

APLICABILIDADE DO PENSAMENTO ENXUTO

Rodrigo Hervé Quaranta Cabral

Superintendência de Processos /FININVEST
rcabral@alternex.com.br

Ronaldo Soares de Andrade

Escola de Engenharia e COPPE/UFRJ
ronaldo2@pep.ufrj.br

ABSTRACT

Implementation of the lean thinking approach proposed by Womack and Jones (WOMACK et al., 1996) in a company in Brazil is discussed. Results of a study on the applicability of the concepts of that approach are presented. System thinking is proposed as an extension of the approach to characterize production and service systems developed on the basis of the lean thinking.

Area: Gerencia da produção

Sub-area : Modelos de gestão

Key words: lean system, lean thinking, organizational change

1. INTRODUÇÃO

Ao tentar reproduzir modelos como Controle da Qualidade Total, Produção Enxuta (*lean production*) e Sistema Toyota de Produção como “pacotes fechados” algumas empresas desconsideraram características específicas dos seus produtos e serviços, de sua organização e de seu ambiente de negócios. A compreensão parcial dos conceitos e dos pressupostos relacionados a estes sistemas de produção foi um fator de limitação às suas aplicações. Em diversas situações o emprego dessas inovações esteve associado a estratégias não declaradas de aceleração de demissões de funcionários, afastando-se dos pressupostos originais em que esses sistemas se baseiam.

Por outro lado, empresas japonesas, sobretudo do setor automobilístico, instalaram-se nos Estados Unidos e na Europa e obtiveram elevado grau de sucesso ao estabelecer seus métodos de administração, ainda que utilizando mão-de-obra e fornecedores locais (WOMACK *et al.*, 1997). Resultados surpreendentes foram obtidos por estas companhias na última década e por empresas ocidentais nos anos 90, contrariando previsões iniciais que supunham não ser possível compatibilizar os métodos gerenciais orientais com a realidade e a cultura ocidental.

Este panorama evidencia a complexidade inerente ao tema. Apesar de haver vasta literatura disponível sobre aplicação destes novos sistemas de gestão em situações reais esta é de difícil realização, necessitando cuidadoso estudo prévio pois cada empresa se insere em contextos próprios, podendo exigir soluções específicas através de modelos particulares.

Neste trabalho se discute o emprego do Pensamento Enxuto (*lean thinking*), método de gestão recentemente proposto com base em práticas administrativas japonesas

(WOMACK et al., 1996). São apresentados resultados de um estudo sobre a aplicabilidade dos conceitos daquele método em uma empresa do setor metal-mecânico do Rio de Janeiro (CABRAL, 1998). Introduzimos neste trabalho o conceito de Sistema Enxuto caracterizando sistemas produtivos e de serviços projetados ou desenvolvidos com base no Pensamento Enxuto.

2. EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE PENSAMENTO ENXUTO

Duas grandes linhas de pensamento influenciaram a formação do conceito do Pensamento Enxuto: o Controle da Qualidade Total e o Sistema Toyota de Produção. Estas duas concepções foram introduzidas paralelamente em diferentes empresas japonesas na década de 50 e percorreram caminhos distintos (WOMACK et al. 1997, pág.270-273).

Uma série de autores colaboraram para a fundamentação do sistema administrativo que ficou conhecido como Controle da Qualidade Total. Este sistema emprega elementos de várias fontes: os trabalhos de Frederick W. Taylor sobre padronização das operações, o processo de melhoria contínua defendida por Masaaki Imai, os instrumentos de controle da qualidade e os círculos da qualidade de Kaoru Ishikawa, os conceitos sobre o comportamento humano lançados por Maslow, a teoria dos zero-defeitos de Philip Crosby e principalmente os estudos de Edward Deming e Joseph Juran.

O modelo proposto por OHNO (1988) ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção. Este sistema iniciou-se no pós-guerra na empresa automobilística japonesa *Toyota Motor Company* e seus fundamentos foram difundidos para o ocidente após a crise do petróleo na década de 70. Ohno desenvolveu um modelo de produção baseado na eliminação de desperdícios para capacitar a Toyota a competir em um ambiente turbulento, de demandas diferenciadas e com crescimento econômico lento. Caracteriza-se pela estrita produção dos produtos desejados pelos clientes, no momento necessário e na quantidade exigida.

Em 1990, três pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology - MIT, divulgaram um estudo alertando os países ocidentais sobre os novos métodos de produção que estavam sendo adotados em algumas empresas automobilísticas japonesas (WOMACK et al., 1997). De acordo com esta pesquisa, a nova abordagem foi responsável pelo desempenho superior apresentado pela indústria daquele país nas últimas décadas no contexto internacional e denominou-se Produção Enxuta (*lean production*).

Em 1996, James Womack e Daniel Jones, dois dos autores da pesquisa do MIT de 6 anos atrás, apresentaram uma proposta para empresas de produção em massa se transformarem em enxutas, introduziram alguns elementos que ampliaram a concepção inicial, e desenvolveram um novo conceito denominado Pensamento Enxuto (WOMACK et al., 1996).

Pensamento enxuto é uma técnica que permite uma empresa eliminar desperdícios onde quer que eles estejam e fazer com que o cliente receba somente aquilo que deseja, no momento e na quantidade requisitada. A palavra 'pensamento' implica um conceito abrangente não restrito a intervenções no chão de fábrica, nem ao campo de ação direto da empresa, mas também às áreas administrativas da companhia e aos fornecedores. O método busca atingir todas as atividades que geram valor ao produto, quer elas sejam realizadas na própria companhia ou em outro local.

Cinco princípios básicos norteiam o Pensamento Enxuto: a especificação do valor, a identificação da cadeia de valor, o fluxo, a produção puxada e a perfeição.

O ponto de partida para uma empresa implantar um Sistema Enxuto é a especificação correta de valor. O significado de valor está relacionado a todas as características do produto desejadas pelo usuário. Especificá-lo permitirá a identificação das atividades que contribuem para que o produto atenda aos requisitos exigidos pelo consumidor. As restantes serão consideradas fontes de desperdícios e, portanto, deverão ser eliminadas.

O segundo princípio em um Sistema Enxuto é a identificação da cadeia de valor, entendida como o conjunto de todas ações específicas necessárias para se levar um bem ou serviço a passar por três tarefas gerenciais críticas: desenvolvimento do produto (da concepção até o lançamento), gerenciamento da informação (do pedido à entrega) e transformação física (da matéria-prima ao produto acabado). A cadeia de valor de um produto não se limita às atividades de uma única empresa. Em geral, um grande número de firmas colaboram para que uma mercadoria seja devidamente transformada e chegue às mãos do consumidor. Por isso, todas as ações relativas à produção do bem devem ser consideradas, independentemente do local onde elas foram realizadas.

Após o valor ter sido especificado com precisão, a cadeia de valor de determinado produto ter sido totalmente mapeada e as etapas que geram desperdícios eliminadas, o próximo passo é fazer com que as atividades fluam. Este princípio busca suprimir esperas para a execução das tarefas. Elas ocorrem muitas vezes devido à forma de se organizar a empresa e de se pensar a produção.

No entanto, fazer com que produtos inúteis fluam rapidamente somente gera mais desperdícios. Assim, a produção puxada é vital para a implementação do Sistema Enxuto. Significa que um processo só produzir um bem ou serviço quando o cliente de uma etapa posterior solicite. Quando isto ocorrer a fabricação deve ser realizada rapidamente.

O quinto princípio em um Sistema Enxuto é a perfeição. Pressupõe que o processo de redução de esforços, tempo, espaço, custos e erros é infinito. Sempre será possível especificar melhor o valor, eliminar desperdícios ao longo da cadeia, suprimir obstáculos que interrompam o fluxo do produto e fazer com que o cliente puxe mais a produção.

3. ELEMENTOS DE SISTEMA ENXUTO EM UMA EMPRESA

O objetivo do estudo em questão era compreender os aspectos de aplicabilidade dos conceitos do Pensamento Enxuto em uma empresa. Ao longo do segundo semestre de 1996 foram realizadas visitas a uma empresa do setor metal-mecânico do Rio de Janeiro para se observar seu sistema de produção e realizar entrevistas com funcionários para se compreender as atividades desenvolvidas na fábrica.

A empresa pesquisada fabrica bombas industriais, peças sobressalentes e presta serviços de manutenção desses equipamentos. Atua principalmente nos setores petroquímicos, de saneamento e de irrigação. Possui 276 funcionários, sendo que 55% destes empregados diretamente na produção. Situa-se entre as três maiores do mercado brasileiro e seu principal produto são as bombas feitas sob encomenda, que representem 56% da receita total da firma. As peças sobressalentes são responsáveis por 35%, a assistência técnica 5% e as bombas padronizadas somente 4%. As atividades da empresa foram analisadas sob o prisma dos princípios do pensamento enxuto. As observações indicaram que a empresa não operava com um sistema enxuto.

Quanto à Especificação do Valor: a especificação do que realmente agrega valor ao produto é dificultada por dois problemas: ausência de abordagem direta de levantamento

das necessidades dos clientes e modelo desintegrado de desenvolvimento do produto. Clientes não são chamados a opinar sobre aquilo que desejam nas bombas fornecidas pela empresa. A tarefa de determinar o valor do produto fica limitada à percepção dos funcionários. Há separação das etapas de desenvolvimento (marketing, engenharia do produto, engenharia industrial e estimativa de custos) dificultando a compreensão das exigências dos usuários.

Quanto à Identificação da Cadeia de Valor: a grande quantidade de insumos e produtos com que a empresa trabalha torna a identificação da cadeia de valor complexa. Analisar todas as ações para desenvolver os inúmeros produtos, gerenciar a informação dos pedidos e transformar fisicamente os insumos é bastante difícil na empresa. O relacionamento superficial com os fornecedores não permite que a empresa conheça mais profundamente as atividades desenvolvidas pelos fabricantes de seus insumos. Desta forma, impede o mapeamento mais preciso da cadeia de valor de seus produtos.

Quanto ao Fluxo: as atividades realizadas na fábrica não fluem adequadamente devido a quatro fatores principais: *layout* funcional, divisão excessiva do trabalho, tempo elevado de preparação das máquinas, longos prazos de recebimento dos insumos e com baixa qualidade. Os equipamentos são agrupados por tipo de operação e separadas as tarefas de usinagem, controle de qualidade, manutenção, transporte e limpeza. Assim, o trabalho de supervisão da fabricação é complexo e com freqüentes esperas para transporte de peças, conserto de equipamentos, testes de qualidade etc. O tempo de preparação de máquinas é elevado. Os longos e instáveis prazos de recebimento de insumos geram grandes variações na produção, ocasionado ritmo intenso de fabricação em determinadas semanas, seguido de períodos de paradas. A baixa qualidade da matéria-prima recebida exige que os operários realizem retrabalhos, interrompendo o fluxo da produção.

Quanto à Produção Puxada: a introdução da produção *puxada* na empresa é dificultada pelos mesmos fatores que prejudicam a especificação do valor dos seus produtos. Apesar da fábrica acionar sua produção baseada somente nos pedidos efetivamente demandados, não formando estoques, a fragilidade do levantamento das necessidades dos clientes e o método desintegrado de desenvolvimento de produto impedem a adoção plena deste princípio na empresa. Há casos em que clientes recebem bombas não condizentes com os seus interesses como algumas cujos dispositivos de refrigeração são para ambientes agressivos mas são vendidas a clientes que não trabalham nestas condições. Assim o produto é *empurrado* para o cliente.

Quanto à perfeição: há dificuldade em se priorizar ações de melhoria e um ambiente pouco favorável para o surgimento de novas idéias, inibindo a empresa na busca da perfeição. Há falta de critérios objetivos para seleção dos problemas a serem atacados e para dar precedência àquelas melhorias que trarão benefícios mais relevantes para a empresa. Embora haja um programa de sugestões este requer efetiva implementação.

4.EVOLUÇÃO PARA O SISTEMA ENXUTO

Foram elaboradas propostas de intervenção para transformar em sistema enxuto o sistema de produção da empresa e eliminar ou reduzir os desperdícios identificados. As proposições foram elaboradas sobre quatro categorias: Recebimento de Insumos, Fabricação, Desenvolvimento de Produto e Aperfeiçoamento Contínuo.

Recebimento de Insumos: o elevado *lead time* dos produtos é um indicador de desperdícios. O recebimento de insumos é a principal contribuição com mais de 70% do tempo total. Modificações neste setor da empresa podem contribuir mais amplamente para a solução do problema.

Os insumos críticos são os fundidos e os motores elétricos. Para ambos, há necessidade de se aprimorar a seleção e o desenvolvimento dos fornecedores. É necessário trabalhar com um pequeno número de fornecedores e desenvolver um relacionamento de longo prazo para assegurar de forma consistente o cumprimento das datas de entrega e da qualidade.

A troca de informações entre a empresa e os fornecedores críticos precisa aumentar. Apesar da empresa manter alguns de seus funcionários nas fundições para assessorá-las não há mecanismo que permita a colaboração sistemática e ampla com o fornecedor. A empresa não deve, por exemplo, exigir simplesmente que uma fundição reduza prazos de entrega, mas sugerir também como fazer isso, partilhando melhorias que obtiveram sucesso em sua fábrica. Em contrapartida, os fornecedores têm que se empenhar em resolver os problemas detectados pelo cliente no menor prazo possível. A empresa passa a negociar com os fabricantes metas a serem atingidas e cobrar resultados previamente estipulados. Neste momento a compreensão do pensamento enxuto se faz necessária. O fornecedor é um parceiro. Práticas comuns como substituição frequente de fornecedores para obtenção de preços ou prazos menores inviabiliza relacionamentos mais profundos e duradouros, dificultando a obtenção de benefícios de maior impacto para a empresa.

Fabricação: As propostas relacionadas a fabricação são: modificação do *layout* funcional para celular, redução do tempo de preparação de máquina, formação de operários multifuncionais e melhoria da visualização dos processos no chão de fábrica.

O *layout* utilizado pela empresa é funcional com as máquinas agrupadas por tipo de operação. Cada peça tem um roteiro de fabricação distinto e cada etapa do processo é realizado em um setor diferente do chão de fábrica. O acompanhamento da produção se torna uma atividade complexa. Transportes das matérias-primas de um estágio para o seguinte são um dos retardadores para a finalização do produto.

Com *layout* celular, com as máquinas necessárias para fabricar a peça inteira agrupadas em uma mesma área da fábrica e dispostas sequencialmente, operários podem controlar o processo visualmente e o produto percorrer distâncias curtas entre as etapas, sendo qualquer anormalidade na confecção da peça rapidamente identificada.

Como a empresa fabrica produtos diferenciados e em pequenos lotes, a redução dos tempos de preparação de máquina se faz necessária para se ganhar flexibilidade e diminuir o *lead time* dos produtos. Há no mercado uma série de dispositivos que agilizam estas operações como mecanismos para a troca de peças, suportes de ferramentas mais adaptáveis e aparelhos de medição mais precisos e fáceis de manusear. Há também equipamentos que podem ser ajustados com rapidez para receber novas peças.

A terceira proposta é a formação de operários multifuncionais. Atualmente os funcionários são especializados na operação de um determinado equipamento. Além disso, quem opera a máquina não é responsável por entregar a peça usinada na etapa seguinte, verificar a qualidade do que foi produzido, conservar o local de trabalho organizado e limpo ou manter o equipamento em pleno funcionamento. Esses procedimentos geram esperas pois outros funcionários devem ser notificados para realizarem estas tarefas, afastando quem executa dos resultados do seu trabalho.

Para melhorar a visualização e a organização dos processos realizados no chão de fábrica, a primeira medida a ser tomada é descentralizar os almoxarifados de gabaritos, ferramentas, instrumentos de medição e de matérias-primas. Cada célula de fabricação terá seu depósito e os funcionários ficarão responsáveis em manter estes materiais devidamente dispostos e em condições de uso. Devem ser colocados quadros em cada célula para que as

ordens de fabricação possam ser direcionadas devidamente para os locais de usinagem e os operários controlarem o andamento do seu trabalho.

Nem sempre os operários serão capazes de realizar todas as atividades necessárias para a finalização correta do produto. Consertos mais complexos de equipamentos, inspeções e testes mais rigorosos, produção acima da capacidade e solução de problemas de maior gravidade são alguns exemplos de situações em que a ajuda de outros funcionários é requisitada. A introdução de dispositivos que indiquem a condição de produção de cada célula para todos os funcionários é importante para reduzir desperdícios com esperas. Por exemplo, sinal verde para a célula que estiver operando sem problemas, laranja para aquelas que estiverem com dificuldades e vermelho para as que estiverem paradas e precisando urgentemente de ajuda. O aviso de uma anormalidade em uma área da fábrica alerta funcionários de outros setores para a necessidade de reparação de um defeito. Dependendo do tipo e do grau do problema, operários multifuncionais que no momento estão ociosos ou exercendo atividades de menor importância podem ser deslocados para auxiliar na correção da anomalia, coordenados por um supervisor que avaliará os problemas e selecionará as pessoas que participarão da equipe de apoio.

Desenvolvimento de Produto: Melhorias nas atividades relacionadas ao desenvolvimento do produto requerem mudança estratégica da empresa. A revisão dos projetos desde sua concepção até sua fabricação deve ser uma tarefa fundamental para aumentar a competitividade através da redução de custos e melhoria dos produtos. A revisão não deve ser provocada pela alteração de uma norma técnica ou pela introdução de uma novidade por um concorrente. A mudança do projeto de um componente ou de uma bomba pode alcançar melhores resultados nos custos ou na produção do que, por exemplo, o aumento do lote de usinagem de peças ou a substituição de uma máquina. O desejo da empresa se tornar futuramente fornecedora mundial de um grupo de bombas industriais está diretamente condicionado à sua predisposição em reprojeter constantemente seus produtos.

Um segundo aspecto a ser aperfeiçoado é a identificação das necessidades dos clientes. Atualmente, não existe processo formalizado para esta finalidade. A gerência de marketing, a partir da experiência dos seus funcionários, define os atributos mais valorizados pelos clientes sem que estes sejam chamados a opinar sobre as características que uma bomba industrial deve conter. Ainda que os produtos em sua grande maioria sejam personalizados, há uma série de variáveis que o usuário tem pouco poder de ação, como a adaptação da bomba ao local onde será instalada. Mesmo que tenha alguma interferência, o seu desejo somente é atendido a um preço final bastante elevado.

Para solucionar este problema, a empresa precisa desenvolver um sistema formalizado de identificação de necessidades dos clientes. Isto pode ser feito através de pesquisas de mercado realizadas pelos próprios funcionários ou por firmas especializadas. Os clientes potenciais devem ser consultados sobre a configuração de bomba ideal para o seu caso: preço, funções essenciais e qualidade esperada.

A terceira iniciativa que a empresa deve tomar é integrar setores envolvidos com o desenvolvimento de produto. As principais etapas referentes a este processo (marketing, produto, engenharia industrial e custos) estão distantes entre si. O engenheiro do produto não sabe realmente quais características são desejadas pelos clientes e qual deve ser o foco do seus esforços para a redução de custos. Roteiros de fabricação são definidos posteriormente, restando poucas opções para o engenheiro industrial propor soluções que gerem maiores benefícios.

A gerência de marketing, as engenharias do produto e industrial e a divisão de estimativa de custos poderiam se integrar através da formação de equipes

multidisciplinares. Estas equipes seriam constituídas por funcionários de cada um desses departamentos e responderiam por todo o processo de desenvolvimento do produto, desde a definição das características a serem modificadas até a conclusão do projeto, passando pela determinação do preço final e do roteiro de fabricação ideal. A integração dos setores acelerará o processo de lançamento de melhorias dos produtos. As etapas poderão ser realizadas simultaneamente, eliminando as longas esperas existentes entre o encaminhamento do projeto de um departamento para outro. A intensificação da troca de informações entre os especialistas de cada área fará com que o resultado final se aproxime dos objetivos desejados pela empresa com a introdução da melhoria.

Aperfeiçoamento Contínuo: Para adotar o princípio da perfeição na empresa a primeira medida a ser tomada é a introdução de metodologia que focalize os problemas a serem enfrentados prioritariamente. A empresa possui em seu catálogo uma ampla variedade de bombas industriais e cada uma delas é formada por dezenas de componentes distintos. A introdução de um método que indique onde os esforços devem ser concentrados viabilizaria a criação de soluções de maior impacto para a empresa em prazos curtos. Para isso, é preciso inicialmente selecionar as bombas que possuem os maiores mercados, proporcionando vendas e lucros maiores e as de importância estratégica, com mercado futuro promissor, que garantem boa imagem para a empresa ou que inibem o avanço de concorrentes. A partir daí, optam-se por aquelas que a empresa acredita possuir maior competência para desenvolvê-las, considerando as habilidades dos funcionários, os recursos disponíveis e o poder dos concorrentes.

Com a determinação das bombas que serão aperfeiçoadas, a etapa seguinte é definir componentes que receberão atenção especial neste processo. As peças que representam os maiores custos da bomba ou aquelas capazes de oferecer benefícios reais aos clientes devem ser priorizadas. Desperdiçar energia na melhoria de componentes que não influem praticamente no preço final ou não agregam valor ao produto é desperdício de tempo.

Nos casos em que a empresa pretende diminuir gastos, é fundamental analisar a sua participação sobre os custos da peça. Ou seja, é preciso diferenciar qual a influência da empresa e dos fornecedores sobre o valor final do componente. Desta forma, dependendo dos resultados obtidos, as ações podem ser canalizadas, por exemplo, para a aquisição de matérias-primas mais baratas, revisão do projeto para reduzir o peso da peça ou para a modificação dos processos de fabricação.

O segundo passo para incentivar o aperfeiçoamento contínuo na empresa é reformular seu programa de idéias. Há possibilidade de se aumentar a taxa de 46% de idéias aproveitadas e fazer crescer significativamente a razão de 0,2 idéias por funcionário observadas a cada ano estimulando os funcionários a participar mais intensamente do programa. A empresa precisa primeiramente estabelecer periodicamente alguns pontos prioritários a serem focalizados pelos funcionários. Por exemplo, em determinado mês do ano propostas que reduzam os custos de fabricação de carcaças serão privilegiadas. Desta forma, melhorias relacionadas a estes aspectos receberão gratificações maiores. Isto evita, em parte, a dispersão de esforços de aperfeiçoamento em sugestões que não surtirão efeito para a empresa e acelera a solução dos seus problemas mais importantes.

Em segundo lugar, aquelas idéias que resultam em maiores benefícios para precisam ter remuneração proporcional aos benefícios gerados. Este é um poderoso instrumento de estímulo já que, em grande parte das vezes, sugestões de maior impacto necessitam de um estudo mais aprofundado. Sem uma gratificação adequada, propostas de maior relevo tendem a ser abandonadas pelos seus idealizadores.

A terceira modificação é fornecer treinamento periódico para auxiliar os funcionários a analisarem problemas e construírem soluções. Atualmente, os trabalhadores não recebem instrução sistemática com esta finalidade. Assim, ainda que existam pessoas extremamente criativas na empresa, o desconhecimento ou a falta de intimidade com uma metodologia de apoio adequada inibe a formulação de sugestões mais efetivas. Cursos deste gênero, combinado com um sistema de gratificações mais agressivo, podem ser um importante fator de incentivo a participação dos funcionários no programa de idéias.

5. CONCLUSÃO

A implantação de Sistemas Enxutos em empresas brasileiras é um assunto com grande teor de novidade. Iniciativas para introdução de princípios enxutos no país são extremamente recentes (p. ex.: na montadora de automóveis da Toyota e nas fábricas de caminhões da Volkswagen e da Mercedes-Benz). Este estudo buscou implementar os princípios do Sistema Enxuto em uma empresa e verificar a conveniência de sua aplicação.

A partir da análise das atividades da empresa, foram identificados desperdícios em várias áreas. Neste sentido, o pensamento enxuto se mostrou particularmente adequado. A divisão das ações em três tarefas: transformação física, gerenciamento da informação e desenvolvimento de produto; a noção integrada da cadeia de valor e o foco das atenções no produto facilitaram a visualização das atividades não geradoras de valor.

A aplicação dos princípios enxutos também revelou-se apropriada para a empresa. Através da análise dos desperdícios, constatou-se a conveniência e a viabilidade de implantação do modelo de sistema enxuto.

Evidentemente, há muitos pontos a serem esclarecidos e aprofundados, a partir das questões discutidas neste estudo. Os resultados da introdução do Sistema Enxuto precisam ser avaliados futuramente. Além disso, a forma como será implementada cada proposta sugerida na fábrica é um assunto que merece pesquisas específicas.

REFERÊNCIAS

1. CABRAL, Rodrigo Hervé Quaranta. *Aplicação do Sistema Enxuto em uma Empresa do Setor Metal-Mecânico*, Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, março 1998.
1. OHNO, Taiichi. *O sistema Toyota de Produção*, Porto Alegre, Ed. Bookman, 1997.
2. WOMACK, James & JONES, Daniel, *Lean Thinking*, New York, Ed. Simon & Schuster, 1996.
3. WOMACK, James, JONES, Daniel & ROOS, Daniel, *A máquina que mudou o mundo*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1997.