



## **Tecnologia do Tamanho Certo – um conceito de gestão tecnológica no Modelo de Produção Enxuta.**

**Tema:** Competitividad sistémica, industrial empresarial y el papel de la capacitación tecnológica.

**Categoria:** Trabajo acadêmico

Alvair Silveira Torres Junior  
Universidade de São Paulo - Fea/USP  
**E-mail:** alvair@uol.com.br

### **Resumo:**

Na literatura sobre o modelo de produção enxuta a variável tecnológica não é aspecto que se apreende como central na difusão do sistema. A tecnologia aparece na forma marginal e secundária em relação a outros elementos que são mais enfatizados pelos diversos autores, tais como just-in-time e a qualidade no processo. No Brasil, identificamos uma multinacional automobilística cuja planta introduziu a produção enxuta na década de 90 com consultoria de Chihiro Nakao, discípulo direto de Ohno da Toyota, sendo considerada exemplo internacional na difusão do modelo (WOMACK, 1996). Objetivamos investigar qual o papel da tecnologia na introdução da produção enxuta nesta planta-modelo, focando a transferência de conhecimento do consultor ex-Toyota e a internalização pela empresa. Empreendemos pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso simples embedded (YIN, 1988). Como parte do estudo de caso realizamos uma pesquisa-participante com o grupo de técnicos da empresa cujo objetivo era desenvolver um novo equipamento para a produção. Visamos entender como esse procedimento se vinculava, e em que grau, com os princípios da produção enxuta difundidos na organização. Como resultado, identificamos na forma de pensar a arquitetura do equipamento a estratégia de gestão da tecnologia no modelo enxuto, denominando-a de tecnologia do tamanho certo e esclarecendo em detalhes este ponto da literatura. Subordinado ao princípio mais geral da produtividade global, avaliou-se os elementos tecnológicos e suas conexões quanto às exigências de flexibilidade, sincronização com a demanda e eliminação de desperdícios, requeridas pelo modelo enxuto. O equipamento concebido contribuiu para mais fatores da produtividade global do que similares tradicionais. Partiu-se da especificação da tarefa de produção para sua representação na tecnologia da máquina, realizando-se flexível e modular para atender a sincronia com a demanda, e o mais simples possível para realizar a eliminação de desperdícios.

**Palavras-chave:** máquinas, produção enxuta, tecnologia de produção, toyotismo, planejamento de investimentos.



## 1. Introdução

A tecnologia de produção aparece como um fator pouco explorado nos trabalhos de difusão do modelo de produção enxuta, no qual a Toyota é a empresa mundialmente reconhecida como pioneira ao criar um Sistema de Produção voltado à melhoria contínua dos indicadores de produtividade e qualidade. A variável tecnológica é tratada com menor profundidade em relação a outros elementos que são mais enfatizados pelos diversos autores: just-in-time, as parcerias com fornecedores, o desenvolvimento de produtos e a qualidade embutida no processo, dentre outros aspectos mais estudados do modelo.

Por outro lado, Taiichi Ohno, principal responsável pelo Toyota Production System - TPS na época de sua criação, identifica ao lado do Just-in-time o conceito de automação com toque humano, nomeado pela expressão *autonomação*, como um dos pilares do Sistema (OHNO, 1988). Tal conceito, entretanto, levou ao estabelecimento de mais dúvidas do que esclarecimentos sobre o papel da tecnologia no modelo da produção enxuta, isto é, qual seria a contribuição da tecnologia de produção para os princípios mais gerais do sistema? Embora Ohno e demais autores discutam a questão estabelecendo conceitos de automação de baixo custo, automação com toque humano, máquinas inteligentes, baixa eficácia de máquinas de alta velocidade, os conceitos estabelecidos provocam dúvida no entendimento, principalmente para aqueles que estão envolvidos com sua aplicação prática. Adicionalmente, o estudo do MIT no final da década de 80, comparando as plantas automobilísticas dos países industrializados, divulgado no livro *a Máquina que Mudou o Mundo* (WOMACK, JONES e ROOS, 1992), estabelecia uma correlação significativa de  $-0,67$  entre automação e produtividade (horas/veículo) nas principais empresas automobilísticas do mundo, mas, ao mesmo tempo, ponderava esse achado com a constatação de que a mais produtiva empresa do mundo, uma planta japonesa que mais tarde WOMACK e JONES revelaram ser a Toyota (1998, p.266), era a menos automatizada, contribuindo ainda mais para obscurecer ou tornar inconclusivo o real papel da tecnologia no modelo enxuto de produção.

Nossa pesquisa visa contribuir para esclarecer qualitativamente esse papel da tecnologia na produção enxuta, ao estudar a transferência de conhecimento desse modelo para uma planta automobilística no Brasil, através de um programa de consultoria conduzido por um discípulo direto de Taiichi Ohno da Toyota.

Empreendemos pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso simples *embedded* (YIN, 1988). Como parte do estudo de caso realizamos uma observação-participante (YIN, 1988, p.92) com o grupo de técnicos da empresa cujo objetivo era desenvolver um novo equipamento para a produção. Visamos entender como esse procedimento se vinculava, e em que grau, com os princípios da produção enxuta, difundidos na organização.

A partir do estudo de caso descrevemos a técnica utilizada na concepção de máquinas e equipamentos, transferida pelo consultor, a mesma difundida na Toyota, e analisamos os seus vínculos com os princípios mais gerais do modelo, de modo que, ao final, concluímos que esse procedimento levou a uma condição não explícita, mas prática, de gerir a tecnologia de produção através de uma forma particular de pensar a arquitetura dos equipamentos. Subordinados ao princípio mais geral da produtividade global, os elementos tecnológicos e suas conexões foram avaliados segundo sua capacidade de contemplar as exigências de flexibilidade, sincronização com a demanda e eliminação de desperdícios, requeridas pelo modelo enxuto. O equipamento concebido contribuiu para mais fatores da produtividade global do que similares tradicionais. Partiu-se da especificação da tarefa de produção para sua



representação na tecnologia da máquina. A máquina surgiu como arquitetura final da representação tecnológica dos elementos mais gerais do sistema de produção, realizando-se flexível e modular para atender a sincronia com a demanda, e o mais simples possível para realizar a eliminação de desperdícios. Denominamos esse princípio de tecnologia do tamanho certo, ampliando e descrevendo mais detalhadamente aspectos tecnológicos do toyotismo presente na literatura.

O tema se mostra atual na medida que a Toyota, criadora do sistema, retorna às notícias da imprensa de negócios como a empresa com a lucratividade mais consistente das automobilísticas nas últimas décadas e no ano de 2004 superou a Ford na produção total de veículos ( VALOR ECONÔMICO, 9/2/2005; EXAME, 29/09/2004).

## **2. Fundamentos Teóricos – A tecnologia do tamanho certo no Sistema Toyota de Produção.**

A aparente dubiedade sobre o papel da tecnologia de produção no toyotismo exige uma leitura mais atenta dos dados qualitativos disponíveis na literatura e sua complementação ou verificação com outros dados coletados em campo. Womack e Jones (1998, p.299) trazem alguns desses dados e introduzem o conceito de *right size tool*, através desse conceito os autores discutem o princípio segundo o qual na Toyota os meios de produção devem ser adequados ao nível da demanda, sem incorporar capacidades adicionais tendo em vista previsões de crescimento ou mudanças futuras, as quais, em geral, são incertas, estão no campo das probabilidades e sujeitas à alterações, as quais aumentam os investimentos. Daí decorre a idéia de automação de baixo custo ou a eliminação de desperdícios no excesso de automação.

Fundada nos conceitos desenvolvidos no Toyota Production System - TPS (OHNO, 1988), a produção enxuta - lean production system - tem na eliminação de desperdícios e redução contínua dos custos os princípios mais básicos e visíveis no seu desenvolvimento. O just-in-time é uma das expressões mais conhecidas desses princípios. Produzir na quantidade certa e na hora certa é uma das preocupações dessa estratégia que visa atender à demanda, sem, contudo, gerar excessos de produção e colocar linhas de montagem em marcha sem que haja pedidos do mercado. Ficou mais conhecido como a produção sem estoques. Entretanto, em se tratando dos alicerces do sistema, seria de se esperar que esses princípios alterassem a forma da organização escolher o padrão tecnológico e realizar seus investimentos. Womack e Jones (1998, p.299) destacam como consequência evolutiva dessa abordagem a adoção da condição de se planejar a ferramenta do tamanho certo, isto é, recursos concebidos com padrão tecnológico e quantidades adequadas ao que a demanda requer. Os autores observam que a produção enxuta deve evoluir para um sistema de negócios – lean management - no qual as ferramentas desse sistema – equipamentos utilizados, tecnologias, sistemas de gerenciamento da informação e agrupamentos organizacionais – sejam flexíveis, mais simples e eficientes, podendo ser deslocadas na cadeia de valor conforme necessidade do produto e demanda específicas, mediante nenhuma ou poucas modificações, de forma a combater o que eles classificam como a “velha tendência por ferramentas grandes, rápidas, sofisticadas, exclusivas e centralizadas” do gerenciamento tradicional (WOMACK e JONES, 1998, p.299).

Ohno (1988) também qualifica o uso específico da tecnologia e da automação em seu sistema de produção. Em seu livro discute a *autonomação*, automação com toque humano, como um



dos pilares do modelo. O autor adverte para a diferença da *autonomação* em relação à simples automação, na medida em que a ênfase não é dada sobre a mera implantação do trabalho automático da máquina, mas, especificamente, que isto seja capaz de evitar os produtos defeituosos e superprodução de forma autônoma. Ainda em seu livro, Ohno (1988, p.78) chama a atenção para a diferença entre as máquinas de alta produtividade e de alta velocidade, afirmando que são duas coisas não necessariamente relacionadas, afinal alta velocidade pode criar problemas de superprodução e de continuidade da produção com redução da vida útil ou excesso de manutenção.

Mondem (1983) esclarece um pouco mais esta visão toyotista sobre a automação e o uso da tecnologia quando discute que a palavra *jidoka* traduzida num primeiro sentido como automação, isto é, a mudança de um processo manual para um processo automático, tem na verdade um segundo significado usado na Toyota, descrevendo o automático controle de defeitos, traduzido como *autonomação*, cuja efetivação em geral envolve algum tipo de automação, mas não é limitado aos processos com máquinas, podendo ser usado com operações manuais (MONDEM, 1983, p.141).

Nesse sentido o autor resume a busca das melhorias de produtividade em duas direções: manual e máquinas. A primeira envolve a definição de trabalho padrão e a flexibilidade no uso da mão de obra e a segunda, introdução de novos equipamentos como robôs e máquinas automáticas. Na Toyota, adverte Mondem, a melhoria manual precede a melhoria em máquinas. Ainda segundo o autor, a melhoria através das máquinas com processos automáticos apresenta dois problemas que aqui também servem para fazer a mesma relativização encontrada em Ohno sobre o uso da automação. Primeiro, ainda que a introdução de máquinas automáticas reduza a mão de obra em um dado posto em 0,9 homens, será necessário permanecer 0,1 pessoas no trabalho, isto é, ainda será preciso manter o homem no posto. De outro lado, parte da tecnologia de máquinas comercialmente disponível exige a fixação de mão de obra para assisti-la e reduz a flexibilidade na alocação da força de trabalho. Aqui também, a exemplo de Ohno, a automação no modelo Toyota surge com uma peculiaridade conceitual, entretanto, não é examinada em detalhes e deixa dúvidas sobre como essa tecnologia ou automação mais apropriada ao modelo é concebida e dosada.

Outro autor, Suzaki (1987), mais detalhista na descrição das técnicas, define *jidoka* ou *autonomação*, como a capacidade autônoma da máquina fazer um julgamento. Sem isso, completa, a máquina pode mover-se por si só, mas não pode trabalhar para o homem. Incorporando essa capacidade ao trabalho automático, o homem pode ser realmente desvinculado do trabalho da máquina. Da mesma forma encontrada nos outros autores, uma primeira impressão de que isso conduza à automação sofisticada é contida pelo conceito de automação de baixo custo descrita pelo autor. Pondera Suzaki (1987, p.60) que as máquinas comercializadas no mercado tornam-se caras porque precisam ser suficientemente versáteis para dar conta de todos os potenciais compradores. A solução é introduzir pequenas melhorias de automação em equipamentos existentes ou, construir pequenos equipamentos e dispositivos dedicados. Apesar de detalhar um pouco mais o que seriam esses equipamentos, Suzaki também não discorre sobre seu processo de concepção, tão somente menciona que muitos desses mecanismos não são inventados por engenheiros, mas produto da criatividade de pessoas da produção, sem educação formal.

Suzaki (1987, p.61) ressalta a diferença da prática tecnológica no modelo enxuto quando estabelece o benefício da automação de baixo custo em relação às máquinas ou super máquinas, como ele diz, cuja complexidade pode prejudicar a eficiência da fábrica como um



todo, ainda que sejam mais rápidas. O autor argumenta, ainda, que grandes investimentos de capital exigem seu aproveitamento total, logo o fluxo converge para essas máquinas, prejudicando a flexibilidade e requerendo excessos de estoque (SUZAKI, 1987, p.62).

Fujimoto (1999,p.69-70), ao analisar a evolução do sistema de manufatura na Toyota, interpreta que a proposição do *jidoka- autonomia* apresenta, em certa medida, essa oposição ou relativização das soluções high-tech, porque uma detecção e correção automática são possíveis e viáveis, mas considera-se que elas possam encobrir o problema e dificultar a análise e identificação da causa-raiz pelos trabalhadores, base do toyotismo, tendo em vista a eliminação de desperdícios. O autor levanta, então, uma interessante questão: se o conceito *jidoka* foi deliberadamente selecionado como uma ferramenta para identificar problemas ou foi assim concebido devido à falta de tecnologia avançada ou, ainda, para economizar investimentos. De uma forma ou de outra, interpretamos o questionamento de Fujimoto na direção da pesquisa que realizamos, isto é, há uma opção por um caminho na gestão tecnológica da produção embutido no sistema, o qual a literatura demonstra ser relevante para o sucesso da implementação do modelo, mas não detalha sua operacionalização.

Mais recentemente Liker (2004) comenta que a Toyota tem adquirido todos os tipos de nova tecnologia, mas não necessariamente as têm usado intensamente. O autor afirma que a Toyota se move vagarosamente na adoção de novas tecnologias pelo fato de considerar que muitas delas têm falhado em seu teste de auxiliar pessoas, processos e seus valores (LIKER, 2004, p.160). Ainda que nos encontremos em plena era digital, a Toyota continua a privilegiar os processos manuais e simples sistemas de trabalho. Assim, a Toyota não é uma líder na adoção de tecnologia, mas se sobressai no uso do valor agregado que uma dada tecnologia possa possibilitar ao suportar apropriadamente processos e pessoas. Descreve Liker que a Toyota procura primeiro melhorar o processo com o equipamento, a tecnologia e as pessoas existentes, só depois, analisa o quanto de valor agregado será possível com novas tecnologias. Então, elas são cuidadosamente avaliadas quanto a não haver conflitos com os princípios mais gerais do modelo, segundo o autor, tendo em vista a eliminação do desperdício e valorização do homem no lugar da tecnologia. Não se aplica a tecnologia para romper com o processo e sim para melhorá-lo. Para Liker tal crença consiste em um princípio do jeito Toyota: use somente tecnologia confiável e rigorosamente testada,, servindo às pessoas e processos. (LIKER, 2004, p. 166).

Comparando os autores, o papel da tecnologia no modelo de produção enxuta manifestado em regras ou princípios de automação de baixo custo, automação confiável e testada, *autonomia, jidoka*, representa o que preferimos denominar de movimento pela tecnologia do tamanho certo, adaptado da expressão Right Size Tool de Womack e Jones, consistindo em uma instrumentalização da tecnologia de produção para o alcance da produtividade global: de um lado, no numerador, aumentando as saídas com a sincronização da produção e mercado, auxiliado por uma tecnologia que possibilite a flexibilidade em atendê-lo, de outro, no denominador, por uma ação voltada à minimização dos recursos, eliminando desperdícios, com uma tecnologia que não exceda às necessidades e seja exatamente apropriada para atender a demanda e exigências do cliente. Essa tecnologia do tamanho certo, entretanto, precisa ser melhor entendida. Se de um lado a Toyota é a menos automatizada das mais produtivas plantas mundiais, e Womack e Jones ( 1998, p.266) mencionam o caso de uma planta da Toyota que buscou mais automação e teve insucessos, servindo para firmar o cuidado com a automação excessiva, mais recentemente notícias dão conta que a empresa investe em robôs de última geração (LIKER, 2004). Como se dá, portanto, esta tecnologia do tamanho certo,



como é feita sua gestão, ela subordina-se de fato aos pilares mencionados por Ohno, e como isso se forma? Como é estabelecida em cada lugar da fábrica essa decisão por um certo grau de automação? Uma automação apropriada em relação a quê? Como se coordena isso? Tais perguntas não são respondidas pela literatura e suscitam o objetivo desta pesquisa. Neste trabalho pretende-se dar uma contribuição para entender o papel da tecnologia no ciclo virtuoso da melhoria da produtividade global no modelo enxuto, identificando como é feito esse tipo de Gestão Tecnológica da Produção que parece estar embutida nos princípios originais do modelo Toyota.

Por outro lado, a luz do pensamento estratégico, a tecnologia é meio para alcançar metas estratégicas, mas também pode se configurar em estratégia principal. Pode ser um recurso estratégico e também um valor dado para o mercado. No primeiro, o mais comum nos manuais de engenharia de produção, ressalta-se a tecnologia como meio para obter o desempenho competitivo no mercado (SLACK, 1998). No segundo, os trabalhos da VBR ou, na abordagem mais empresarial das competências essenciais de Hamel e Prahalad (1995), a tecnologia surge como objeto da competição e da estratégia.

A visão baseada em recursos (VBR), é uma crítica que se faz às escolas de posicionamento estratégico e sua excessiva atenção às influências no sentido de fora para dentro da organização, enquanto a VBR busca no interior das nações e organizações, oportunidades de criar novas condições no ambiente (MINTZBERG et alli, 2000).

Em nosso caso, portanto, estudar a tecnologia no modelo enxuto pode ser dificultado pelo fenômeno da difusão tecnológica, tendo em vista sua importância estratégica como meio ou fim, havendo o perigo de confundir-se os objetos. Adoção e difusão de padrões tecnológicos no mercado é um dos casos já descritos em que a economia demonstra sua natureza e propriedades de sistema complexo (ARTHUR, 1989), uma vez que a difusão tecnológica pode tornar-se presa à eventos históricos de adoção de padrões ou compreensões errôneas que necessariamente não são eficientes. Exemplo é o do teclado de máquinas de escrever e computadores com padrão QWERTY, desenvolvido em 1873 com a finalidade de tornar a digitação mais lenta, portanto menos eficiente (NUSSENZVEIG, 2003, p.24) - uma vez que se queria evitar a quebra das máquinas no seu uso com muita rapidez – mas, hoje, domina os teclados. Outro exemplo é da difusão da tecnologia VHS e sua supremacia em relação à Betamax nos equipamentos de videocassete.

No caso brasileiro essa investigação torna-se mais delicada na medida em que as organizações são influenciadas por vastas noções pré-estabelecidas de padrões tecnológicos internacionais. Uma vertente da crítica brasileira em administração (MOTTA e CALDAS, 1997) sempre salientou nossa situação de dependentes tecnológicos e reprodutores de padrões técnico-administrativos de uma tecnocracia internacional. Portanto, uma investigação dessa natureza poderia vir a se deparar com profissionais reproduzindo padrões tecnológicos do primeiro mundo. Em geral, tais padrões são caracterizados por máquinas com alto grau de automação embarcada e preparadas para altos volumes de produção.

Tais considerações aqui são feitas tendo em vista a oportunidade que o presente estudo buscou aproveitar de pesquisar a transferência para uma planta brasileira, do modelo enxuto, através da prática original de um consultor ex-Toyota e discípulo direto de Ohno, o engenheiro Chihiro Nakao, integrante do grupo de Ohno responsável pela difusão dos conceitos dentro da própria Toyota (WOMACK e JONES, 1998, p.245). Estudar tal oportunidade objetivou reduzir as variáveis de confusão do problema de difusão tecnológica, justificando-se assim a adoção do estudo de caso.



### **3. Método: Estudo de caso – a transferência dos conceitos do modelo enxuto para uma empresa brasileira.**

De acordo com Yin (1988) um estudo de caso aplica-se preferencialmente quando a pergunta básica é como ou por que, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos ou o foco é um fenômeno contemporâneo, orgânico ao contexto da vida real (YIN, 1988, p.13).

A essência do estudo de caso, ainda segundo YIN (1988, p.22) é desvendar a decisão ou conjunto de decisões: por que elas foram tomadas, como foram implementadas e quais os resultados obtidos.

Pois bem, no Brasil tivemos a oportunidade singular de investigar uma organização no interior de seu contexto administrativo, exemplar na adoção do modelo de produção enxuta, seja pelos resultados e reconhecimento do mercado, mas principalmente, pela transferência original realizada por um discípulo de Ohno. Nesse caso particular, poderíamos investigar como a transferência original da prática do modelo enxuto incorporava a decisão da forma da tecnologia a ser adotada. A escolha desse particular processo de transferência de conhecimento facilitaria o foco sobre essa variável, uma vez que, em outra situação, os problemas da difusão tecnológica e sua aculturação, discutidos na fundamentação teórica, poderiam dificultar ainda mais a observação do vínculo da tecnologia com os conceitos previstos na literatura. Ao transferir ou ensinar algo, o agente da transferência é levado a ressaltar os princípios originais, fruto de anos de prática.

Delineava-se, portanto, um estudo de caso simples, pois a oportunidade, dada suas peculiaridades, representava um caso único, no qual a transferência do conhecimento era a partir de um pioneiro na construção do modelo. Uma segunda justificativa é o caso ser revelador (YIN, p.48) na medida que o pesquisador tinha a oportunidade de observar e analisar um fenômeno inacessível à investigação científica.

De fato, a planta da multinacional do ramo automobilístico mostrou-se uma oportunidade singular para o pesquisador que busque apreender as bases da difusão do modelo da produção enxuta. No período 1995-2000 essa unidade contratou a consultoria de Chihiro Nakao, ex-funcionário da Toyota e presidente da consultoria Shingi-jutsu. Conta-nos Womack e Jones (1988, p. 271) que Ohno em vias de se aposentar passou a fazer consultorias em empresas do Grupo Toyota e posteriormente em empresas fora do grupo. Nakao é um dos que auxilia o mestre nessa tarefa e recebe ajuda dele na fundação de sua consultoria. Inicia, então, carreira própria de consultor, primeiro com empresas japonesas e, depois, com empresas de outros países, como a Porsche e a planta brasileira que ora estudamos. Portanto, é singular estudar a forma e as ferramentas pelas quais esse discípulo direto do original toyotismo transmitiu a prática do modelo enxuto.

Por outro lado já havíamos realizado um estudo de caso nesta empresa no período 1998-1999 para investigar o processo mais geral de implantação e aculturação posterior do modelo enxuto na organização. Parte dos dados então coletados, aproveitamos agora no aprofundamento da questão da variável tecnologia no processo de transferência dos conceitos do modelo enxuto, em especial, o re-exame de dados que obtivemos em contato pessoal com o consultor Nakao naquela ocasião. Tal objeto, mais restrito, encaixado na realidade mais ampla da empresa e do próprio fenômeno de implantação, constitui aquilo que Yin (1988, p.49) chama de unidade de análise e fundamenta nosso segundo passo no desenho do estudo: um caso simples *embedded*. Nossa unidade de análise foi a transferência dos conceitos do modelo enxuto, procurando identificar nele as influências da tecnologia de produção, encaixado na realidade mais ampla



da implantação de todo o modelo enxuto e a sua prática pela empresa. Um dos perigos neste tipo de investigação é, segundo Yin (1988, p.50), privilegiarmos os dados dessa unidade de análise a ponto de torná-la objeto, enquanto, de fato, ser quer isso como contexto. A advertência de Yin é importante para nosso desenho de pesquisa na medida em que aproveitamos dados de estudo de caso anteriormente empreendido nesta organização, porém como contexto e não como objeto, assim como, a unidade de análise sob foco da investigação de como a tecnologia é vista nos conceitos transferidos, não deve esquecer que tais conceitos são instrumentos para uma unidade maior: o modelo e seus princípios mais gerais.

A planta sob análise, fábrica da indústria automobilística, vem desde 1994 aplicando os conceitos da produção enxuta. Recentemente, em 2003, foi considerada dentro do grupo mundial, depois de auditorias realizadas em todas as plantas do mesmo negócio, como aquela que apresentou maior grau de adequação de suas práticas ao que se convencionou chamar de Sistema de Produção e que visa padronizar, entre as plantas do mundo, a prática da Gestão Enxuta. Aproveitamos dados de entrevistas, observações diretas, documentos e dados quantitativos coletados na época 98-99 e realizamos nesse segundo estudo uma repetição na observação de como a prática do modelo enxuto continuava na empresa. Conjunto de dados coletado no primeiro estudo e objeto de re-exame nessa segunda investigação foi a participação do pesquisador em workshops conduzidos pelo consultor Nakao.

Especialmente para entender a transferência de conhecimento, esses dados foram fundamentais e estão inseridos no tópico de dados coletados, através da descrição que fazemos das etapas do workshop com o consultor. Na segunda investigação a empresa autorizou reproduzirmos o método do workshop em uma aplicação para desenvolvimento de um conceito de processo e equipamento de manufatura. Realizamos, então, uma observação participante em 2004 com um grupo de técnicos da empresa cujo objetivo final era desenvolver esse novo equipamento para a produção. O instrumento de pesquisa visou avaliar, depois de alguns anos da transferência do conhecimento, sua aplicabilidade e explorar mais detalhadamente aspectos de como o procedimento descrito se vincula com os princípios da produção enxuta. Comparamos seu resultado com os padrões tradicionais de mercado das tecnologias de máquinas de produção. Segundo Yin (1988, p.92) a observação participante é um modo especial de observação no qual o pesquisador não é meramente um observador, ele assume papéis diferentes na situação estudada e pode realmente participar dos eventos estudados. Esse dado de coleta evidentemente traz perigos de parcialidade, mas foi devidamente controlado graças ao benefício da comparação com os grupos conduzidos pelo consultor e observados na primeira investigação de 98-99. Essa comparação com observações em outros momentos é fundamentada na previsão que Yin (1988, p.122) faz sobre repetidas observações serem válidas tanto para o mesmo lugar, quanto para outras unidades de análise encaixadas no mesmo caso.

#### **4. Dados Coletados: Transferência do Modelo da Produção Enxuta e o procedimento 3P.**

##### **4.1. Contexto**

A montadora é líder em seu mercado e apresenta um histórico favorável de lucratividade em sua atuação no Brasil. Em sua trajetória, desde a década de 50, apenas uma vez apresentou



prejuízos. É caracterizada também por ser relativamente verticalizada, produzindo boa parte de seus componentes em seu parque de máquinas.

A montadora em maio de 94 decide iniciar a implantação do sistema de produção com base nos princípios do Sistema Toyota de Produção. Essa decisão visava trazer mais competitividade à unidade brasileira tendo em vista o acirramento da concorrência com a abertura dos mercados. A produtividade precisava ser aumentada e os custos de produção reduzidos. Foi adotada a estratégia do Kaizen ( melhoria contínua) na implantação, por meio da qual consultores internacionais associados, japoneses e americanos, liderados por Chihiro Nakao, iniciam uma série de visitas periódicas à Fábrica, com duração de uma semana e distribuídas numa média de 6 semanas ao longo do ano, realizando em cada uma das visitas cerca de 6 a 8 workshops.

Cada semana se constitui em um workshop e em cada um são formados de 6 a 8 grupos interdisciplinares e multidepartamentais. Cada grupo tem a tarefa de aplicar os conceitos da produção enxuta para a melhoria do desempenho de determinado processo ou operação da fábrica. Os grupos, orientados por um consultor, procuram identificar os diversos tipos de desperdícios segundo o conceito do toyotismo, e propor soluções de forma a eliminá-los e criar um fluxo de trabalho mais ágil e flexível.

Na medida em que os Kaizens foram sendo realizados disseminou-se a cultura do modelo da produção enxuta na empresa. Iniciaram-se os Kaizens autônomos, de iniciativa do pessoal interno e sem a participação dos consultores. No final de 1999 cessa a participação da consultoria externa e alguns Kaizens passam a ser assistidos por consultores internos, os chamados facilitadores ou multiplicadores. Em meados de 2001 termina a contabilização dos Kaizens e eles continuam sendo realizados, porém sem um controle centralizado.

Com particular interesse para nossa investigação sobre o aspecto tecnológico do modelo de produção enxuta, identificamos no ano seguinte ao início da implementação do modelo na empresa, em 1995, a introdução do conceito de Kaizen de Preparação da Produção que visava estender os conceitos do Sistema Toyota da Produção à fase de projeto do sistema de produção e concepção dos equipamentos. Nesses Kaizens de preparação de produção Nakao transferiu o conhecimento da ferramenta do 3P - Production Preparation Process. Foi possível consultar 17 registros completos de kaizens-3P, contendo anotações e desenhos ilustrativos das etapas.

O 3P é um procedimento com vistas a desenhar processos de produção apropriados aos preceitos do modelo da produção enxuta, os chamados processos enxutos, criando fluxos de valor que tragam uma radical inovação do estado atual de produzir, o chamado *kaikaku*. Processos enxutos são aqueles, por natureza, redutores dos desperdícios e das limitações ao fluxo e ao sistema de puxar a produção. São três passos básicos:

- 1) Na primeira etapa o grupo desenha no mínimo 7 alternativas de conceitos de processamento que venham a ser plausíveis na obtenção das especificações, pensando apenas no núcleo da operação. Vide fig 1 - mostrando a geração de alternativas para unir a chapa em formato de tubo. Não se registra determinado processo ou máquina como objetivo, mas a união da chapa para a qual pode-se ter uma determinada forma de solda como alternativa, ao lado de outras maneiras de soldar ou outros processos de união.

- 2) Os processos alternativos são então postos sob avaliação de 14 ou mais requisitos adotados no Sistema de Produção Toyota e descritos na literatura, tais como *jidoka*, *poka-yoke*, *one-piece-flow* etc. Cada alternativa de processo recebe notas consensuais do grupo em cada requisito. As três melhores alternativas, segundo a pontuação total recebida do grupo, passam para a etapa seguinte, etapa da simulação.

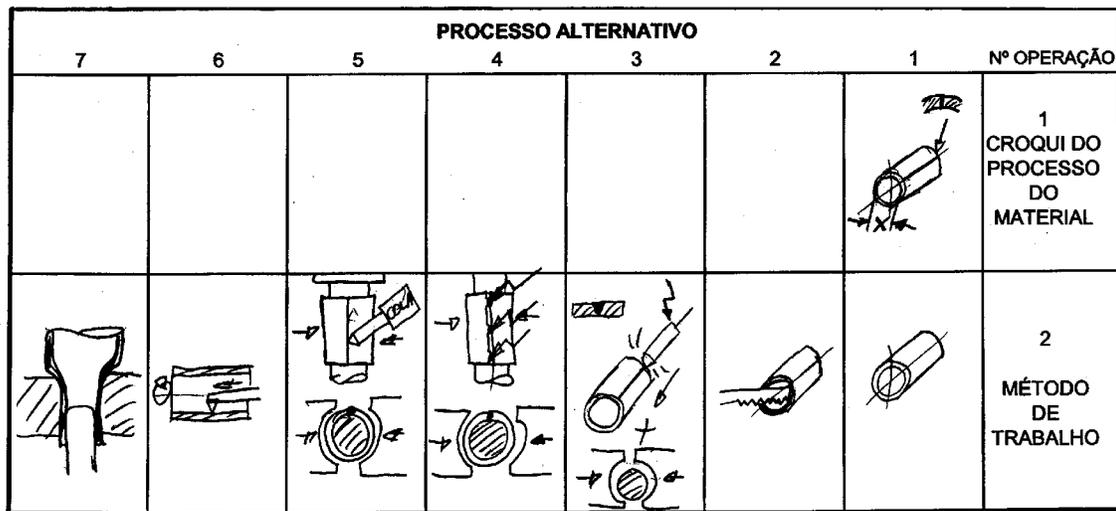


Fig.1 – Geração de 7 alternativas de processo no método 3P da Toyota.

3) Na simulação, muito diferente dos processos ocidentais que utilizam softwares ou a virtualidade, o grupo deve aproximar-se do mundo físico e realizar simulações em escala real. Tais simulações podem ser entendidas como experimentos, nos quais o melhor processo, a ser escolhido, será aquele cujo conceito foi devidamente simulado e revelou-se mais próximo ao atendimento pleno dos requisitos do sistema, além do que, obteve desempenho superior aos outros conceitos de processos simulados. Finalmente se estabelece o conceito da máquina ou equipamento.

A aplicação do procedimento 3P - e seu vínculo com outros tipos de Kaizens - resultou em um conceito de tecnologia e automação bem próximo do que encontramos na literatura e foi resumido na fundamentação teórica. Consulta aos registros fotográficos, desenhos de leiaute, registros de inventários de máquinas, entrevistas e observações efetuadas sobre dados de quase dez anos de aplicação dos Kaizens, demonstraram que a empresa passou a incorporar ao seu padrão tecnológico de produção uma particular combinação de células de manufatura disseminadas por toda planta, com máquinas CNC de diversos tipos e modelos ao lado de máquinas convencionais conservadas ou modificadas internamente. Há um padrão híbrido, com diversos tipos de máquinas e tecnologias combinadas. Essa constatação coincide com as recomendações da literatura do toyotismo, em especial, Ohno, quando ele se refere à decisão sobre substituição de máquinas ditas “velhas” ser ponderada com relação à possibilidade delas, ainda conservadas, poderem atender a demanda. Curioso, também, foi notar que o mesmo comentário citado de Womack e Jones sobre experiências frustradas da Toyota com tecnologia e automação mais avançada, ter sido encontrado no caso brasileiro. No ano de 2000 foi realizado investimento em padrões tecnológicos típicos da matriz, duas Transfers Flexíveis, tecnologia do tipo FMS (Flexible Manufacturing System), e os problemas dessa solução até hoje são comentados como lições de que a automação de baixo custo é a melhor para a unidade brasileira. As máquinas não apresentaram o rendimento esperado por conta principalmente de paradas diversas do equipamento: alarmes, quebras, manutenções e complexidade da operação.



Dessa forma, no contexto geral, as referências gerais sobre a tecnologia, encontradas na literatura do modelo enxuto, coincidiram com os dados coletados na empresa. Adicionalmente encontramos o procedimento 3P transferido pela consultoria de Nakao como uma unidade de análise mais operacional, esclarecendo como essa tecnologia apropriada é concebida em detalhes e como gera esse conceito de automação de baixo custo. Na segunda fase da pesquisa, pudemos então participar de um grupo de Kaizen 3P e vivenciar em detalhes os aspectos da aplicação dessa ferramenta.

#### **4.2. Observação-participante**

O estudo foi realizado em 2004 com a participação do autor em um grupo de técnicos que tinha o objetivo de desenvolver um equipamento em substituição ao existente que vinha apresentando diversas restrições ao fluxo da produção. O grupo recebeu a missão de desenvolver um conceito de equipamento que viesse agregar mais valor à produção com relação às variáveis de qualidade, produtividade, baixo investimento, segurança e flexibilidade.

O equipamento atual era uma rebidadeira especial concebida na década de 80. A máquina era dotada de um carregador automático dos rebites e acionada por um operador através de pedal.

As ofertas de mercado eram de um equipamento sofisticado com carga e descarga por meio de robô, tempo de ciclo de 1,32 minutos, investimento aproximado de 275 mil dólares (equipamento nacional – fig. 2 A), mas que ainda exigia o operador exclusivo para assisti-lo.

A equipe composta de técnicos das áreas de manutenção, projeto, planejamento de manufatura e mestre de produção se reuniram com o pesquisador para submeter o problema ao procedimento 3P aprendido nas consultorias de Nakao e descrito no sub-item anterior.

A concepção final (fig. 2-B) foi por um dispositivo alocado em um posto de trabalho projetado para a operação, ao invés de uma máquina, coincidindo com várias previsões da literatura. Segundo Suzuki (1987, p.70) foi atingido o conceito de automação de baixo custo permitindo-se inclusive fazer o equipamento na planta, ou com Womack e Jones (1998, p.299) que se referem ao uso de soluções mais simples para realizar ferramentas do tamanho certo e finalmente, conforme vimos em Liker (2004, p.159), o uso de tecnologia testada servindo pessoas e processos, pois o dispositivo concebido acabou sendo inspirado no núcleo daquilo que já era praticado no equipamento atual. Ao repassar o conceito para o fabricante de máquina anteriormente consultado o custo caiu para 200 mil dólares, ou, poderia ser fabricado na própria planta ao custo de 160 mil dólares. Manteve-se o tempo de ciclo de 1,32 minutos estimado para a máquina ofertada, mas a solução do dispositivo permite aproveitar melhor a mão-de-obra, alocando-a na célula de manufatura, o que não era possível com a máquina devido suas maiores dimensões, não sendo mais necessário um operador exclusivo para monitorar a operação. A área ocupada passou de 11,4 para 3,6 m<sup>2</sup>. Previsto melhorar a segurança e qualidade com adoção de sensores.



**Fig. 3** – alternativas de núcleo de processo concebidas na etapa de realizar a especificação

VISÃO DO PROCESSO			VISÃO DO PROCESSO		
1 - TAKT-TIME		DATA _____	1 - TAKT-TIME		DATA _____
2 - FLUXO DE PEÇA ÚNICA		NOME _____	2 - FLUXO DE PEÇA ÚNICA		NOME _____
3 - SISTEMA DE PUXAR PRODUÇÃO		FOLHA 2/3	3 - SISTEMA DE PUXAR PRODUÇÃO		FOLHA 2/2
Nº DA PEÇA _____			Nº DA PEÇA _____		
PROCESSO ALTERNATIVO		Nº OPERAÇÃO	PROCESSO ALTERNATIVO		Nº OPERAÇÃO
5	4		3	2	1
		1 CROQUI DO PROCESSO DO MATERIAL			1 CROQUI DO PROCESSO DO MATERIAL
		2 MÉTODO DE TRABALHO			

Nos dados obtidos, inclusive na observação-participante, revela-se a estratégia de focar o núcleo do processo, imaginando e desenhando o esquema de como o conjunto peça-ferramenta pode se relacionar, as diferentes posições relativas entre si e com o solo. Vivenciamos a dificuldade de não pensar em conceitos de máquina que já conhecemos ou vimos. Porém essa recomendação é fundamental na medida que ao conseguir conceber um núcleo com menos movimentos entre peça-ferramenta e mais estabilidade em relação ao solo, percebemos que a arquitetura do equipamento, ao final concebido, se torna mais simples. A resposta tradicional tende a explorar o padrão tecnológico difundido, e pouco se analisa sobre opções de arquitetura. Assim, um padrão tecnológico pode ser um todo limitador que restringe a criatividade de obter soluções específicas e adequadas à determinada operação. No estudo de caso vimos isto nas decisões de modificar equipamentos convencionais ou nos menores e criativos dispositivos, no lugar de seguir o padrão comercial.

**5.2. Prescrição:** após a consideração sobre alternativas de movimentos e relações mecânicas para se atingir as especificações, empreende-se uma análise da capacidade daqueles esquemas desenhados conter em sua prescrição a maior quantidade possível de agregação de valor ao processo, por meio de uma avaliação do grau em que as prescrições do modelo enxuto nele podem se realizar. Dito de outra forma, quais daqueles núcleos de processo tem a maior capacidade de prescrever à tarefa os elementos do sistema enxuto: jidoka, poka-yoke, autonomia, sincronia com a demanda, fluxo, baixo investimento, programação puxada etc. No procedimento 3P analisado, propõe-se a avaliação e pontuação de 14 ou mais prescrições do modelo enxuto, através de uma análise prognóstica, do grau de capacidade de cada núcleo do processo conter cada uma dessas prescrições. Por exemplo, em que grau, através de uma nota de 1 a 5, cada núcleo do processo proposto admite a prescrição de um poka-yoke eficiente, isto é, com menos esforço e dispêndio de engenharia. Os técnicos buscam quais os núcleos do processo que admitem a prescrição mais fácil e simples dos elementos do sistema enxuto, traduzido nas maiores somas de pontos obtidas após a análise. É aqui que se percebe onde surge a gênese da automação simples e de baixo custo, sem desconsiderar nenhuma tecnologia, será adotada na próxima etapa, da representação, aquela que melhor envolve a prescrição mais fiel do sistema em um núcleo do processo assim avaliado e escolhido. Na aplicação investigada na observação-participante obtiveram a maior pontuação, em ordem decrescente, as alternativas 5, 1 e 2 ( fig. 3). Como que estabelecendo a Navalha de Occam



tecnológica, as prescrições do modelo levam a selecionar alternativas que realizam o modelo com menor número de componentes, cujos fatores são conhecidos pela fábrica ou podem ser obtidos facilmente no mercado nacional, seus movimentos são simples, suas reações são menores, seu entendimento nos princípios de funcionamento são mais fáceis, ou seja, conseguimos o mesmo com menos: energia, elementos, conhecimento, movimentos, reações etc. Essa constatação se evidenciou em todos os outros 17 registros de 3P que puderam ser consultados e nas entrevistas abertas com os técnicos. No caso apresentado, observe o leitor, que os esquemas 5 e 1, mais pontuados, são aqueles que fazem a prensagem de 2 rebites por vez, ao invés de 4, e os componentes estão apoiados um sobre o outro na vertical, aproveitando a força da gravidade, exigindo menos esforço para posicioná-los. Em síntese, as alternativas selecionadas prescrevem e materializam através do conceito com menos esforço e mais simplicidade, o princípio de eliminar desperdícios.

Outros registros de 3P consultados, os quais aqui não pudemos evidenciar por falta de espaço, apresentaram seleção de alternativas com menos movimentos relativos e, portanto, com menos probabilidade de erros transferidos para o produto. Menos movimentos também requerem menos sistemas de controle no futuro equipamento, menos elementos e menos gastos com manutenção.

**5.3. Representação:** finalmente na última etapa do 3P, a simulação, ocorre aquilo que denominamos de representação das prescrições do sistema em uma arquitetura adequada. Através da simulação em condições mais próximas da real possível, experimentalmente, os núcleos de processo escolhidos são estudados quanto suas possibilidades de detalhamento em uma representação final que de fato materialize os princípios mais gerais do sistema na máquina. O objetivo é simular a arquitetura do equipamento em escala real, os movimentos relativos, o leiaute, o fluxo, as relações entre equipamentos, pessoas e materiais. Utilizam-se recursos diversos e o mais próximos do real, tais como máquinas já existentes, sucatas, máquinas de ferramentaria, equipamentos emprestados, maquetes em escala real produzidas em madeira, isopor ou resina, enfim, toda sorte de recursos que possibilitem a construção de uma espécie de protótipo, não da máquina, mas da arquitetura operacional em torno do núcleo do processo que foi escolhido dentre as alternativas. No caso estudado foram simulados os três núcleos de processo mais pontuados na etapa anterior, (fig. 3 – alternativas 5,1,2) dando origem à três arquiteturas de representação, após o que foi escolhida a alternativa 5 e sua respectiva arquitetura apresentada na fig-2 B.

Ao final dos três passos a busca pela tecnologia do tamanho certo tem como resultado a indicação de uma arquitetura de representação do equipamento ou bem de capital, o qual será concebido definitivamente preenchendo-se e conectando essa arquitetura com a engenharia dos elementos: a carenagem, os motores de acionamento, os modos de transmissão de dados, movimentos de partes móveis e o todo necessário, mas somente o necessário ao núcleo do conceito simples desenvolvido a partir da geração de alternativas e escolhido na simulação (vide resultado na fig. 2-B).



## 6. Resultados

O estudo de caso achou congruências entre os relatos da literatura do modelo de produção sobre aspectos da tecnologia e a realidade examinada. Foram identificadas adoção da automação de baixo custo, aproveitamento de máquinas antigas, dispositivos e equipamentos menores, tecnologia conhecida e testada, menor grau de automação em relação aos padrões tecnológicos difundidos no meio. Como resultado mais geral, buscamos avançar no esclarecimento de como isso é operacionalizado, focando o estudo de caso sobre a unidade de análise de como foi feita a transferência de conhecimento por um consultor ex-Toyota, sobre a concepção de processos e equipamentos, encaixado na realidade mais ampla da implantação do modelo de produção enxuta em uma planta automobilística no Brasil. Como parte do estudo, submetemos essa unidade de análise ao exame de uma observação-participante, visando identificar e explorar mais detalhadamente seus vínculos com os princípios gerais do sistema vistos na literatura. À forma de vínculo encontrada denominamos movimento pela tecnologia do tamanho certo, embutida no modelo da produção enxuta e influenciando a forma de realização da variável tecnológica. Nossa análise revelou o modo particular dessa influência, pouco discutida na literatura, expressa em uma sequência operacional interpretada nas fases de especificar-prescrever-representar a agregação de valor da tarefa em arquiteturas de bens de capital, constituindo na prática, uma forma implícita de gestão da tecnologia de produção no interior do modelo.

Assim, como resultado mais específico da investigação, identificamos e interpretamos a forma de arquitetar o bem de capital na original prática do modelo, partindo da especificação da tarefa em um núcleo do processo e seguindo para fora do núcleo, até a prescrição e representação do modelo em conexões entre elementos de máquinas. É uma espécie de gestão tecnológica pela arquitetura dirigida dos padrões tecnológicos disponíveis, e, portanto, não se refere a um tipo certo de automação. Simples dispositivos mecânicos com automação de baixo custo e a mais alta tecnologia podem conviver se suas conexões com a especificação da tarefa forem realizadas com respeito às prescrições do modelo enxuto, dentre elas a sincronização com a demanda, a qualidade embutida e a eliminação de desperdícios. A arquitetura assim concebida é intrinsecamente modular e flexível. Se em um nível dado de demanda o núcleo do processo é acionado por um homem, em outro estágio de demanda ele pode ser substituído por um robô, mas o núcleo do processo tem mais chances de ser preservado, pois já contém as prescrições do sistema enxuto, com as vantagens de ser um conceito já conhecido, dominado e conectado com o sistema. Uma automação que surge mais orgânica do que exógena à especificação e prescrição da tarefa.

No estudo de caso, a automação ficou subordinada ao princípio mais geral da produtividade global, os elementos tecnológicos e suas conexões foram avaliados segundo sua capacidade de contemplar as exigências de flexibilidade, sincronização com a demanda e eliminação de desperdícios, prescritos pelo modelo enxuto. O equipamento concebido contribuiu para mais fatores da produtividade global do que o similar tradicional. A máquina surgiu como arquitetura final da representação tecnológica dos elementos mais gerais do sistema de produção, realizando-se flexível e modular para atender a sincronia com a demanda, e o mais simples possível para realizar a eliminação de desperdícios.



## 7. Referências Bibliográficas:

- ARTHUR, W. Brian. Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-In by Historical Events in Economic Journal, n.99, p. 116-131, 1989.
- EXAME, Revista. As dificuldades de quem produz carros. São Paulo: Ed. Abril, 29/09/2004, p.97
- FUJIMOTO, Takahiro. The evolution of a manufacturing system at Toyota. New York: Oxford University Press, 1999.
- HAMEL, Gary e PRAHALAD, C.K. Competindo pelo Futuro. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- LIKER, Jeffrey K. The Toyota Way. New York: McGraw Hill, 2004.
- MINTZBERG et alli. Safári de Estratégia. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- MONDEN, Yasuhiro. Toyota production System – practical approach to production management. Atlanta: Industrial Engineering and Management Press, 1983.
- MOTTA, F.C.P. e CALDAS, Miguel P. Cultura Organizacional e Cultura Brasileira. São Paulo: Atlas, 1997
- NUSSENZVEIG, H. Moysés. Complexidade e caos. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ/COPEA, 2003.
- OHNO, Taiichi. Toyota Production System: beyond large-scale production. New York: Productivity Press, 1988
- SLACK, Nigel et alli. Operations Management. California, Pearson, 2a. ed., 1998.
- SUZAKI, Kiyoshi. The new manufacturing challenge – techniques for continuous improvement. New York: The Free Press, 1987.
- VALOR ECONÔMICO, Jornal. Toyota quer ter 15% do mercado mundial. São Paulo, 9/2/2005, p. B5.
- WOMACK, J., JONES, D., ROOS, D. A Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- WOMACK, J., JONES, D. A Mentalidade Enxuta nas Empresas. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- YIN, Robert K. Case Study Research – Design and Methods. California: Sage Publications, 1988.