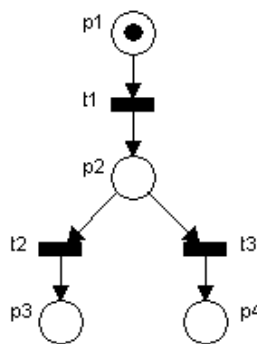


Figura 1 – Exemplo de rede de Petri

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$M_i = M_0 + A^T \sum_0^{i-1} \sigma_i \quad (2)$$

onde:

M_i , é o estado posterior $\rightarrow M_i = [0 \ 1 \ 0 \ 0]^T$

M_0 , é o estado atual $\rightarrow M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$

A , é a Matriz de incidência da rede
 σ_i é o vetor de disparo $\rightarrow \sigma_i = [1 \ 0 \ 0]^T$

As redes de Petri possuem algumas propriedades que são úteis para a análise estrutural e comportamental do sistema em estudo. As principais propriedades são: Consistência, Conservabilidade, Limiteabilidade, Segurança e Vivacidade.

Outra característica importante da rede de Petri é a possibilidade de se identificar a situação de conflito, que é gerada quando um dado lugar p participa do pré-conjunto ou do pós-conjunto de duas ou mais transições diferentes, isto é, dadas as transições habilitadas t_1 e t_2 , $p \in \bullet t_1 \cap \bullet t_2$. As situações de conflito representam em geral disputa por recursos ou pela chamada de processos.

2.4. Blank Soldado

De forma a reduzir os custos dos veículos e melhorar toda a logística e desenvolvimento dos automóveis, foram desenvolvidos os blanks e blanks soldados. Blanks são recortes de metal em formato pré-determinado para otimizar o processo de estampagem. Em muitos casos, não há necessidade de um recorte com mesmo material e espessuras, sendo assim, faz-se uso de blanks soldados.

Como exemplo de um blank soldado complexo, tem-se a figura 2. Trata-se da base do painel lateral externo do veículo do projeto ULSAB – Ultra Light Steel Auto Body, conforme apresentado por Jaroni et al.⁽⁹⁾, na qual reúne três materiais com diferentes graus de resistência mecânica, além de cinco espessuras distintas. Esse exemplo conseguiu reduzir de 12 a 15% do peso líquido do produto final. Além disso, aperfeiçoou o processo de estampagem e toda logística de abastecimento por reduzir de vários para um único item.

Há uma questão de fabricação relevante, a saber, o aço que compõe o blank soldado geralmente é de baixo teor de carbono e, nesse caso, o material sofre envelhecimento, de acordo com Wagener¹⁰. Sendo assim, a diferença entre as datas de fabricação dos componentes do blank soldado não pode ser maior que 180 dias.

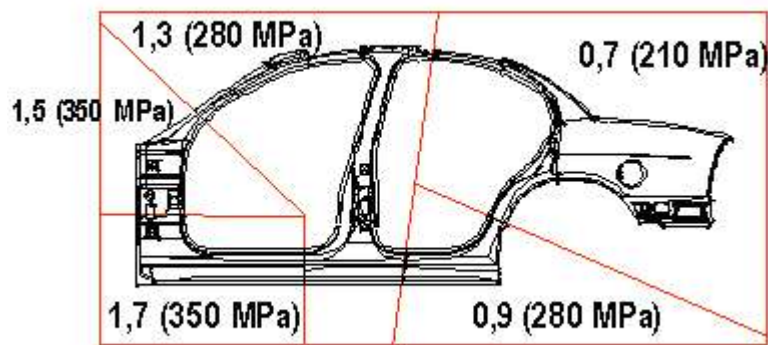


Figura 2 – Painel lateral externo - “Tailor blank” soldado a Laser

3. ESTUDO DE CASO: VERIFICAÇÃO DO PROCESSO DE VENDA DE BLANK

O estudo de caso apresentado é baseado em um caso real de uma empresa siderúrgica, conforme abordado em Tavares et al.⁽¹¹⁾. O processo se caracteriza pela venda de blank soldados pela siderúrgica, com a terceirização da fabricação para um prestador de serviços.

A proposta é verificar se os requisitos de fabricação, que devem representar o processo de negócio da empresa, são atendidos pelo processo de fabricação implementados no prestador de serviços.

São apresentados a seguir os requisitos para a fabricação de blank soldado, a respectiva modelagem do processo de negócio e, finalmente, a verificação dos requisitos segundo o processo de fabricação.

3.1. Requisitos para a Fabricação de Blank Soldado

O problema a ser solucionado nesse processo está relacionado com a definição de quais bobinas devem ser beneficiadas. Essa etapa leva em consideração indicadores do processo de fabricação, no caso, a questão do envelhecimento do aço, do uso de mesmos lotes para uma mesma ordem de venda e também bobinas compatíveis com o blank soldado. Além desses indicadores, também existem aqueles que se referem ao processo de gerenciamento de materiais, a quantidade correta de bobinas disponibilizadas ao prestador de serviço, e referentes ao processo fiscal, as notas fiscais de beneficiamento de material que têm validade máxima de até 540 dias (180 + 360), o que pressupõe um controle dos materiais em beneficiamento sob risco de pagamento de multas e impostos.

Atualmente, a etapa de definição das bobinas é efetuada manualmente devido ao fato que o sistema ERP implantado não vincula a ordem de venda do cliente ao pedido de compra do prestador de serviços. Isso faz com que o processo dependa do funcionário para análise dos materiais compatíveis, e o gerenciamento do processo seja assíncrono e fora do sistema ERP, o que propicia inúmeros problemas, principalmente no controle do processo como um todo.

Uma característica peculiar nessa atividade de definição das bobinas a serem beneficiadas diz respeito à otimização da busca de bobinas compatíveis. Essa questão será considerada na próxima seção, onde se verifica a especificação de requisitos.

3.2. Modelagem do Processo de Negócio de Venda de Blank Soldado

O processo de venda de blank soldado inicia-se com uma ordem de venda do cliente final. Essa ordem baseia-se em um contrato previamente acordado que já especificou o projeto do blank soldado, os tipos das bobinas de aço que o compõem, bem como as quantidades correspondentes de matéria-prima. A ordem de venda estipula quais blanks soldados devem ser fornecidos, suas quantidades e prazos de entrega correspondentes.

A área responsável pela gestão do contrato de serviço de beneficiamento do produto verifica, então, a existência de matéria prima compatível.

Sendo assim, para iniciar o processo de fabricação do blank soldado no prestador de serviço, a área responsável pela gestão do contrato deverá avaliar se existe estoque de bobinas compatíveis com diferença menor que 180 dias entre as datas de fabricação e quantidades suficientes para atender a ordem de venda do cliente. Caso não haja bobinas necessárias ou compatíveis para a fabricação do blank soldado, será necessária a fabricação de novas bobinas.

As bobinas a serem processadas em blank deverão ser remetidas ao fornecedor através de uma nota fiscal de beneficiamento. Um pedido de compra de blank soldado é enviado ao fornecedor, informando qual blank soldado, em qual quantidade, qual preço e quando deverão ser entregues à empresa.

No beneficiamento, as bobinas passam pelas operações de apra lateral, corte, solda e estampagem para, enfim, serem embaladas e se tornarem o produto final especificado pelo pedido de compra.

No recebimento do blank soldado pela siderúrgica, dá-se baixa no estoque de bobina disponibilizada ao prestador de serviços, cria-se estoque de blank soldado e se verifica o montante da fatura do fornecedor com relação à quantidade recebida e o preço indicado no pedido de compra.

A partir desse ponto, a ordem de venda do cliente pode ser entregue e faturada. Esse processo é representado na figura 3, que ilustra o Diagrama de Use Cases (UML) do processo de venda de blank soldado.

3.3. Verificação da Especificação de Requisitos

A proposta do trabalho consiste na possibilidade de verificação da consistência lógica do Use Case, simulando o fluxo de eventos de sua descrição. O Use-case “definir quantidade de bobinas” representa uma atividade crítica do processo de venda de blank soldado, conforme exposto

anteriormente. Por esse motivo, será abordada a análise dos passos envolvidos nessa atividade de forma a verificar se existe uma conformidade com os requisitos do processo de negócio da empresa.

Seguem as descrições do Use Case “definir quantidade de bobinas”, tanto a convencional com a estruturada, assim como a respectiva rede de Petri, de forma a permitir que o processo seja verificado, neste artigo, do ponto de vista lógico.

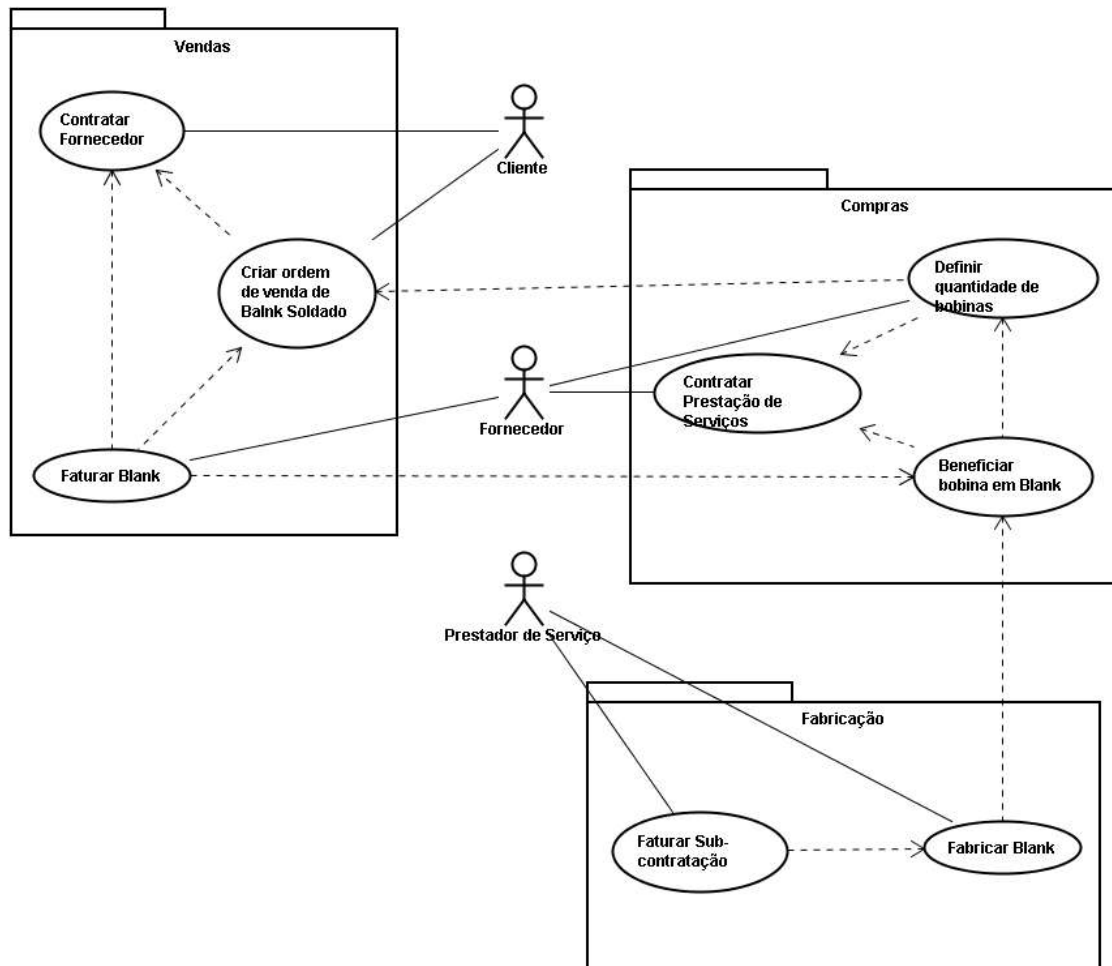


Figura 3 – Diagrama de Use Cases do processo de venda de blank soldado

3.3.1. Descrição do Use-Case “Definir quantidade de bobinas”

O Fluxo principal de eventos do use case “Definir Quantidade de Bobinas” é descrito a seguir, de acordo proposto pela UML:

1. Conforme a programação de entrega do cliente, verifica-se quais bobinas serão componentes de cada tipo de blank soldado solicitado;
2. Lista-se o estoque das bobinas componentes por blank soldado;
3. Calcula-se, em função da quantidade de blank soldados a ser fabricado, qual conjunto possível de bobinas possuem quantidades necessárias para a fabricação;
4. Relacionam-se quais bobinas componentes têm datas de fabricação com diferença menor que 180 dias, em função do envelhecimento do aço de baixo teor de carbono;
5. Definem-se individualmente as bobinas a serem processadas no use case de “Beneficiar Bobina em Blank”.

Como fluxos alternativos de eventos, tem-se:

1. Caso não existam bobinas compatíveis, inicia-se o processo de fabricação de bobinas. Se existir algum(ns) dos componentes com data de fabricação inferior a 180 dias no momento

da chegada do(os) componente(s) a ser(em) fabricado, esse tipo de bobina não necessitará ser fabricada.

2. Caso não exista quantidade de alguma(s) bobina(s) componente(s) suficientes para fabricação do blank soldado solicitado, inicia-se o processo de fabricação de bobinas. Se a data de fabricação de algum(ns) dos componentes existentes for maior que 180 dias no momento da chegada da(s) nova(s) bobina(s) componente(s) a ser fabricada, esse componente também necessitará ser fabricado.

3.3.2. Descrição estruturada do Use-Case “Definir quantidade de bobinas”

De acordo com a proposta de Santos⁽¹²⁾, segue a descrição estruturada do use case:

- 1 ● Início da definição das bobinas – Em função da programação de entrega do cliente, o responsável pela operação define as bobinas que deverão compor cada blank solicitado; (
 - 1.1 → Consulta estoque de bobinas – O sistema consulta o estoque a fim de verificar a disponibilidade das bobinas necessárias à fabricação do blank em questão;
 - 1.2 ◇ Bobinas compatíveis? – Verifica data de fabricação – Verifica se a diferença entre as datas de fabricação das bobinas é menor que 180 dias;
 - 1.2.1 ↪ Emite pedido de fabricação de bobina – O sistema emite pedido de fabricação de bobina a Empresa Siderúrgica. ~²
 - 1.3 ◇ Quantidade suficiente? – Verifica quantidade restante – Certifica-se de que a bobina possui a quantidade necessária para a fabricação do blank;
 - 1.3.1 ↪ Emite pedido de fabricação de bobina – O sistema emite pedido de fabricação de bobina a Empresa Siderúrgica. ~²
 - 1.4 → Define-se composição do blank – O sistema relaciona as bobinas que deverão compor o blank;
 - 1.5 ◇ A composição de todos os blanks foi definida? – Verifica se falta blank a ser definido – O sistema verifica se todos os blanks foram definidos;
 - 1.5.1 ↪ Seleciona próximo blank – O sistema seleciona o próximo blank a ter a sua composição definida. ~^{1.1}
-) 2 ◎ Finaliza Operação – Os blanks tiveram sua composição definida ou o sistema emitiu o pedido de fabricação de bobinas para aqueles que não tiveram sua composição definida;

3.4. Rede de Petri equivalente ao Use Case “Definir quantidade de bobinas”

A figura 4 ilustra a Rede de Petri equivalente ao processo de venda de blank soldado, segundo a proposta de Santos⁽¹²⁾.

4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Através da análise de requisitos do processo de definir quantidade de bobinas para fabricação de blank soldados é possível iniciar o processo de desenvolvimento de um sistema que, integrado ao ERP existente, efetue as operações automaticamente, reduzindo a dependência dos operadores, os erros de processamento, otimizando o tempo do processo total e assegurando a qualidade das informações a serem utilizadas para a fabricação do produto desejado.

A rede de Petri demonstra ser de grande valia para a visualização do processo e, conseqüentemente, verificar se todas as etapas foram apresentadas corretamente. As questões técnicas, como por exemplo a data de fabricação da bobina, podem ser consideradas na etapa de verificação de requisitos, o que deve garantir que todas as necessidades sejam atendidas no projeto de fabricação do blank. Essa representação, em função de seu formalismo, também propicia a análise das características da rede, como *dead-lock*, que permite verificar onde o processo poderia apresentar um gargalo durante a manufatura do blank.

A verificação de requisitos permite que o desenvolvimento de sistema de informações para manufatura atenda ao processo de negócio das empresas, incluindo as questões inerentes à fabricação, o que evita que os erros que geram os maiores custos no projeto de software sejam

corrigidos nas fases iniciais. Essa abordagem se diferencia das práticas de mercado e, conseqüentemente, tendem a gerar maior bem-estar para as partes envolvidas no desenvolvimento de novas ferramentas.

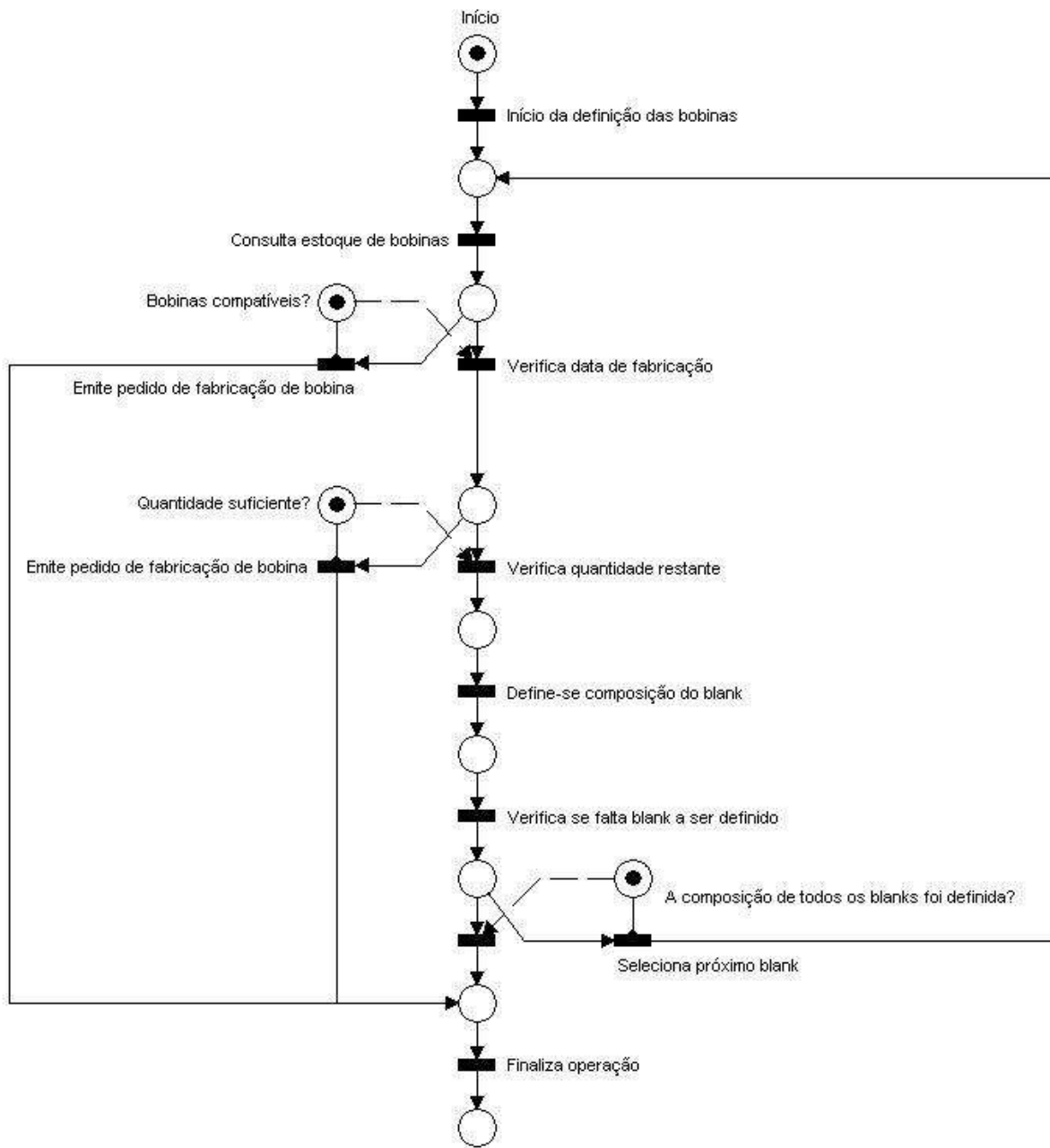


Figura 4 – Rede de Petri equivalente ao processo de definir quantidade de bobinas

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

1. Jacobson, I., Booch, G., Rumbaugh, J., *The unified software development process*, Reading, Mass: Addison–Wesley, 1998.

2. Queiroz, A.A., Lepikson, H., *Design Manufacturing Systems as Routine in TQC/JIT Environment*. Anais do 11th. ISPE/IEE/IFAC International Conference on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future – Pereira – Colombia – 1995. p. 223-228.
3. Vernadat, F., *Enterprise modeling and integration: principles and applications*, London: Chapman & Hall, 1996.
4. Kavakli, M., Gero, J., *The Structure of Concurrent Cognitive Actions: A Case Study on Novice and Expert Designers*, to appear in Design Studies, ACM.
5. Sommerville, I., Sawyer, P., *Requirements engineering: a good practice guide*, New York: John Wiley & Sons, 1997.
6. Kotonya, G., Sommerville, I., *Requirements engineering: processes and techniques*, Chichester: John Wiley, 1998.
7. Object Management Group, *Unified modeling language specification: version 1.4*, s.l.: s.ed., 2001. Disponível em: <<http://www.omg.org/uml>>. Acesso em: 16 mar. 2002.
8. Murata, T., *Petri Nets: properties, analysis and applications*, Proceedings of the IEEE, v.77, n. 4, p. 541-580, abr., 1989.
9. Jaroni, U., Prange, W., Schneider, C., *Tailored blanks*, In: Laser Assisted Net Shape Engineering 2 – Proc. of the 30th International CIRP Seminar on Manufacturing Systems – LANE'97, Erlangen, September 23–26th 1997 Ed. M. Geiger, F. Vollertsen, CIRP, WGP and WLT, 61-8, ISBN 3-87525-090-7
10. Wagener, H. W., *New Developments in Sheet Metal Forming: sheet materials, tools and machinery*, J. Material Processing Techn.: 72, 3, 342-57, 1997
11. Tavares, J. J. P., Batalha, G. F., Silva, J. R., *Toward The Formalization of the Information System of Material Management in Manufacturing Processes*, In: Proc. of the Third World Congress on Intelligent Manufacturing Processes & Systems, Cambridge, June 2000
12. Santos, E. A., *Verificação de requisitos de sistemas utilizando redes de Petri*, Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

TAILORED WELDED BLANK REQUIREMENT VERIFICATION: CASE STUDY WITH PETRI NETS

Eston A. Santos

eston@usp.br

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Design Lab, Mechatronics Engineering Department

José J. P. Z. S. Tavares

jose.zanlucchi@poli.usp.br

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Design Lab, Mechatronics Engineering Department

Abstract. *New manufacturing systems must support complex artifacts design and manufacturing as tailored welded blanks. These systems depend on good elicitation, requirement analysis and verification, and clear specification. This paper purposes an approach to fit this process, based on Use Cases specifications that are translated to Petri Nets to be analyzed and verified. The interaction inside this process could be base to generate sound specifications.*

Key Words: *Tailored welded Blank, Requirement Engineering, Requirement Analysis, Petri Nets, UML.*