



**ANÁLISE DE UM PROCESSO  
ATRAVÉS DA REDE  
PETRI NO SERVIÇO DE  
TRANSPORTE DE CARGA**

**ANALYSIS OF A PROCESS  
THROUGH PETRI NET IN  
TRANSPORT OF CARGO**

RICARDO MÂNICA

---

Mestrado de Engenharia de Produção,  
ênfase em Gestão Industrial pela UTFPR,  
Professor do UNICURITIBA  
[diretoria@gruposkn.com.br](mailto:diretoria@gruposkn.com.br)







## RESUMO

Vive-se hoje uma competição acirrada, onde o desempenho organizacional é importante para escolha do produto e/ou serviço. Este artigo tem por objetivo analisar o processo de prestação de serviço de uma transportadora utilizando-se de um software que realiza análise de processo com conotação de rede petri. Para tanto será apresentado um estudo bibliográfico sobre BPM (Business Process Management), rede petri, transporte de carga, e uma simulação com base em um estudo de caso. Constatou-se que o processo analisado possui as características apresentadas na bibliografia.

**Palavras-chave:** BPM; Rede petri; Transporte.





## ABSTRACT

Today we are living a fierce competition, where organizational performance is so important to choose the product and/or service. This article aims to analyze the process of providing an transport service using a software that performs process analysis with connotation of petri net. For that will be presented a bibliographical study on BPM, petri net and cargo transport, and a simulation based on a case study. It was found that the process has analyzed the features listed in the bibliography.

**Key words:** BPM, petri net, Transport.



## 1 INTRODUÇÃO

Em uma época de crescente competição, a importância de atingir elevados níveis de satisfação do cliente tem conquistado a atenção de pesquisadores e profissionais afins. Especialmente no setor dos serviços. (KUMAR *et al* 2008)

Lee e Dale (1998) comentam que modelos de excelência empresarial são aqueles que auxiliam as empresas a identificar áreas de melhoria. Contribuindo a definir e comunicar os objetivos e estratégias.

Baseadas nestas afirmações o presente artigo tem como objetivo analisar um processo no segmento de transporte rodoviário de cargas. Para tal será utilizado o software Woped que adota a conotação de W.M.P van der Aalst em redes Petri, existem outros softwares, porém neste artigo será utilizado o mencionado.

O método aplicado foi inicialmente uma pesquisa exploratória sobre os temas BPM (Business Process Management), rede Petri e transporte de carga. Após essa etapa foi simulado um processo determinado no Woped e analisado conforme referências.

O artigo está dividido em três partes sendo: Introdução e metodologia; referencial teórico e análise do processo e considerações finais.

## 2 GERENCIAMENTO DOS PROCESSOS DE NEGÓCIOS - BPM

De acordo com DeToro e McCabe (1997) BPM é uma abordagem que apresenta uma gama de opções de melhorias e pode contribuir com as organizações evitando a tendência de queda proporcionada por uma nova moda de gestão.

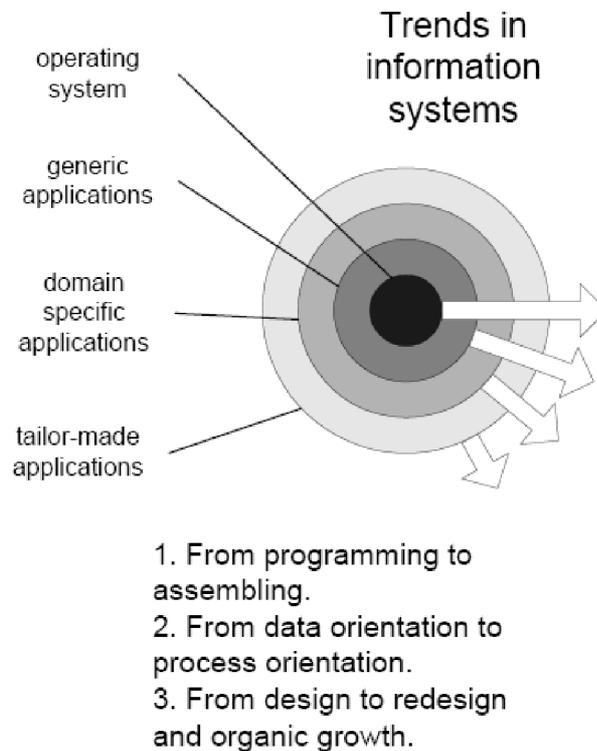
Talwar (1993) define um processo como uma sequência de atividades pré-definidas executadas para alcançar um ou uma série de resultados pré-determinados. Portanto o BPM destina-se a alinhar os processos empresariais com os objetivos estratégicos e as necessidades dos clientes, e para tanto exige uma mudança de ênfase na empresa, do setor departamental para o processual.

Zairi (1997) coloca que o BPM está preocupado com os principais aspectos das operações de negócios em que há grande influência e um alto valor agregado para o consumidor e uma das formas mais eficazes para iniciar processo de gestão empresarial é o de inventário dos processos da organização (DeTORO e McCABE 1997)

Smart *et al.* (2007) identificam cinco componentes comuns a aplicar sendo: processo de estratégia; processo de arquitetura; processo de medição; processo de propriedade; processo de melhoria. Já Pritchard e Armistead (1999) determinam que o BPM possui três direcionadores principais: 1) a necessidade de melhorar a responsabilidade; 2) a ameaça da concorrência e 3) a necessidade de melhoria na qualidade. Através destes três pontos os autores relacionam três benefícios obtidos com o BPM sendo eles: a) melhoria nas relações com os clientes; b) melhor relacionamento interfuncional e c) mudança na cultura organizacional.

Um processo de negócio é conjunto de atividades inter-relacionadas que possuem entradas definidas, e quando executado, resulta em saídas que agregam valor na perspectiva dos clientes, ou seja, é uma forma de como a organização realiza seu trabalho. Eles são interfuncionais e atravessam as funções organizacionais. É uma abordagem estruturada para entender, analisar, apoiar e melhorar continuamente os processos fundamentais, tais como fabricação, marketing, comunicações e outros elementos importantes de uma operação da empresa. (AL-MUDIMIGH, 2007)

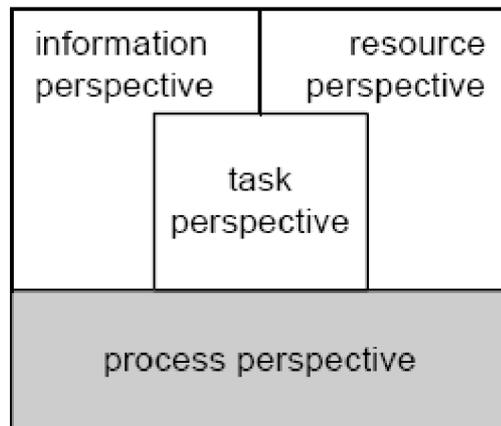
FIGURA 1 – AS TENDÊNCIAS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO



Fonte: AALST (2002, 2003 e 2004)

A figura 1 apresenta na visão de Aalst (2002, 2003 e 2004) os quatro níveis de um sistema de informação, onde no núcleo vemos o sistema operacional que está “cercado” por aplicações genéricas, este por sua vez está contido em aplicativos de domínios específicos que por fim estão cercados de aplicações desenvolvidas sob medida para aquele negócio, ou seja, esta figura representa a evolução dos sistemas de informação.

FIGURA 2 – RELAÇÃO DAS PERSPECTIVAS

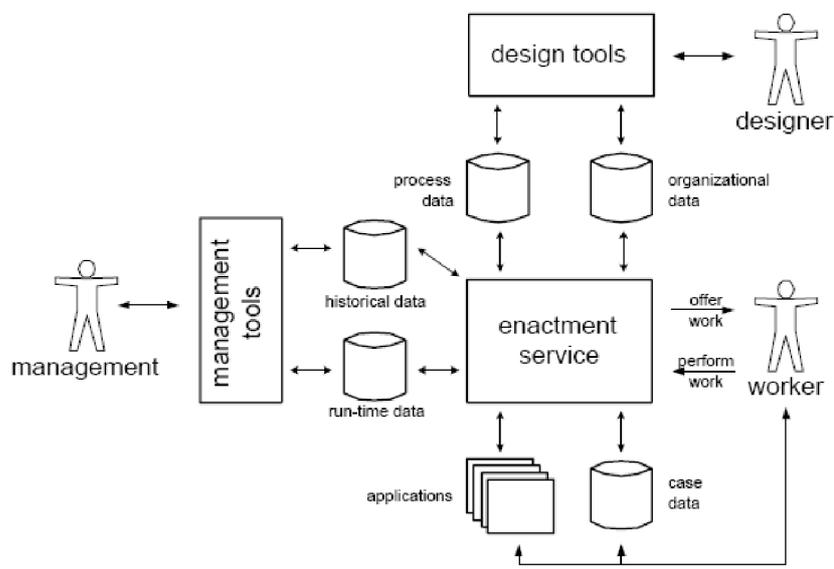


Fonte: AALST (2002 e 2003)

Já na figura 2, Aalst (2002 e 2003) mostra quatro perspectivas, onde na base observa-se a perspectiva de processo. Para que o processo seja eficiente se faz necessário analisar as tarefas, os recursos e as informações.

Quando uma empresa não está voltada ao processo, as três perspectivas são vistas individualmente, ocasionando assim uma menor eficiência na resposta, tanto interna, quanto externa.

FIGURA 3 – ESTRUTURA DO GERENCIAMENTO



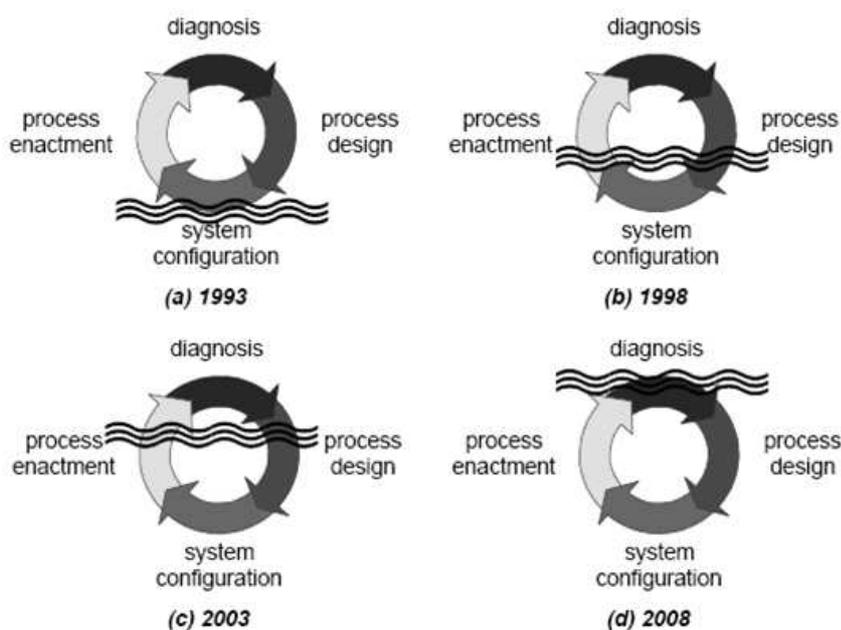
Fonte: AALST (2002)

A figura 3 mostra a relação das pessoas, recursos e tecnologias aplicadas no BPM, juntamente com as atividades desempenhadas. Essa figura apresenta a importância da gestão por processo.

Para Aalst (2004) o ciclo de vida do BPM compreende quatro fases sendo: desenho do processo; configuração do Sistema; promulgação do processo; e diagnóstico. O mesmo pode ser usado para identificar diferentes níveis de maturidade quando se trata do processo de de-

envolvimento de sistemas para informações empresariais. Essa evolução é vista na figura 4.

FIGURA 4 – CICLO DE VIDA DO BPM AO LONGO DO TEMPO



Fonte: Aalst (2004)

Os sistemas de gestão de processos de negócios (BPMS) podem resultar em grandes recompensas para as empresas que a adotam. Com algumas vantagens para a mesma como: reduzir os prazos, diminuir o retrabalho e mais flexibilidade para mudar a estrutura de suporte aos processos de negócios (REIJERS, 2006). O autor coloca também que o apoio da BPMS a promulgação de processos de negócio ao longo de todo o fluxo da organização atravessa fronteiras departamentais.

### 3 REDE PETRI

Para Rozinat e Aalst (2007), Aalst (2003 e 2004), Steglles *et al* (2007) e Bertolini *et al* (2006) conceituam que rede de Petri é uma estrutura dinâmica que consiste em um conjunto de transições, que são indicados por caixas e dizem respeito a algumas tarefas, ou ação que possa ser executada, um conjunto de lugares, que são indicados por círculos e

pode ser titular de uma ou mais fichas (indicada como pontos pretos), e dirigido a um conjunto de arcos que ligam estas transições e lugares uns com os outros, em uma forma bilateral onde as ligações entre os dois nós do mesmo tipo não são permitidas.

De um ponto de vista de modelagem, lugares representam condições e transições representam eventos. A transição é caracterizada por um determinado número de lugares de entrada, as condições devem ser verificadas para o disparo da transição. (BERTOLINI *et al* 2006)

Para Aalst (2003 e 2004) a rede é considerada viva se para todo estado alcançável e toda transição existe um estado seguinte alcançável quando a transição é habilitada. A rede é considerada limitada se para cada lugar há um número natural ao qual para todo estado alcançável o número de fichas é menor que o número natural. E ela é considerada segura se para cada lugar o número máximo de fichas não exceder 1.

Os blocos de construção do fluxo de controle usados são AND-split, AND-join, OR-split e OR-join possuem as funções de sequenciar, paralelizar, condicionar e interagir o sequenciamento. Podem-se definir os blocos como:

And-join: Processo em que duas ou mais atividades paralelas convergem em um único caminho comum à sequência do fluxo;

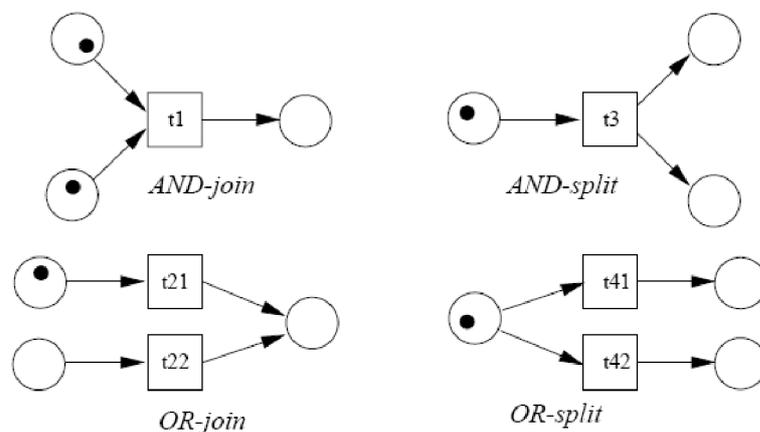
And-split: Processo em que um único caminho da sequência do fluxo divide em duas ou mais atividades que são executadas em paralelo, permitindo que múltiplas atividades a sejam executadas simultaneamente;

Or-split: Processo em que um único caminho do fluxo decide sobre qual sequência seguir sendo que possui várias alternativas;

Or-join: Processo em que duas ou mais alternativas convergem para uma única atividade comum como o próximo passo dentro do processo. (OMG, 2006), OKAYAMA (2007) , AALST e HEE (2002), AALST (2003)

Na figura 5 identificamos de forma gráfica essa conotação.

FIGURA 5 – WORKFLOW PRIMÁRIO



Fonte: Aalst (1996)

#### 4 TRANSPORTE DE CARGA

Bastidas *et al* (2001) *apud* (Bastos, 2003) conceitua transporte como:

“De forma simples transportar significa conduzir ou levar de um lugar para outro... Sem o transporte (seja qual for o modo) de nada adiantaria a produção dos demais setores econômicos, uma vez que os bens produzidos não teriam como chegar a seus consumidores finais. De certa forma, todos os agentes econômicos dependem direta ou indiretamente do transporte para a satisfação das suas necessidades, sendo este um elo de ligação socioeconômico.”

O transporte é fundamental, pois na sua ausência o produto não poderia chegar ao cliente.

O transporte é considerado o principal componente do sistema logístico. Sua relevância pode ser medida através de pelo menos três indicadores financeiros: custos, faturamento, e lucro. O transporte representa, aproximadamente, 60% dos custos logísticos, 3,5% do faturamento, e em alguns casos, mais que o dobro do lucro. Além disso, o transporte tem um papel primordial na qualidade dos serviços logísticos, pois impacta diretamente no tempo de entrega, na confiabilidade e na segurança dos produtos (Fleury, 1999).

#### 4.1 MODAIS DE TRANSPORTE

Modal dutoviário: apresenta os custos fixos mais elevados, em decorrência de direitos de passagem, construção, estações de controle e capacidade de bombeamento. Em contrapartida, apresenta custos variáveis mais baixos, muitas vezes desprezíveis.

Modal aeroviário: apresenta custos fixos baixos (aeronave e sistemas de manuseio). Seus custos variáveis são os mais elevados: combustível, mão-de-obra e manutenção.

De acordo com Bowersox e Closs (1996) e Fleury (2000), a qualidade do serviço oferecido pelos diversos modais de transporte pode ser medida por meio de cinco dimensões principais: tempo de entrega médio (velocidade), variabilidade do tempo de entrega (consistência), capacitação, disponibilidade e frequência.

Tempo de entrega médio (velocidade): o modal aéreo é o mais veloz, seguido pelo rodoviário, ferroviário, aquaviário e dutoviário. Porém, se for considerado o tempo de entrega *door to door*, os benefícios da velocidade no transporte aéreo são percebidos, sobretudo, nas grandes distâncias, tanto em termos relativos quanto em termos absolutos. Além disso, deve ser ressaltado que, os tempos de entrega do modal rodoviário e do modal ferroviário dependem fundamentalmente do estado de conservação das vias e do nível de congestionamento destas.

Variabilidade do tempo de entrega (consistência): O modal dutoviário é a melhor opção. Isso por que os dutos não são afetados por condições climáticas, tráfego ou verificações de segurança. O baixo desempenho do modal aéreo em termos de consistência, entretanto, resulta de sua grande sensibilidade a questões climáticas e de segurança. Vale lembrar que assim como no caso da velocidade, o desempenho do modal rodoviário e do modal ferroviário na dimensão consistência, depende fortemente do estado de conservação das vias.

Capacitação: o modal aquaviário é a melhor opção. Basicamente por que não apresenta limites sobre o tipo de produto que pode transportar, assim como o volume que pode atingir centenas de milhares de toneladas. Os modais dutoviário e aéreo apresentam sérias restrições em relação a essas dimensões. O dutoviário só trabalha com líquidos, gases e grãos; o aeroviário, com produtos seguros de pequeno a médios volumes.

Disponibilidade: o modal rodoviário é a melhor opção, pois quase não apresenta limites de onde chegar. Teoricamente, a segunda opção em disponibilidade é o ferroviário, mas isso depende da extensão da malha ferroviária de um determinado país ou de uma região específica. De forma aná-

loga ocorre com a disponibilidade do modal aquaviário, com a função da infra-estrutura portuária, de terminais e de sinalização.

Frequência: o modal dutoviário é a melhor opção. Os dutos operam 24 horas por dia, sete dias por semana, podendo ser acionados a qualquer momento. Por ordem de desempenho seguem os modais rodoviários, ferroviários, aeroviários e aquaviário. A baixa frequência do modal aquaviário resulta dos altos volumes envolvidos na operação, normalmente consolidados.

Wanke (2003) afirma que, de modo abrangente, as decisões de transporte afetam consideravelmente a relação entre custos fixos e variáveis no transporte de cargas, o que seria fator determinante para a formulação de estratégias pelas empresas que contratam e que prestam os serviços de transporte. Por exemplo, na escolha do modal de transporte, deve ser observado que os custos de operação dos modais aquaviário e ferroviário são praticamente todos fixos, ao passo que no modal rodoviário e no aéreo predominariam os custos de natureza variável com a distância e o peso ou volume.

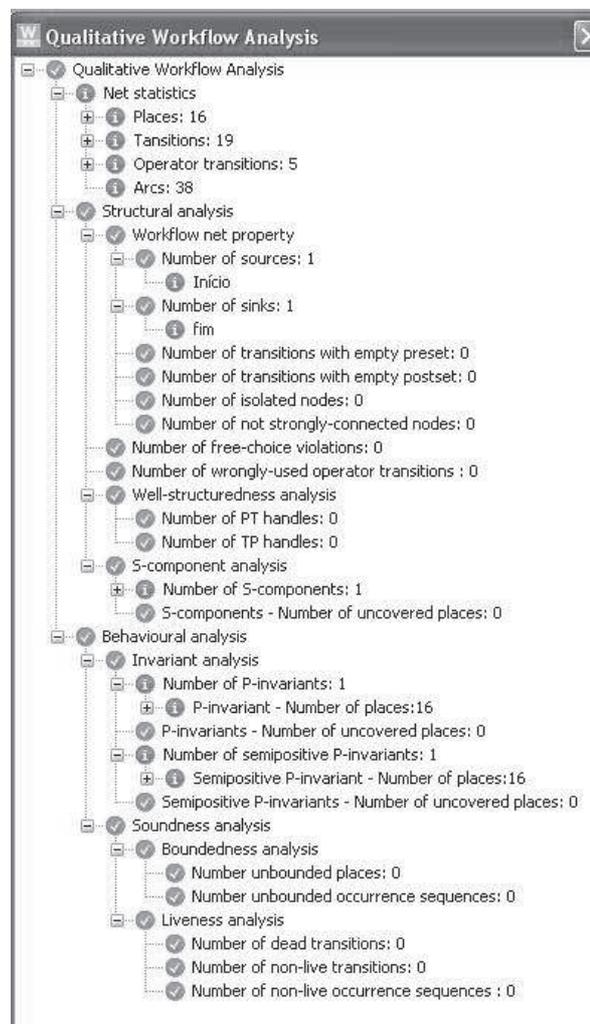
Entretanto, em situações onde os volumes / peso totais a ser transportado e a distância a ser percorrida são pequenos, o coeficiente de variação das vendas é alto e os produtos, os clientes ou as rotas são heterogêneos, a ênfase seria maior por flexibilidade de resposta. De modo análogo, decisões de transporte de carga que refletissem maior proporção de custos variáveis e de custos diretos deveriam ser consideradas

##### 5 Análise do processo

O processo analisado é de uma transportadora de carga rodoviária que atende ao segmento de materiais de construção e madeireiro. Ela possui uma frota de 5 carretas e conta atualmente com 12 funcionários. O processo escolhido para simulação foi o macro processo de viagem de um caminhão. Para tanto far-se-á uma breve descrição, através do fluxograma, das atividades inerentes.



FIGURA 8 – ANÁLISE QUALITATIVA DO WORKFLOW



Fonte: Woped

Através da análise qualitativa constatou-se que a rede é viva, limitada e segura.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo foi possível identificar a importância da análise dos processos através da simulação. Os resultados foram satisfatórios pois possibilitaram a visualização da identificação das características do processo através da simulação computacional. Verificou-se que o processo é vivo, limitado e seguro.

Como pesquisas futuras sugere-se realizar essa simulação em outros canais de serviços, como por exemplo na indústria automotiva, no setor têxtil e também no segmento da alimentação.

Uma segunda sugestão seria de estratificar o processo em sub-processos e identificar novamente as características da rede, assim seria possível vislumbrar novas características detalhadamente.

## REFERÊNCIAS

AALST, W.M.P. van der; Making work flow: on the application of petri nets to business process management In J. Esparza and C. Lakos, editors, ***Application and Theory of Petri Nets 2002, volume 2360 of Lecture Notes in Computer Science***, Springer-Verlag, Berlin, 2002.

\_\_\_\_\_ ; Business process management demystified: a tutorial on models, systems and Standards for Workflow Management. In J. Desel, W. Reisig, and G. Rozenberg, editors, ***Lectures on Concurrency and Petri Nets, volume 3098 of Lecture Notes in Computer Science***. Springer-Verlag, Berlin, 2004.

\_\_\_\_\_ ; Three good reasons for using a petri-net-based workflow management system.

In S. Navathe and T. Wakayama, editors, ***Proceedings of the International Working Conference on Information and Process Integration in Enterprises (IPIC'96)***, Camebridge, Massachusetts, Nov 1996.

\_\_\_\_\_ ; Challenges in Business Process Management: Verification of business processes using Petri nets. ***Bulletin of the EATCS***, 2003.

AALST, W.M.P van der; HEE, K.M.van; Workflow management: models, methods, and systems. **The MIT Press Cambridge**, Massachusetts London, England, 2002

AL-MUDIMIGH, A. S.; The role and impact of business process management in enterprise systems implementation. **Business Process Management Journal**, Vol. 13 No. 6, 2007

BASTOS, I.D.; **Avaliação do Desempenho Logístico do Serviço de Transporte Rodoviário de Cargas – Um Estudo de Caso no Setor de Revestimentos Cerâmicos**. 2003. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

BERTONLINI, M.; BEVILACQUA, M.; MASON, G.; Reliability design of industrial plants using Petri nets. **Journal of Quality in Maintenance Engineering** Vol. 12 No. 4, 2006

BOWERSOX, D.; CLOSS, D.J. **Logistical management: the integrated supply chain process**. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc 1996

DeTORO, I.; McCABE, T.; How to stay flexible and elude fads. **Quality Progress**, Vol. 30 No. 3, 1997.

FLEURY, P. F.; Supply chain management: conceitos, oportunidades e desafios da implementação. **Tecnológica**. São Paulo, (39). Fev - 99.

FLEURY, P.F. et al; **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000.

KUMAR, V.; SMART, P.A.; MADDERN, H.; MAULL, R.S.; Alternative perspectives on service quality and customer satisfaction: the role of BPM. **International Journal of Service Industry Management**, Vol. 19 No. 2, pp. 176-187. 2008

LEE, R.G.; DALE, B.G.; Business process management: a review and evaluation. **Business Process Management Journal**, Vol. 4 No. 3, 1998.

OMG; **Business Process Modeling Notation (BPMN) Specification**. 2006

OKAYAMA, B.K.; **Modelagem e análise dos processos de negócios em uma empresa do ramo automotivo através do formalismo das redes de petri.** (Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná). 2007

PRITCHARD, J-P.; ARMISTEAD, C.; Business process management - lessons from European business. **Business Process Management Journal**, Vol. 5 No. 1, 1999.

REIJERS, H.A.; Implementing BPM systems: the role of process orientation. **Business Process Management Journal** Vol. 12 No. 4, 2006

ROZINAT, A.; AALST, W.M.P. van der; Conformance checking of processes based on monitoring real behavior. **Information Systems**, 2007.

SMART, P.A.; MADDERN, H.; MAULL, R.S.); Understanding business process management: implications for theory and practice. Working paper series, **School of Business and Economics**, University of Exeter, Exeter. 2007

STEGLES, L. J.; BANKS, R.; SHAW, O.; WIPAT, A.; **Qualitatively modelling and analysing genetic regulatory networks: a Petri net approach.** Oxford University Press. 2007

TALWAR, R.; Business re-engineering – a strategy-driven approach. **Long Range Planning**, Vol. 26 No. 6, 1993.

ZAIRI, M.; Business process management: a boundaryless approach to modern competitiveness. **Business Process Management**, Vol. 3 No. 1, 1997.

WANKE, P.; **Gestão de estoque na cadeia de suprimentos: decisões e modelos quantitativos.** São Paulo: Editora Atlas (2003).