

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA EM UM PROCESSO
PUXADOR DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVES**

LEANDRO APARECIDO LEITE

LINHA DE PESQUISA: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

MANAUS
2012

LEANDRO APARECIDO LEITE

**APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA EM UM PROCESSO
PUXADOR DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Rodrigues Barreiros.

MANAUS
2012

LEANDRO APARECIDO LEITE

APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA EM UM PROCESSO
PUXADOR DE ESTERILIZAÇÃO POR AUTOCLAVES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

Aprovada em 11 de outubro de 2012.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. NILSON RODRIGUES BARREIROS, Presidente.
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. NELSON KUWAHARA, Membro.
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. JOSÉ DINIS DE ARAÚJO CARVALHO, Membro.
Universidade do Minho, Portugal

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo aplicar os princípios da manufatura enxuta em uma indústria de alimentos na região do Entorno de Brasília. Utilizando-se dos procedimentos metodológicos de pesquisa intervencionista e de eventos *kaizen*, definiu-se o foco de atuação na família de produtos de envase de vegetais, mais especificamente em latas de 2 kg de milho verde e ervilha. Criou-se um fluxo contínuo no processo puxador de esterilização por autoclaves com o intuito de reduzir os desperdícios em relação ao tempo, aumentando assim a produtividade do processo de produtivo, considerado este de baixa eficiência por não conseguir atingir a sua capacidade teórica de produção.

Palavras-chave: manufatura enxuta; produtividade; desperdício em relação ao tempo; fluxo contínuo no processo puxador; esterilização por autoclaves.

ABSTRACT

This work had as guideline the concepts of lean manufacturing and their application in a food industry of “Entorno de Brasília”. On-site was used a practical research as methodology procedure, focusing on the production process of 2 kg packing in the vegetables plant. Also was created a continuous flow in the bottleneck to reduce wastes related to time, increasing productivity once that production result was not reaching the estimated capacity.

Keywords: lean manufacturing; productivity; waste related to time; continuous flow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aprendendo a enxergar <i>muda</i>	25
Figura 2 – Excesso de produção	27
Figura 3 – <i>Muda, mura</i> e <i>muri</i> em combinação	28
Figura 4 – Diagrama esquemático do Sistema Toyota de Produção	31
Figura 5 – A evolução rumo ao <i>jidoka</i>	32
Figura 6 – Dispositivo à prova de erros com base em contato	34
Figura 7 – Exemplo de <i>andon</i> simples e <i>andon</i> mais complexo	35
Figura 8 – Produção em lote e fila	36
Figura 9 – Redução dos estoques para expor os problemas do processo	38
Figura 10 – Uma amostra de <i>kanban</i>	40
Figura 11 – A estrutura do planejamento de produção com <i>kanban</i>	41
Figura 12 – O fluxo de peças e o <i>kanban</i>	42
Figura 13 – Nivelamento por tipo de produto	45
Figura 14 – Típico <i>Heijunka box</i>	46
Figura 15 – Relação do <i>takt time</i> com tempo de ciclo	48
Figura 16 – Típica retirada compassada em uma planta	50
Figura 17 – Processamento em fluxo contínuo	52
Figura 18 – Ícones associados ao sistema puxado com supermercado	55
Figura 19 – Sistema puxado com supermercado	56
Figura 20 – Sistema puxado seqüencial	57
Figura 21 – Sistema puxado misto com supermercado e seqüencial	58
Figura 22 – Dois tipos de <i>kaizen</i>	59
Figura 23 – Quem é o responsável pelo fluxo de valor?	60
Figura 24 – Como são distribuídos os problemas na maioria das empresas	61
Figura 25 – Versão comum do ciclo PDCA.....	64
Figura 26 – Ciclo PDCA modificado pela Toyota	64
Figura 27 – <i>Workshop kaizen</i> de cinco dias	65
Figura 28 – <i>Kaizen</i> no papel (cronograma de implementação).....	69
Figura 29 – Etapas da linha de produção de milho verde 2 kg.....	70
Figura 30 – Autoclaves verticais e horizontais (<i>barriquand</i>).....	79
Figura 31 – Níveis gerais de uma organização.....	83

Figura 32 – <i>Layout</i> e produção por hora do processo de esterilização de latas de milho verde 2 kg	84
Figura 33 – Demonstração gráfica do resultado de produção das autoclaves verticais de milho 2 kg (Figura 32).....	85
Figura 34 – Lógica de funcionamento do processo puxador da linha 2 kg com milho verde.	91
Figura 35 – Ajuste da lógica de funcionamento do processo puxador da linha 2 kg com milho verde.....	93
Figura 36 – Lógica de funcionamento do processo puxador da linha 2 kg com ervilha.....	95
Figura 37 – Lógica de funcionamento do processo puxador da linha 2 kg com milho verde e ervilha	96
Figura 38 – <i>Layout</i> e produção do processo de esterilização de latas de milho verde 2 kg e ervilha 2 kg baseadas em uma demanda média por clientes para definir sua relação em termos de quantidade.....	97
Figura 39 – Lógica de funcionamento do processo puxador da linha 2 kg com milho verde e ervilha ajustada à relação base da demanda.....	99
Figura 40 – Continuação da Figura 39	101

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Fonte de evidência da observação participante: pontos fortes e pontos fracos....	16
Quadro 2 – Nível de aplicabilidade de fluxo contínuo a tipos de processo	52
Quadro 3 – Responsabilidades e papéis assumidos em um círculo <i>kaizen</i>	62
Quadro 4 – Metodologia dos 5 por quês aplicada à quebra da linha a vapor	83
Tabela 1 – Comparação das melhorias encontradas com a situação e meta original	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

STP: Sistema Toyota de Produção

TMC: Toyota Motor Company

JIT: *Just-in-time*

3M: *Muda, Muri, Mura*

WIP: *Work-in-process*

TPS: Toyota Production System

PDCA: Planejar, Fazer, Verificar, Agir (*Plan, Do, Check, Act*)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Problema.....	13
1.2 Objetivo Geral	13
1.3 Objetivos Específicos	13
1.4 Procedimentos Metodológicos	13
1.5 Justificativa.....	18
1.6 Estrutura do Trabalho	20
2. PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA	22
2.1 Primórdios do Sistema Toyota de Produção	22
2.2 <i>Just-in-time</i> e <i>Jidoka</i> : princípios básicos da manufatura enxuta.....	30
2.3 O Sistema <i>Kanban</i>	39
2.4 Nivelamento de Produção e <i>Heijunka Box</i>	44
2.5 Fluxo Contínuo	48
2.6 Tipos de Sistema Puxado.....	53
2.7 <i>Kaizen</i>	58
3. METODOLOGIA	67
3.1 Planejando a Execução	67
4. ANÁLISE, RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
4.1 Cenário Problema	70
4.2 Situação Problema	80
4.3 A Solução	87
4.4 A Implantação.....	91
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
6. REFERÊNCIAS	109

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO

A proposta deste trabalho é realizar uma pesquisa intervencionista em um estudo de caso de uma empresa brasileira, adotando os princípios da manufatura enxuta, esta que tem a sua origem no Japão.

Com a entrada de empresas transnacionais no Brasil a partir da década de 90, constatou-se que os níveis de gestão e tecnológicos do país não estavam aptos a conseguir competitividade em um cenário de economia aberta, e ainda hoje muitas empresas nacionais enfrentam problemas de produtividade e lucratividade.

Algumas décadas anteriores a este fato, iniciava-se no Japão o desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, que nos dias atuais eleva a empresa Toyota ao nível de uma das empresas mais eficientes do mundo já há vários anos. Ocidentalizado, os conceitos do STP refletem várias nomenclaturas, na qual uma delas é o de manufatura enxuta.

O conceito principal da manufatura enxuta visa à eliminação de desperdícios, e dentre outros conceitos, baseia-se em um sistema de produção não convencional, ao menos ao que se tinha visto até então, na qual puxa a produção em um fluxo contínuo sincronizado e nivelado.

Através de eventos *kaizen*, iniciou-se a aplicação destes conceitos no estudo de caso, na qual através do entendimento das relações de produção e tempo, estabeleceu-se um fluxo contínuo no processo de esterilização por autoclaves de latas 2 kg de milho verde e ervilha.

Como resultado, a aplicação dos conceitos da manufatura enxuta não apenas elevou a produtividade ao ponto de atingir a capacidade teórica de produção, antes problema principal da empresa estudada, mas como também permitiu ultrapassá-la, estabelecendo assim uma nova capacidade teórica de produção.

1.1 – Problema

A empresa do estudo de caso não tem conseguido atingir a sua capacidade teórica de produção. Se em situações em que há um plano de produção cheio essa regra quase sempre é válida, em dias em que o plano de produção encontra-se razoavelmente ocioso por qualquer motivo que o seja, a capacidade teórica é atingida ou até mesma ultrapassada.

1.2 – Objetivo Geral

Realizar um estudo de caso que permita através do entendimento das relações de produção e tempo estabelecer um método de fluxo contínuo no processo puxador que aumente o nível de produtividade.

1.3 – Objetivos Específicos

- Realizar um estudo de caso utilizando-se da observação participante, atuando diretamente no objeto de estudo;
- Compreender o nível de desperdícios em relação ao tempo com os conceitos da manufatura enxuta;
- Criar um fluxo contínuo no processo puxador de esterilização por autoclaves.

1.4 Procedimentos Metodológicos

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho tem como objetivo modificar a realidade estudada, baseando-se em um estudo de caso que se utilize de fonte de evidência a participação direta sobre as variáveis do objeto de estudo.

O estudo de caso se passa em uma indústria de alimentos na região centro-oeste do Brasil, com início em Fevereiro de 2010 e findando em meados de Outubro do mesmo ano. A

planta industrial do objeto de estudo está localizada no chamado “entorno de Brasília”, Distrito Federal.

Durante este período, o pesquisador atuou sob o regime de CLT na área de controladoria, mais especificamente como supervisor do departamento de custos, contendo em sua equipe outros três colaboradores e respondendo diretamente ao controlador da empresa.

Embora o objeto de estudo esteja ligado ao departamento de produção, a área de controladoria como papel de *management* da empresa, atua em toda e qualquer área que lhe esteja determinada, e cabe ao departamento de custos atuar com mais vigor e detalhe em áreas com menor eficiência.

Neste estudo de caso, especificamente, uma das maiores ineficiências da empresa era a falta de produtividade das linhas de produção, e baseado nisso, definiu-se por atuar com este foco, embora esta seja uma área de conhecimento pouco especificada pelos profissionais desta área, não pelo seu nível de importância, mas sim pela falta de conhecimentos técnicos avançados da ciência de engenharia de produção, restringindo o ponto principal de atuação mais na redução de despesas e distribuição de custos entre os produtos manufaturados.

Desta forma, embora não tenha sido definido um projeto para tal, a pesquisa atentou-se em exercer de forma efetiva uma influência sobre o objeto de estudo, destacando o acompanhamento, o monitoramento e desenvolvimento de inovações e melhorias através da aplicação e *sharing* do conhecimento, sendo esta de maneira colaborativa entre os agentes participantes, nunca imposta.

Enquanto Vergara (2009) define várias taxionomias de tipos de pesquisa, podendo esta ser em relação à aspectos, quanto aos fins e quanto aos meios, Yin (2005) define especificamente para a condução de estudos de caso a fonte de evidências para a coleta de dados.

Quanto aos fins, segundo Vergara (2009), esta pesquisa classifica-se como intervencionista porque tem como principal objetivo interpor-se, interferir na realidade estudada para modificá-la. Distingue-se da investigação explicativa porque não se satisfaz em apenas esclarecer os motivos até então inteligíveis, motivos estes que impedem o resultado de produção de atingir a sua capacidade teórica, assim como também se distingue da pesquisa aplicada pelo compromisso de não somente propor a resolução do problema, mas também de resolvê-lo efetiva e participativamente, ou seja, garantir que o resultado de produção atinja a sua capacidade teórica.

Quanto aos meios, segundo Vergara (2009) esta pesquisa será participante, pesquisa-ação e estudo de caso. A investigação será participante porque não se esgota na figura do pesquisador, tomando parte dela pessoas implicadas no problema sob investigação, fazendo com que a fronteira pesquisador/pesquisado, ao contrário do que ocorre na pesquisa tradicional, seja tênue. A pesquisa será também pesquisa-ação, porque supõe intervenção participativa na realidade estudada, e por final uma pesquisa de estudo de caso, por ser circunscrito a uma unidade e também por possuir caráter de profundidade e detalhamento.

Ao contrário de Vergara (2009) que considera o estudo de caso um meio de pesquisa, não distinguindo-o da pesquisa-ação por exemplo, Yin (2005) define uma fonte de evidência que engloba a atuação da pesquisa sobre a realidade como inerente ao estudo de caso, classificando-a como observação participante.

Assim, segundo Yin (2005), esta pesquisa possui como fonte de evidência a observação participante porque não é apenas uma observação passiva, já que podendo assumir uma variedade de funções dentro de um estudo de caso, pode ainda de fato vir a participar de eventos que não estão sendo estudados. Tais eventos citados podem ser associados às variáveis relacionadas à relação de produção e tempo, que por ventura mesmo que ainda desconhecida exerce influência à pesquisa, como no caso das linhas de produção de latas de

200 g e de milho verde a vapor, que mesmo não estudadas, tornam-se relevantes para o entendimento e atuação sobre a realidade.

Yin (2005) descreve também que “a observação participante fornece certas oportunidades incomuns para a coleta de dados em um estudo de caso, mas também apresenta alguns problemas”, exemplificadas no Quadro 1 entre seus pontos fortes e pontos fracos.

Fonte de evidências	Pontos fortes	Pontos fracos
Observação participante	1. perceptiva em relação a comportamentos e razões interpessoais	1. vieses devido à manipulação dos eventos por parte do pesquisador
	2. contextuais - tratam do contexto do evento	2. reflexibilidade - o acontecimento pode ocorrer de forma diferenciada porque está sendo observado
	3. realidade – tratam de acontecimentos em tempo real	3. custo – horas necessárias pelos observadores humanos
		4. consomem muito tempo
		5. seletividade - salvo ampla cobertura

Quadro 1 – Fonte de evidência da observação participante: pontos fortes e pontos fracos
Fonte: (Yin, 2005)

Associando os pontos fortes da observação participante à pesquisa em si, para Yin (2005) além da oportunidade de possibilitar a participação de eventos e de grupos que seriam, de outro modo, inacessíveis à investigação científica, a observação participante também possibilita a oportunidade de se perceber a realidade do ponto de vista de alguém de “dentro” do estudo de caso, e não de um ponto de vista externo. Isso ainda pode levar a outras oportunidades pela capacidade de se manipular eventos importantes, como marcar uma reunião de um grupo de pessoas que atuam direta ou indiretamente sob o objeto de estudo.

Já quanto aos pontos fracos, segundo Yin (2005) o pesquisador possui menos habilidade para trabalhar como um observador externo e pode, às vezes, ter de assumir posições ou advogar funções contrárias aos interesses das boas práticas científicas, e além disso, pode tornar-se um apoiador do grupo ou da organização que está sendo estudada, assim também como a função de participante pode simplesmente exigir atenção em relação à função de observador, ou ainda se a organização estudada estiver fisicamente dispersa, o observador

participante pode achar difícil estar no lugar certo na hora certa, tanto para participar de acontecimentos importantes quanto para observá-los.

As observações se deram por todas as áreas da empresa, e em face ao contexto encontrado e pela necessidade de compreensão da realidade a que o objetivo focal se propunha, visitas constantes e aleatórias foram realizadas ao processo produtivo, num primeiro momento principalmente entre as trocas de turno, e num segundo momento, embora não houvesse um horário definido, as visitas ocorriam de três a quatro vezes ao dia, variando de dez a quarenta minutos, ou ainda podendo chegar a quase duas horas quando realizadas durante o terceiro turno.

Aliado a isso, foram determinadas reuniões diárias de Segunda-feira a Sábado às 09:00 horas (não vinculado aos eventos *kaizen*), momento em que se discutiam os resultados de produção do dia anterior. Entretanto, qualquer problema que pudesse afetar consistentemente o resultado de produção, como por exemplo uma quebra de máquina que culminasse em uma parada de produção, isso era tratado instantaneamente para aproveitar a possibilidade de se entender a causa raiz daquele problema e também para servir de compreensão da realidade.

Sempre buscando o equilíbrio entre as oportunidades e riscos, o cuidado em não manipular os dados foi tomado desde o início, evitando a formulação de relatórios com informações conflitantes aos do time de produção (equipe *kaizen*), e principalmente em garantir que eles atuassem também como “cabeças pensantes”, contribuindo com a compreensão da realidade e garantindo uma manipulação participativa dos eventos com a partilha da responsabilidade entre todos os agentes envolvidos.

Por final, a fase de implementação contou com a atuação de todos os agentes envolvidos de maneira intensificada para garantir o sucesso na obtenção dos objetivos estabelecidos. A respeito dos métodos metodológicos que foram aplicados, foram utilizados

os princípios de manufatura enxuta através dos eventos *kaizen* de melhoria contínua, destacando um cronograma de implementação *kaizen* a ser seguido.

1.5 Justificativa

É sabido que no século XX, a integração comercial e financeira das nações transformou-as em economias nacionais interdependentes, e até mesmo políticas econômicas foram configuradas de maneira que o setor externo fosse o principal instrumento de alavancagem para o crescimento destas.

A partir da década de 90, no momento em que os sistemas financeiros nacionais começavam a se fortalecer e formar um grande núcleo interligado, hoje chamado de sistema financeiro internacional, começava no Brasil a liberação comercial, evento que ficou caracterizado pela entrada de empresas transnacionais no país.

A entrada destas empresas transnacionais no país, segundo Tubino (1999), ocorreu com o grande número de fusões e aquisições entre empresas nacionais e grandes grupos internacionais no sentido de obter recursos financeiros, tecnológicos e de gestão para fazer frente à concorrência. Em 1996, por exemplo, ocorreram 329 fusões e aquisições entre empresas no Brasil.

Se antes as empresas nacionais podiam determinar seus preços baseadas em custo e lucro, a vinda destas empresas transnacionais ao país, aliada à entrada de mercadorias oriundas de empresas do exterior, definitivamente alteraram o cenário de uma economia fechada para uma economia aberta, determinando obrigatoriamente para a sobrevivência das mesmas a sua operacionalização sob níveis de custos de produção razoáveis, de modo a garantir a sua competitividade.

Partindo do pressuposto que um dos meios de produção, no caso o de mão-de-obra, é uma vantagem preponderante das localidades de baixo custo como China, Índia ou Vietnã, as

buscas de competitividade ficam voltadas para novos mercados ou produtos, para a otimização de processos produtivos ou novas tecnologias, ou ainda para um mais adequado gerenciamento dos recursos atuais disponíveis.

Segundo Corrêa e Gianesi (1993), a perda do poder de competitividade das empresas nacionais deve-se em grande parte à obsolescência das práticas gerenciais e tecnológicas aplicadas aos seus sistemas produtivos, atribuída basicamente a cinco pontos básicos: deficiência nas medidas de desempenho; negligência em considerações tecnológicas; especialização excessiva das funções de produção sem a devida integração; perda de foco dos negócios; resistência e demora em assumir novas posturas produtivas.

Para alguns tipos de negócios, a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias é um fator mais que preponderante, seja para a manutenção da sua competitividade ou para a criação de novos mercados. Entretanto, para determinados tipos de negócios esta escala de importância não é tão elevada quanto, na qual as tecnologias de produto e as tecnologias de processo estão e tendem a estar cada vez mais semelhantes entre estas corporações, enquanto que as tecnologias de gestão já são um diferencial competitivo e ainda tendem a aumentar ainda mais a sua influência.

Nas últimas décadas, surgiram muitas tecnologias de gestão na busca de valor e diferenciação em ambientes cada vez mais competitivos, que foram evoluindo e caracterizando-se pelas suas abordagens e ferramentas, que podem ser chamadas também de filosofias de ação ou filosofias de gestão (LEITE, PINTO & BARREIROS, 2010).

Enquanto que a revolução industrial trouxe necessidades que deram início às tecnologias de gestão do mundo atual, ao longo do tempo também surgiram muitos paradigmas, alguns ainda aplicados e intocáveis nos campos de gestão industrial. Fato determinante neste assunto são as diferentes áreas do conhecimento formulando diferentes variantes de raciocínio que as caracteriza, o que por vezes pode estabelecer determinadas

teorias de aplicação no presente já obsoletas para o mundo atual, visto seu rápido desenvolvimento e mudança de conceitos (LEITE, PINTO & BARREIROS, 2010).

No decorrer da história industrial, muitas filosofias de gestão assumiram a frente das organizações, e mesmo com o nível corrente elevado de importância de inovação e tecnologia de novos produtos, estas práticas não deixam de ser decisivas nos resultados dos negócios, tais como as são atualmente.

Dentro deste contexto de relevância das filosofias de gestão, a revisão bibliográfica tem por objetivo, sob o prisma de vista dos princípios de manufatura enxuta, servir de referência para a aplicação da metodologia proposta sob a esfera de ação do objeto de estudo, uma vez que a empresa originária à qual houve a criação e desenvolvimento deste sistema de produção, já há algum tempo é uma referência mundial em qualidade e produtividade.

Ademais, denota-se que a indústria brasileira está atrás de indústrias líderes mundiais na questão de gerenciamento de seus sistemas produtivos, o que impacta diretamente em seu nível de competitividade, e tratando-se de uma pesquisa em um estudo de caso de uma empresa nacional, entende-se que possa servir de referência para estudos e aplicações semelhantes.

1.6 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho divide-se em cinco capítulos: (1) Introdução, (2) Referencial Teórico, (3) Metodologia, (4) Resultados e Discussões e (5) Considerações Finais.

Capítulo 1 – Introdução: breve introdução e problema da pesquisa, com objetivos sucintos, com ênfase nos procedimentos metodológicos quanto ao tipo de pesquisa, e na justificativa a respeito da relevância do tema relacionado ao cenário do estudo de caso.

Capítulo 2 – Referencial Teórico: baseado nos princípios da manufatura enxuta, apresenta sua origem através do Sistema Toyota de Produção e mostra que através de seus

dois pilares de sustentação *just-in-time* e *jidoka*, vários outros conceitos surgem à partir destes, como o sistema *kanban*, nivelamento de produção, *heijunka* box, fluxo contínuo e *kaizen*.

Capítulo 3 – Metodologia: após um esboço dos procedimentos metodológicos pelo tipo de pesquisa na introdução, este capítulo trata especificamente das equipes *kaizen* e do plano de implementação que é criado para servir de guia no estudo de caso.

Capítulo 4 – Análise, Resultados e Discussões: é apresentado primeiramente o cenário problema da pesquisa, em uma abordagem detalhada do processo produtivo. Na situação problema, estende ao detalhe o problema introdutório, servindo de base para a definição da solução, que serve de diretriz para a implantação que flui gradativamente à medida que a melhoria se ajusta ao campo de estudo.

Capítulo 5 – Considerações Finais: reflexão do contexto inserido da pesquisa com o objeto de estudo.

CAPÍTULO II

REFERENCIAL TEÓRICO

2. PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA

2.1 Primórdios do Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção tem a sua origem no Japão, mais especificamente na Toyota Motor Company, empresa de veículos automotivos fundada em 1937, com sede na ilha de Nagoya. Seu mentor foi Taiichi Ohno (1912–1990), que iniciou seus trabalhos na TMC como gerente de fábrica em 1943, percorrendo as posições de diretor em 1954, diretor administrativo em 1964, diretor administrativo sênior em 1970 e vice-presidente executivo em 1975, aposentando-se em 1978 e dedicando-se a partir disso em consultoria na própria Toyota (SHIMOKAWA & FUJIMOTO, 2011; DENNIS, 2008).

Por vários anos, a força de trabalho da TMC foi composta, na maior parte, de antigos agricultores. Na cosmopolita Tóquio, a firma era muitas vezes chamada, ironicamente, de “bando de caipiras”. No entanto, hoje a Toyota é vista, pela maioria dos observadores da indústria, como a mais eficiente e a que produz veículos motorizados da melhor qualidade em todo o mundo (WOMACK, JONES & ROOS, 2004).

Os conceitos do STP usualmente são vinculados à expressão “*lean*”, termo este que tem a sua origem no ocidente ao final dos anos 80, assim como também outras terminologias podem ser encontradas, tais como *lean thinking*, filosofia *lean*, produção enxuta, ou ainda as mais difundidas *lean manufacturing* ou manufatura enxuta, todas estas representando o mesmo aparato de técnicas do STP.

Sobre a evolução do STP, Taiichi Ohno relata a prática de se perguntar “por que?” repetidas vezes ao enfrentar um problema, como forma de se encontrar a raiz do mesmo a fim de corrigi-lo, o que considera difícil de fazê-lo, embora pareça fácil.

Ohno (1997) supõe como exemplo uma máquina que parou de funcionar para explicar como funciona esta prática do Cinco Por Quês (*Five Whys*):

1. Por que a máquina parou? Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.
2. Porque houve uma sobrecarga? Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.
3. Porque não estava suficientemente lubrificado? Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.
4. Por que não estava bombeando suficientemente? Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando.
5. Porque o eixo estava gasto? Porque não havia uma tela acoplada e entrava limalha.

Se esta prática dos cinco por quês não tivesse sido realizada, provavelmente teria sido feita apenas a troca do fusível ou no mais, o eixo da bomba. Dessa forma, o problema tenderia a reaparecer no futuro.

O STP tem sido constituído com base na prática e na evolução da abordagem do cinco por quês. Perguntando cinco vezes por quê e respondendo cada vez, pode-se chegar à verdadeira causa do problema, que geralmente está escondido atrás de sintomas mais óbvios. Quando surge um problema, se a busca pela causa não for completa, as ações efetivadas podem ficar desfocadas. É por isso que se pergunta repetidamente *por quê*. Essa é a base científica do STP (OHNO, 1997).

Após a derrota na segunda guerra mundial em 1945, iniciou-se um novo começo para a TMC, na qual seu presidente na época estabeleceu como desafio alcançar o nível de produtividade das montadoras dos Estados Unidos em um espaço de três anos, pois de outro modo, a indústria automobilística do Japão não sobreviveria (SHIMOKAWA & FUJIMOTO, 2011; OHNO, 1997).

Entretanto, estimava-se que a produtividade no setor de tecelagem na Alemanha era três vezes a do setor no Japão, e como a razão entre trabalhadores alemães e americanos era de um para três, isso fez com que a razão entre as forças de trabalho americana e japonesa fosse de um para nove. Além do mais, se fosse feita uma comparação para a indústria automotiva, sendo esta uma das mais avançadas nos Estados Unidos, é provável que esta razão tivesse sido bem diferente (OHNO, 1997).

Esse diferencial de produtividade entre os Estados Unidos e Japão denota uma diferença que parece ser demasiadamente grande para uma simples relação de diferenças entre equipamentos de produção, entretanto, não para as diferentes maneiras possíveis de se administrar um processo produtivo.

Se o trabalho de cem japoneses era equivalente ao de dez estadunidenses, isso significava que existia um esforço físico dez vezes superiores por parte destes. Dessa forma era evidente que os japoneses estavam desperdiçando algo, e se fosse possível eliminar o desperdício, conseqüentemente isso aumentaria a produtividade. Este é o pensamento que marca o início do atual Sistema Toyota de Produção.

Em um conceito definido por Womack & Jones (2004), *muda* é a palavra japonesa que significa “desperdício”, sendo especificamente qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor. Segundo Dennis (2008), seu significado está exatamente ligado ao som que tem: pesado e desagradável. *Muda* significa desperdício, ou qualquer atividade que o cliente não está disposto a pagar.

A manufatura enxuta se concentra na sistemática eliminação de desperdícios resultantes das operações de uma organização através da sinergia de um conjunto de práticas de trabalho para se gerar produtos e serviços à taxa da demanda (Womack et al., 1990; Fullerton et al., 2003; Simpson and Power, 2005; Shah and Ward, 2007 apud Yang, Hong & Modi, 2010).

Filosofia enxuta e STP são geralmente definidos com primazias, tais como a eliminação de desperdícios, extirpação de defeitos e redução de lead times. Enquanto que são estes objetivos louváveis, eles precisam de princípios eficientes para assegurar ganhos de desempenho. Teóricos em *management* atribuem o sucesso da Toyota ao tão chamado *Toyota Way* — ou seja, a cultura da empresa de eficiência e resolução de problemas (GERTNER, 2007).

Em sistemas enxutos, a ênfase se dá sobre a redução de desperdícios (*muda*) de todos os tipos: espaço, tempo, energia, movimento, materiais, estoques, e defeitos. Para atingir esta meta, colaboradores são treinados para usar o método científico de testes de hipóteses (SPEAR & BOWEN, 1999). Eles são ensinados a sempre procurarem fontes de *muda* e desenvolver experimentos para encontrar meios de eliminá-las (MEFFORD, 2009).

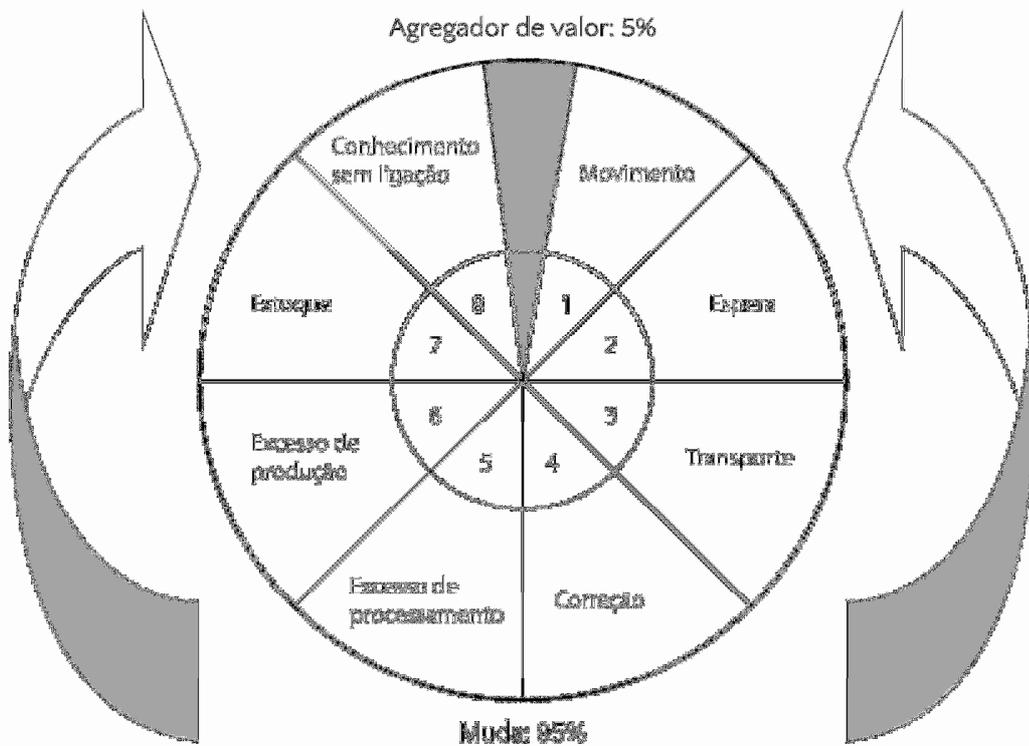


Figura 1 – Aprendendo a enxergar *muda*
Fonte: Dennis (2008)

No STP, a fim de se reconhecer como o desperdício é gerado, é necessário que se entenda a sua natureza. Ohno (1997) define que o desperdício na produção pode ser dividido

em 7 categorias, mas em Dennis (2008), é possível encontrar a presença de 7 (+1 = 8) tipos clássicos de desperdício, a saber: (1) espera, (2) estoque, (3) movimentação, (4) transporte, (5) correções, (6) processamento, (7) produção em excesso e (8) intelectual.

A Figura 1 exemplifica os 7 (+1 = 8) tipos clássicos de desperdício, e mesmo que a nomenclatura das definições possam diferir-se nas revisões de literatura, sejam elas por uma outra palavra com um mesmo sentido ou ainda por uma questão de tradução do idioma, seus conceitos são os mesmos, estes que também podem ser explicados de diferentes maneiras, seja em um maior ou menor nível de detalhe. A seguir é feita uma explanação básica de cada um dos 7 (+1 = 8) tipos clássicos de desperdício:

Movimento (*Unnecessary/Excess Motion*): caracteriza-se pela movimentação desnecessária de pessoas e recursos, tendo tanto um componente humano quanto mecânico envolvido. Ocorre com a falta de organização no ambiente de trabalho.

Espera (*Waiting*): caracteriza-se pela formação de filas, preparações, máquinas necessárias paradas, materiais necessários não entregues, ociosidade de pessoas, processos e informações, etc. Esperas aumentam o tempo de retenção, que excede em muito o tempo de processamento das operações.

Transporte (*Transporting*): caracteriza-se pelo transporte desnecessário de peças e produtos. Inclui o desperdício em grande escala causado pelo *layout* ineficiente no local de trabalho, pelo equipamento excessivamente grande, ou pela produção tradicional de lotes.

Correção (*Defects*): caracteriza-se pela ocorrência inspeções, defeitos, retrabalho e refugo (*scrap*), ou seja, são ações que acabam por demandar mais tempo que o necessário. Está relacionado a produzir e ter que consertar produtos com defeito.

Excesso de processamento (*Inappropriate Processing*): caracteriza-se por operações desnecessárias ou incorretas, geralmente devido a equipamento ou projeto ruim. É a utilização

incorreta de ferramentas, sistemas ou procedimentos, ou devido à falta de qualidade destes, que geram defeitos e deslocamentos desnecessários.

Estoque (*Unnecessary Inventory*): caracteriza-se simplesmente em ter mais material do que é necessário. Mais em detalhe, estoque em excesso significa camuflar a falta de equilíbrio da produção.

Excesso de produção (*Overproduction*): exemplificado pela Figura 2, caracteriza-se por fazer mais do que é demandado. Geralmente é considerado o pior tipo de desperdício, pois contribui com a ocorrência dos demais. Significa produzir coisas que não serão vendidas.

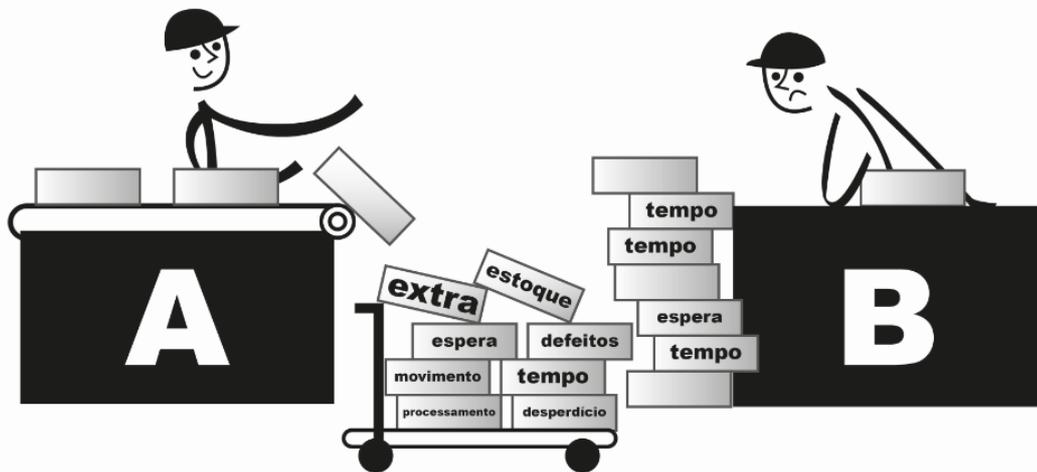


Figura 2 – Excesso de produção
Fonte: Rother & Shook (2003)

Conhecimento sem ligação (Intelectual): caracteriza-se por não utilizar a capacidade criativa e transformadora de cada colaborador. Relacionada à falta de comunicação, inibe o fluxo de conhecimento, idéias e criatividade, criando frustrações e oportunidades perdidas.

Além dos 7 (+1 = 8) tipos de *muda*, em Marchwinsky & Shook (2007) denota-se que existem outros dois termos que normalmente são utilizados em conjunto no STP (conhecidos como “os três Ms”) que descrevem coletivamente práticas que geram desperdício a ser eliminado. Assim, além de *muda*, 3M também é composto pelos termos *mura* e *muri*.

Mura se refere à falta de regularidade ou flutuação no trabalho, geralmente causadas por planos de produção oscilantes. Um exemplo simples seria uma linha de produção que

estivesse produzindo modelos complexos em um dos turnos, e modelos simples em outro. Ou seja, os trabalhadores ultrapassam seu limite durante metade do dia, e relaxam na outra metade (DENNIS, 2008).

Muri, quer dizer “difícil de fazer” e pode ser causado por variações na produção, maus projetos de funções ou de ergonomia, mau ajuste de peças, ferramentas ou gabaritos inadequados, e assim por diante (DENNIS, 2008).

Muda, *mura* e *muri* estão frequentemente relacionados entre si, assim a eliminação de um deles contribui para a eliminação dos demais.

Uma combinação de *muda*, *mura* e *muri* pode ser vista na Figura 3, na qual uma empresa que deve transportar seis toneladas de material deve determinar como o será feito. A primeira opção seria empilhar toda a carga para realizar uma única viagem. Contudo, isso seria *mura*, uma vez que isso sobrecarregaria o caminhão e o levaria a uma quebra (capacidade é de três toneladas), o que acabaria por gerar *muda* e *muri* também.



Figura 3 – *Muda*, *mura* e *muri* em combinação
Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

Uma segunda opção seria fazer duas viagens, uma com quatro e a outra com duas toneladas. Entretanto, isso seria *mura* devido à variabilidade na quantidade do material.

Também levaria à geração de *muri*, uma vez que em uma das viagens o caminhão estaria sobrecarregado, e *muda*, pois o ritmo irregular causaria desperdício de espera por parte dos funcionários da área de recebimento.

Com a primeira crise de petróleo em 1973, que seguida de recessão afetou governos, empresas e sociedades no mundo inteiro, tornou-se bastante óbvio que uma empresa não poderia ser lucrativa usando o sistema convencional de produção em massa americano, este que havia funcionado tão bem em períodos de rápido crescimento (OHNO, 1997).

Com o discernimento de que o sistema de produção em massa somente poderia tornar uma empresa lucrativa em períodos de prosperidade, o principal objetivo do STP era o de produzir muitos modelos em pequenas quantidades e a custos baixos, o que desafiou o sistema de produção em massa, modelo este que consistia em reduzir o custo unitário de automóveis em proporção ao aumento das quantidades produzidas.

Os dois pilares necessários à sustentação do STP são: (1) *Just-in-time*, que significa que em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária, e (2) *Autonomação*, ou automação com um toque humano, que é o controle visual de um trabalhador a diversas máquinas, recebendo atenção humana apenas quando a máquina pára devido a uma situação anormal (OHNO, 1997).

O Sistema Toyota de Produção pode aparentemente atuar em conformidade com o sistema de produção em massa desenvolvido por Henry Ford, uma vez que ambos utilizam linhas de produção e operam em perfeita sincronia. Mas o STP, através do princípio da fabricação *just-in-time*, apresenta uma mudança de paradigma que definitivamente difere da produção em massa com base em fluxo, isso ao desconsiderar uma série de conceitos deste modelo de produção baseado em grande volume, alta velocidade e empurrado (SHIMOKAWA & FUJIMOTO, 2011).

Segundo Shimokawa & Fujimoto (2011) a produção JIT rejeita os grandes desperdícios inerentes à abordagem desenvolvida por Henry Ford: grandes acúmulos de estoques de peças e produtos, tempos de troca desnecessariamente longos para ferramentas e moldes, ineficiências no uso de recursos humanos com um conjunto modesto de habilidades e a resultante inflexibilidade na acomodação a gamas variáveis de trabalho, além do imenso volume de desperdícios gerados por defeitos nos produtos.

2.2 *Just-in-time* e *Jidoka*: princípios básicos da manufatura enxuta

Pela Figura 4, é possível identificar o diagrama esquemático do Sistema Toyota de Produção. É possível notar, assim, que os princípios básicos do STP são o *Just-in-time* e o *Jidoka*. Em Dennis (2008), a formação da palavra japonesa *ji-do-ka* consiste de três caracteres chineses. O primeiro, *ji*, se refere ao próprio trabalhador. *Do* se refere ao movimento, ou trabalho, e *ka* ao sufixo “ação”.

Já em Marchwinsky & Shook (2007), para *jidoka* temos a definição de esta ser uma palavra criada pela Toyota, na qual a sua pronúncia é exatamente (e sua escrita em *kanji* é quase a mesma) a da palavra japonesa para automação, mas com conotações humanísticas e foco na criação de valor.

Esta conotação humanística e foco na criação de valor da palavra automação, se transcrita para o português, seria algo como *autonomação*, na tentativa de se descrever uma automação com um toque humano, automação com mente humana, automação com inteligência humana, ou ainda máquinas que podem evitar problemas “autonomamente”.

A semântica da palavra *autonomação* pode ser explicada por Marchwinsky & Shook (2007), uma vez que se dá aos equipamentos a habilidade de distinguir peças boas de peças ruins autonomamente, sem precisar do monitoramento de um operador. Elimina-se assim a necessidade dos operadores observarem continuamente, acarretando um grande aumento de

produtividade, pois um mesmo trabalhador pode operar diversas máquinas, o que é comumente chamado de manuseio de múltiplos processos.

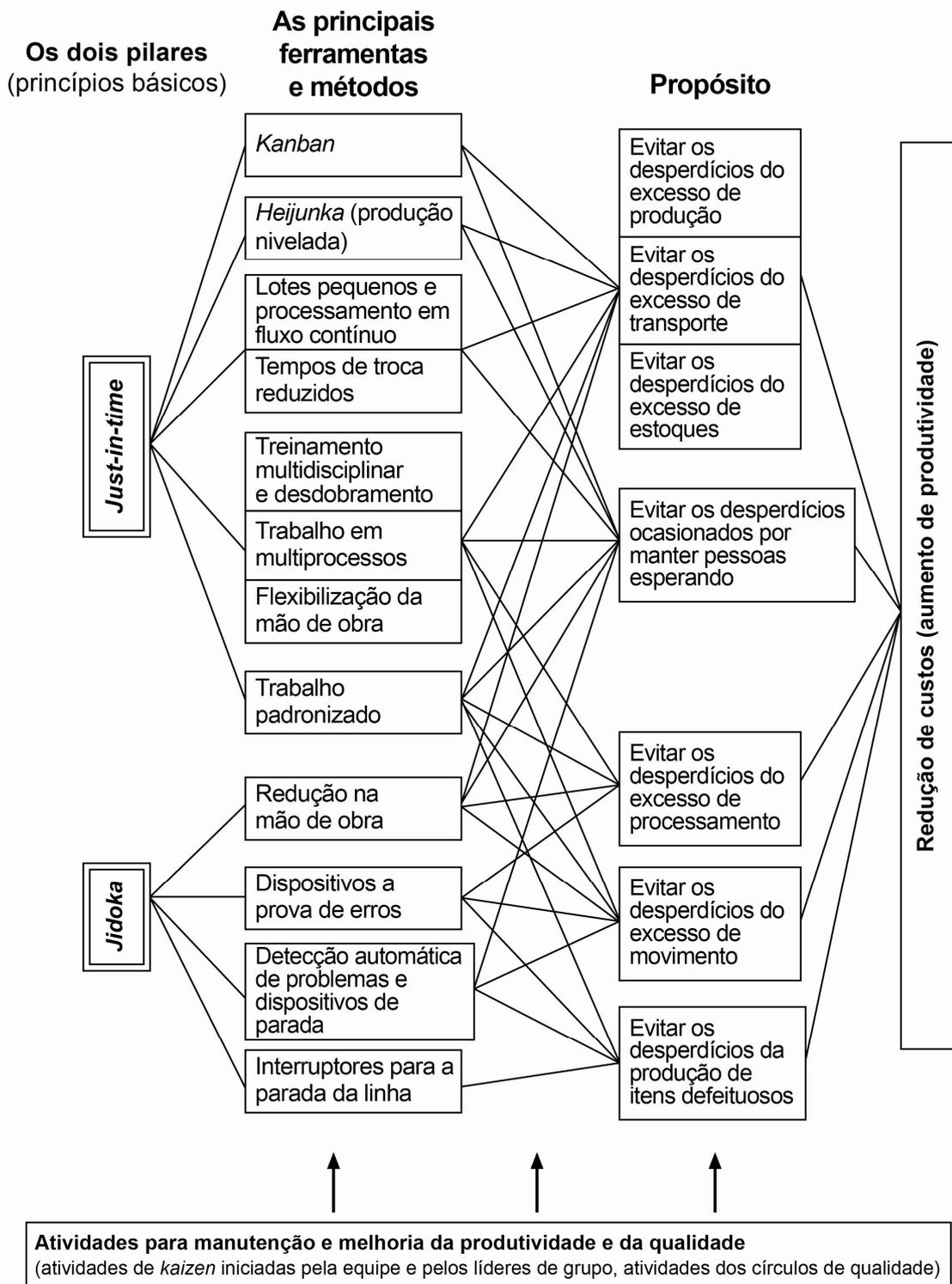


Figura 4 – Diagrama esquemático do Sistema Toyota de Produção
Fonte: Shimokawa & Fujimoto (2011)

Terminologias à parte, *jidoka* significa basicamente dar condições às máquinas e aos operadores a habilidade de se perceber algo anormal em uma linha ou célula de produção para então interrompê-la imediatamente, evitando assim a manufatura de produtos defeituosos e também de haver superprodução, permitindo que a origem de determinada anormalidade seja investigada.

Denotando a evolução rumo ao *jidoka*, a Figura 5 demonstra pelas suas duas primeiras representações a mudança de um processo de alimentação manual para um processo de alimentação automática, o que não deixa de manter um operador na observação do ciclo da máquina. Já na terceira representação da Figura 5, com o *andon* aliado à saída automática de peças, a necessidade de um operador observando o ciclo de máquina é eliminada, determinando que a máquina seja automonitorada e necessite de um operador apenas quando ocorrer alguma falha, que terá seu alerta disparado pela luz do *andon*.

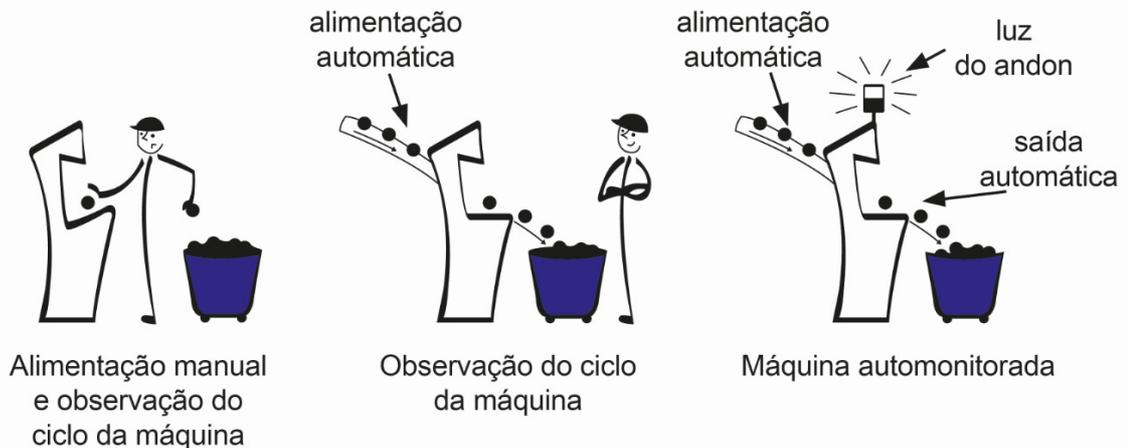


Figura 5 – A evolução rumo ao *jidoka*
Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

Jidoka é um dos controles de qualidade em sistemas enxutos. *Jidoka* significa “qualidade na fonte” e é implementada por meio da ferramenta *andon* (significado de lanterna em japonês). Sempre que um problema de qualidade é visto em um sistema JIT, a produção é interrompida. A idéia é não passar um defeito se quer para a próxima fase no sistema resolvendo o problema imediatamente (MEFFORD, 2009).

Segundo Shimokawa & Fujimoto (2011), a abordagem estadunidense à produção tinha uma ênfase nada salutar no sentido de manter a linha sempre em movimento e o mais rápido possível, mas manter a linha andando não deve ser um fim em si mesmo. O trabalho cansa, e se um trabalhador se sentir fatigado, deve parar a linha. Isso chama a atenção para o problema. Por outro lado, alguns tipos de trabalho não permitem parar a linha ou mesmo variar a velocidade. Esses tipos de trabalho pedem outras abordagens para a exposição do problema e o incentivo ao *kaizen*

A abordagem do *jidoka* provou ser eficaz na resolução de problemas de qualidade por várias razões. Primeiro, torna os trabalhadores responsáveis pela qualidade como parte integrante de seus trabalhos, promovendo o interesse e a atenção. Segundo, os trabalhadores podem ver problemas de qualidade que os inspetores no final do processo podem não perceber. Em terceiro lugar, ela destaca a questão de qualidade em sua origem, levando a uma identificação mais previsível de sua causa raiz que se fosse feito posteriormente, o que de fato poderia acontecer. E por fim, tornando trabalhadores responsáveis pela qualidade, *jidoka* determina seu esforço na solução de problemas de qualidade, tal como exigido pelo *kaizen* (MEFFORD, 2009).

A *autonomação* também muda o significado da gestão. Não será necessário um operador enquanto a máquina estiver funcionando normalmente. Apenas quando a máquina pára devido a uma situação anormal é que ela recebe atenção humana. Como resultado, um trabalhador pode atender diversas máquinas, tornando possível reduzir o número de operadores e aumentar a eficiência da produção (OHNO, 1997).

Ohno (1997) explica que na Toyota uma máquina automatizada com um toque humano é aquela que está acoplada a um dispositivo de parada automática. Em todas as fabricas da Toyota, a maioria das máquinas, novas ou velhas, estão equipadas com esses

dispositivos, bem como vários outros, em especial os sistemas *baka-yoke* à prova de erros para impedir produtos defeituosos.

O termo “À Prova de Erros” (*Error-Proofing*) são métodos que ajudam os operadores a evitarem erros em seu trabalho, tais como a escolha de uma peça errada, a montagem incorreta de uma peça, esquecimento de um componente, etc. Também é conhecido como *poka-yoke*, que significa à prova de defeitos, ou *baka-yoke*, que significa à prova de bobeira (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

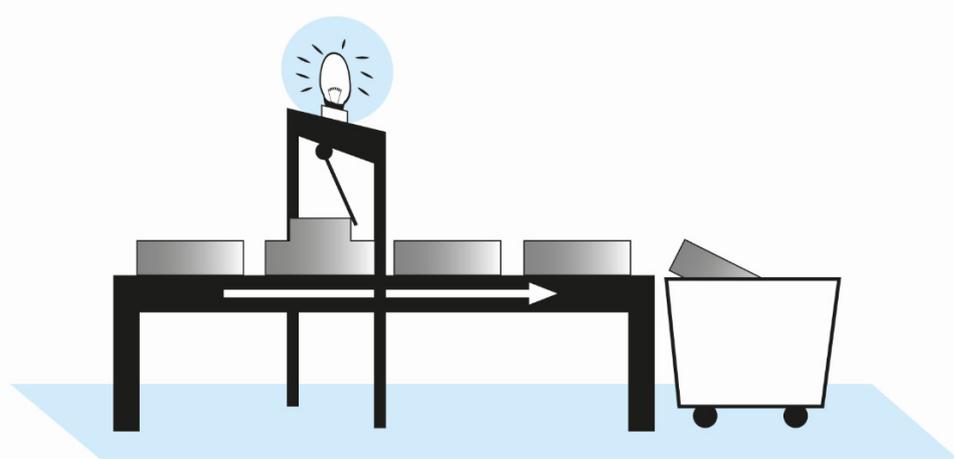


Figura 6 – Dispositivo à prova de erros com base em contato
Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

Na Figura 6, por exemplo, nota-se um dispositivo acoplado a uma base tocando uma caixa fora do padrão que passa sobre a esteira, evitando o envio desta caixa defeituosa para a operação posterior, que devido a grandes volumes diários ou à velocidade da esteira, passaria sem inadvertência despercebida.

Segundo Dennis (2008), *poka* significa “erro inadvertido”, e *yoke* significa “prevenção”. *Poka-yoke* significa implementar dispositivos simples, de baixo custo, que, ou detectem situações anormais antes que ocorram, ou, uma vez que essas tenham ocorrido, parem a linha para prevenir defeitos. Utilizando inicialmente *baka-yoke*, que significa estar imune a imperícias, teve seu termo alterado para evitar conotações negativas para os trabalhadores.

Também correlacionado como fonte de inspeção, *poka-yoke* ou Sistema *Poka-yoke* é a principal fonte de estímulo à inovação e criatividade pelos trabalhadores no chão de fábrica, que por serem caracterizados como dispositivos simples de baixo custo, se diferem dos tradicionais meios auxiliares de produção, sendo por vezes ainda mais eficientes.

Para efeito de gerenciamento visual, e citado por MEFFORD (2009) como ferramenta de implementação do *jidoka*, a palavra *andon*, como já dito que do japonês significa “lâmpada”, pode ser basicamente um simples luminoso ou até mesmo um quadro mais complexo que contenha estações de trabalho, máquinas, linhas ou células de produção, etc, conforme mostra a Figura 7.

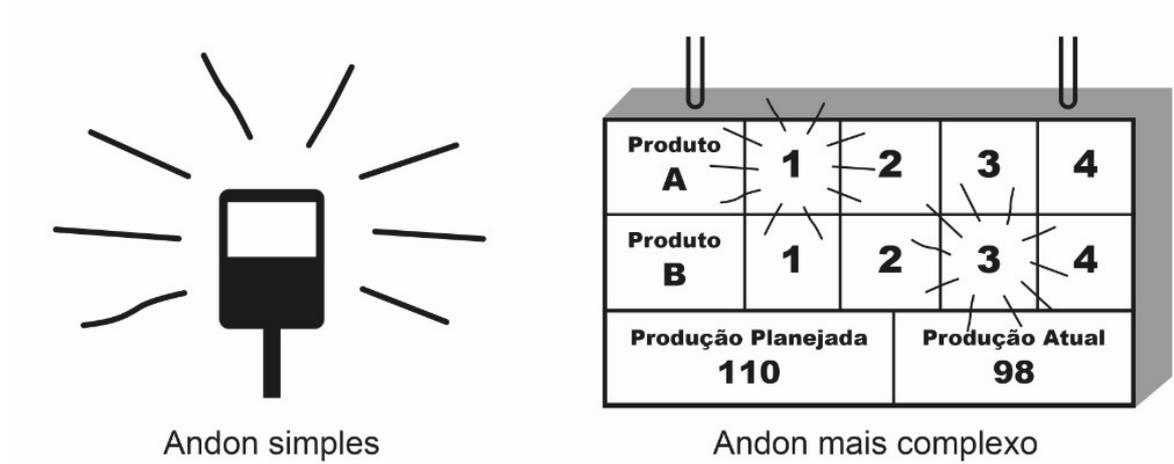


Figura 7 – Exemplo de *andon* simples e *andon* mais complexo
Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

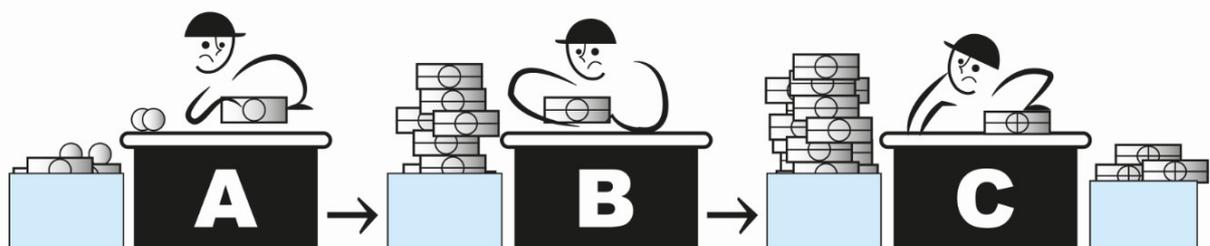
O *andon* pode ser conectado a um sensor que dispara o alerta com a luz que se ascende automaticamente, ou ainda pode ser operado por algum trabalhador, desde que isso ocorra somente quando alguma anormalidade ocorre no processo produtivo.

Um *andon* pode indicar o status da produção (por exemplo, quais máquinas estão operando), uma anormalidade (por exemplo, parada da máquina, problema de qualidade, erros de ferramental, atrasos do operador e falta de materiais) e as ações necessárias, como a necessidade de trocas. Um *andon* também pode ser utilizado para descrever o status da produção, em termos do número planejado de unidades em comparação ao resultado real (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

Como exemplo, imagina-se a existência de uma esteira em um processo de empacotamento final, onde às vezes as caixas não são preenchidas devido a erros de máquina, mas são fechadas e expedidas mesmo assim. Como ação de melhoria, instala-se como dispositivo *poka-yoke* um ventilador de pedestal ao lado da esteira que produza uma corrente de ar forte o suficiente para derrubar da esteira as caixas que não foram preenchidas. Quando isso ocorre, o *andon* dispara o alerta, mantendo-se desta maneira até que um operador corrija a falha, para que então a produção possa voltar a fluir normalmente. Isto é *Jidoka*.

Como já dito anteriormente, no outro pilar do STP tem-se o sistema JIT, que do inglês na verdade dever-se-ia ser escrito como *just on time* devido à sua estrutura gramatical, podendo significar “apenas a tempo”, “somente no momento”, ou então “apenas o item necessário na hora necessária”.

A produção convencional em massa “empurra” os produtos fluxo abaixo baseado na demanda projetada, na qual as etapas anteriores são realizadas para atender a produção das etapas posteriores sem considerar as variações no ritmo de trabalho, entregando os materiais em grandes lotes e sem frequência determinada, o que inevitavelmente os deixa esperando em fila, uma vez que o processo de desenvolvimento é seqüencial e não simultâneo. Basicamente, o produto é levado ao processo, e não o contrário.



Produção em lote e fila

Figura 8 – Produção em lote e fila
Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

Observando a Figura 8, percebe-se a formação de filas de estoques em processo (*work-in-process*) precedentes às etapas “B” e “C”, nível elevado se comparado ao de matéria-prima e de produto acabado. Esta formação de estoques WIP acaba por vir a proteger o fluxo de

produção de eventuais interrupções, o que também esconde as reais causas que resultam em baixa qualidade e baixa produtividade.

Corrêa & Gianesi (1996) sujeitam a manutenção dos estoques a duas causas principais: a primeira refere-se à eventual dificuldade de coordenação entre a demanda de um item e seu processo de obtenção, que pode ser causada pelo grande número de produtos diferentes ou mesmo da quantidade de componentes e submontagem destes produtos. A segunda razão é a presença de incertezas, que podem estar associadas à demanda dos itens a serem fabricados e ao processo de obtenção dos mesmos.

Desta forma, manter o controle dos níveis de estoques é difícil. A falta de peças não é incomun e estoques *just-in-case* (“só para estar seguro”) são mantidos como prevenção. O espaço no chão e nas prateleiras se reduz, o que significa que são necessárias instalações maiores e mais equipamentos de transporte e pessoal. As instalações e os lotes enormes isolam os trabalhadores e atrapalham a comunicação (DENNIS, 2008).

Existe ainda uma gama de problemas associados a estoques não descritos anteriormente, mas que são correlacionados, tais como uma menor capacidade de adaptação às flutuações de mercado, maiores perdas por obsolescência ou deterioração, maior necessidade de capital de giro ou um maior custo financeiro, etc. Assim, o sistema JIT tem por objetivo a redução dos estoques, de maneira que estes problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados.

A Figura 9 faz uma analogia do estoque e o investimento com um curso de água que encobre pedras que representam os diversos problemas de um processo produtivo. O fluxo de produção, representado pelo barco, flui a um nível alto de investimento em estoque, mas com a redução dos estoques representada pela diminuição do nível de água, exige-se a solução dos problemas de produção que se tornam gradualmente visíveis, embora não deixassem de existir.

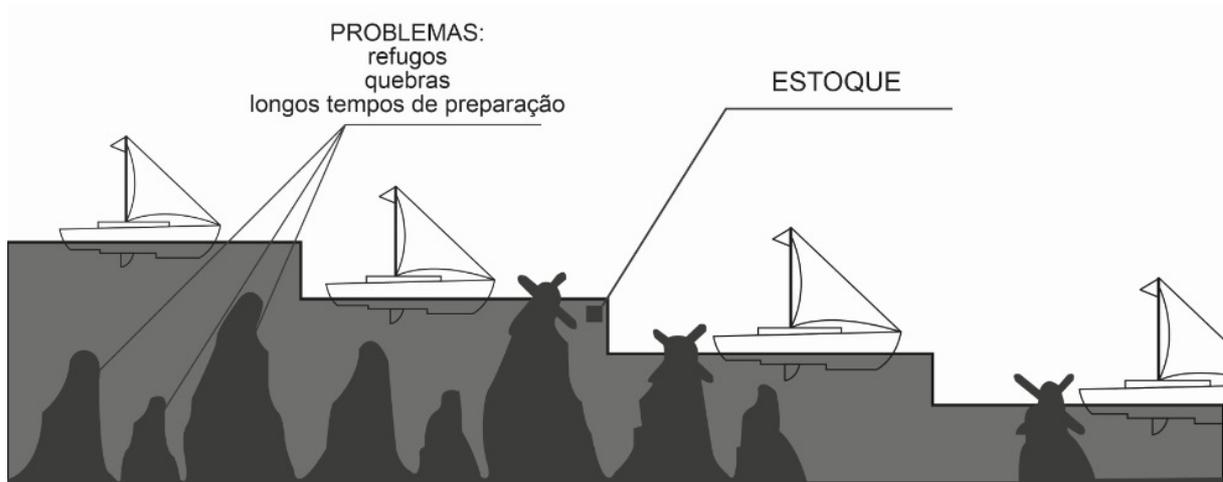


Figura 9 – Redução dos estoques para expor os problemas do processo
 Fonte: Corrêa & Giansi (1996)

Este conceito de produção *Just-in-Time* ou simplesmente JIT, que produz e entrega apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária, baseia-se no *heijunka*, e é formado por três elementos operacionais: o sistema puxado, o tempo *takt* e o fluxo contínuo (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

Para Dennis (2008), a essência do JIT é fazer o valor fluir para que o cliente possa puxar, definindo como seus componentes o *kanban*, este um sistema de ferramentas visuais que sincronizam e fornecem instruções aos fornecedores e clientes tanto dentro como fora da fábrica, e o *heijunka*, que dá suporte ao trabalho padronizado e ao *kaizen*, na qual produz-se em um mesmo ritmo dia-a-dia como forma de minimizar os picos na carga de trabalho, e também paradoxalmente dar suporte a uma rápida adaptação à demanda flutuante.

Já em Takeuchi (2008), toda e qualquer ferramenta que sustenta o pilar JIT tem de ser executado dentro dos rigorosos padrões do trabalho padronizado, composto pelos três elementos: tempo *takt*, diagrama de trabalho padronizado e estoque padrão de processo. O trabalho padronizado é o fundamento de toda e qualquer operação, pois executar repetitivamente de forma ordenada e disciplinada a seqüência do elemento de trabalho, cada qual com o seu tempo pré-estabelecido, é o que mantém todo o sistema conectado.

No caso de indústrias químicas, alimentícias e as demais que não utilizam desenhos detalhados para a fabricação dos produtos, pode não caber a padronização de medidas, mas

sim padronizar especificações e informações técnicas sobre formulações, embalagens entre outras (NISHIDA, 2007).

2.3 O Sistema *Kanban*

Em Marchwinsky & Shook (2007), o termo *kanban* significa “sinais” ou “quadro de sinais” em japonês. Já para Corrêa e Gianesi (1996), *kanban* é o termo japonês que pode significar “cartão”. Este cartão age com o intuito de disparar a produção em estágios anteriores do processo produtivo, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais.

Desde sua introdução na Toyota nos anos 1970, *Kanban* teve um grande sucesso em aplicações industriais. Ele consiste na atribuição de um número finito de número de cartões em cada estágio de uma linha de produção (LAVOIE et al, 2010).

Em manufatura, uma abordagem *Kanban* fornece um meio visual de se gerir o fluxo de um processo. Quadros de sinalização são criados para dada capacidade do processo em que o cartão é associado para cada peça de trabalho. O trabalho pode ser a criação de uma peça, a integração de uma peça em uma montagem, ou uma tarefa qualquer. Uma vez que todos os cartões tenham sido associados, nenhum trabalho pode começar antes que a parte anterior esteja concluída, para que então seu cartão torne-se disponível (TURNER *et al*, 2012).

Ohno (1997) define o *Kanban* como o método de operação do STP. A forma mais frequentemente usada é um pedaço de papel dentro de um envelope de vinil retangular, na qual as informações podem ser divididas em três categorias: (1) informação de coleta, (2) informação de transferência, e (3) informação de produção. O *kanban* carrega a informação vertical e lateralmente dentro da própria Toyota e entre a Toyota e as suas empresas colaboradoras.

O sistema *Kanban* envolve a troca de informações com os fornecedores por ordens, cronogramas de produção e estoques, o que pode contribuir para reduzir o tempo de espera, desde a concepção do produto até o mercado (KASARDA & RONDINELLI, 1998; WU, 2003).

Com base na Figura 10, hipoteticamente temos um exemplo de cartão *kanban*, na qual a empresa *Ohashi Iron Works* (Fundição *Ohashi*) entrega peças à fábrica central da *Toyota Motors* usando este *kanban* de pedido de peças para subcontratantes. O número 50 representa o número do portão de recebimento da *Toyota*. A parte superior indica a área de estocagem “A”. Já o número 21 é o número de controle de item para as peças.

Hora da Entrega 10:30  Fundição Ohashi Prateleira nº 1 - Embaixo	Área de estocagem <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; text-align: center;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; text-align: center;">1-1</div> </div>		Fábrica Central da Toyota Motors
	Número do item 53018-60011	Identificação	Montagem nº 2
	Nome do item Linha de pressão do radiador	Usado em FJ Carro tipo (I)	
	21	Tipo de caixa Especial	50
Capacidade da caixa 30			
Kanban de pedido de peças			

Figura 10 – Uma amostra de *kanban*
 Fonte: Ohno (1997)

Shimokawa & Fujimoto (2011) definem o *kanban* como o sistema de controle de produção desenvolvido para por em prática três regras: retirada de peças pelos processos posteriores, produção e transporte de pequenos lotes, e nivelamento de produção. Afirma ainda que o *kanban* é um sistema para a produção *just-in-time* e para a utilização das plenas competências dos empregados, que desde que começaram a ser usados, os setores da Toyota deixaram de lado a dependência de computadores.

O Sistema *Kanban* dentro da estrutura de planejamento de produção é apresentado na Figura 11.

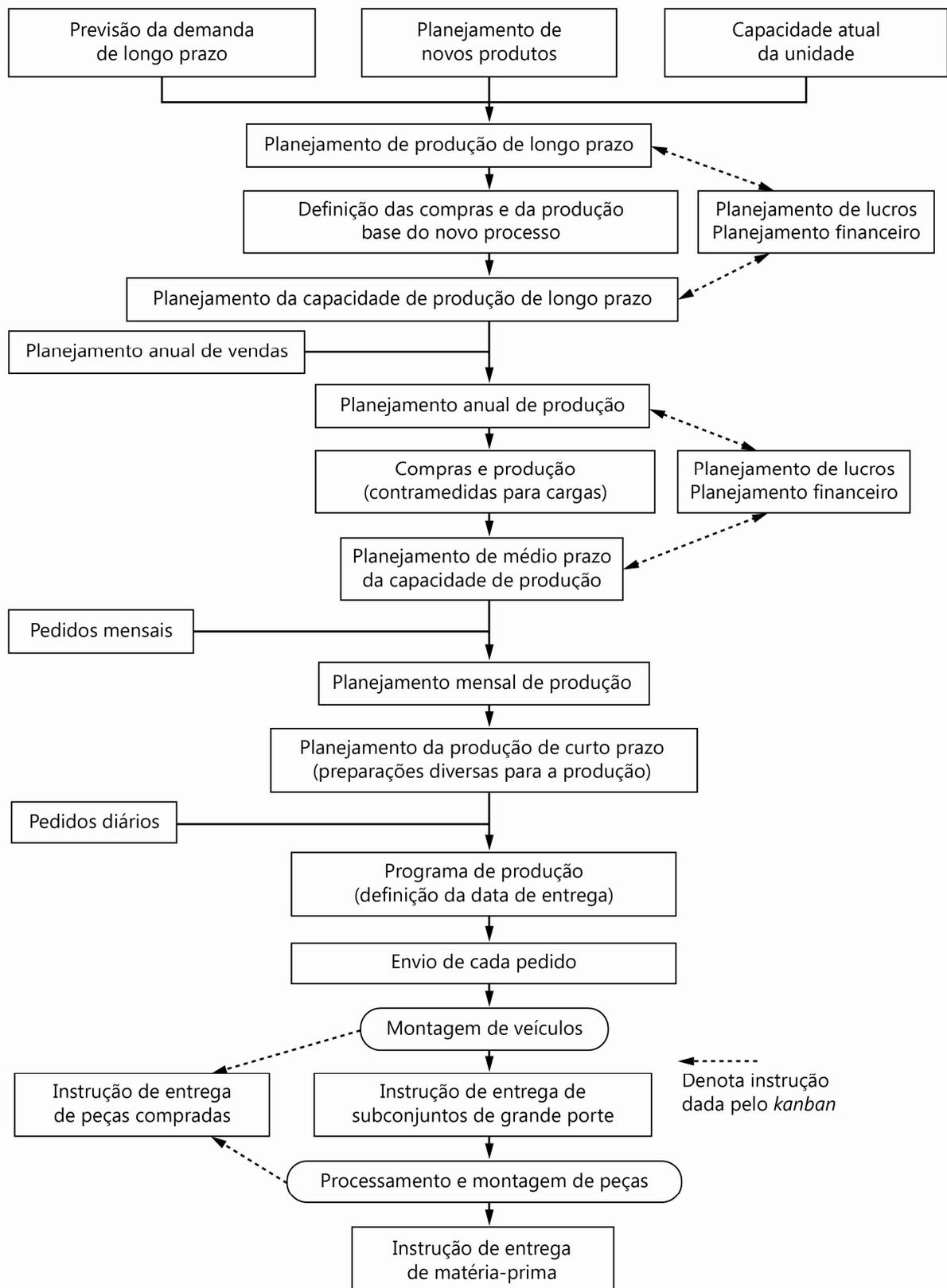
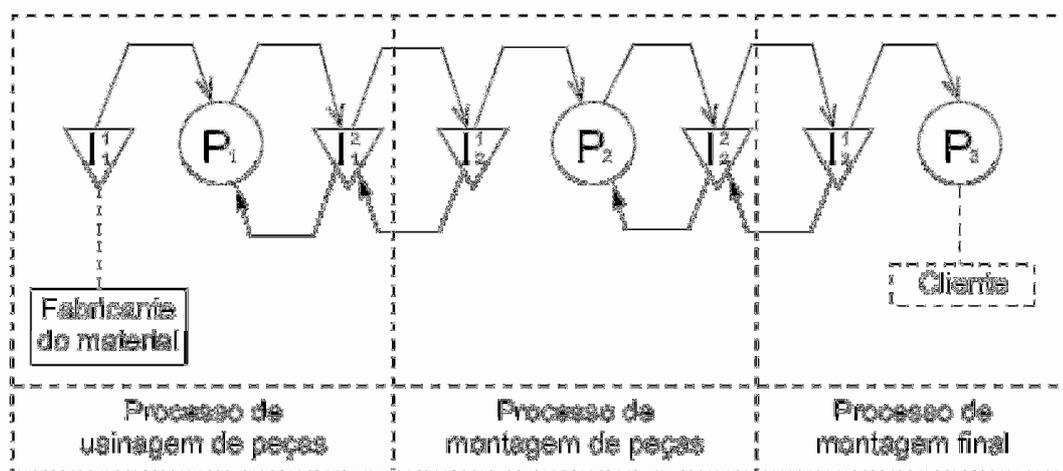


Figura 11 – A estrutura do planejamento de produção com *kanban*
 Fonte: Shimokawa & Fujimoto (2011)

Conforme a função que exercem e quaisquer que sejam a sua forma, os cartões *kanban* têm duas funções em uma operação de produção, assim podem ser divididos em dois grupos: os cartões *kanban* de produção, que instruem os processos para a fabricação ou a montagem de determinado lote de itens, e os cartões *kanban* de retirada (também podem ser chamados de cartões *kanban* de requisição ou movimentação), que instruem a movimentação de lotes entre o cliente e o fornecedor, podendo ser ainda de requisição interna, ou de requisição externa à empresa ou de fornecedores.

Esses dois tipos de *kanban* são sempre colocados nos contêineres de peças. Quando o conteúdo de um contêiner começa a ser utilizado, o *kanban* de transporte é retirado do contêiner e transportado ao processo anterior para apanhar outro contêiner dessa peça. Após isso, o *kanban* de produção preso ao contêiner é retirado, transformando-se em informação de produção do processo, e a peça é produzida para repor o que foi retirado (SHIMOKAWA & FUJIMOTO, 2011). O fluxo de peças e o *kanban* são mostrados na Figura 12.



- P_i: Operação do processo i
- I_i¹: Estoque de peças do processo i
- I_i²: Estoque de produtos acabados do processo i
- : Fluxo do *kanban*
- : Fluxo de peças

Figura 12 – O fluxo de peças e o *kanban*
 Fonte: Shimokawa & Fujimoto (2011)

Desta maneira, o processo de produção final conecta-se aos processos anteriores (ou aos fornecedores), tal como um elo ou uma cadeia. Assim, tem-se uma produção JIT em todas as etapas do processo. O trabalho em conjunto do *kanban* de produção com o *kanban* de retirada é uma condição mandatória para que seja criado um sistema puxado de produção. Desde que nenhuma peça seja produzida ou movimentada sem a presença de um *kanban*, é possível afirmar que esta condição estará sustentada.

Por outro lado, Ohno (1997) expõe que, para que o processo precedente produza apenas a quantidade retirada pelo processo subsequente, cada processo deve estar preparado para produzir apenas o necessário. Se acontecerem retiradas irregulares em termos de tempo e quantidade, o processo precedente deve ter mão-de-obra e equipamentos adicionais para aceitar esses pedidos. Isso se torna uma carga pesada. Quanto maior a flutuação na quantidade retirada, tanto mais capacidade excedente é requerida pelo processo precedente.

Para evitar tal desajuste, os picos e as baixas na produção devem ser equilibradas entre si tanto o quanto possível, de forma que o ritmo flua suave. Dentre as várias definições que podem ser usadas para prática, podemos citar o nivelamento de produção, suavização de produção (*production smoothing*), suavização de carga, produção nivelada (*level production*), ou então apenas *heijunka*.

Apesar de tudo o que foi explanado até o momento, é importante ressaltar que para qualquer programação, controle de estoque e sistema de movimentação de material funcione, é necessário algum nível de estabilidade básica na programação de produção, como a fixação do plano de produção em alguns dias.

Mesmo na TMC a programação da montagem final é fixa por um período de 2 a 3 dias. Caso contrário, provoca-se muitas ondulações no fluxo acima que rompem a produção e pioram a produtividade e as entregas no prazo. Este fenômeno destrutivo é conhecido

popularmente como “efeito chicote”, já que transmite ondas de amplificação da demanda pelo fluxo acima (SMALLEY, 2007).

2.4 Nivelamento de Produção e *Heijunka Box*

Heikunja é uma palavra em japonês, que grosseiramente pode ser traduzida como “nivelamento”. Para Dennis (2008), *heijunka*, ou nivelamento da produção, significa distribuir o volume e a mistura de produção de forma equilibrada através do tempo. Quanto mais se nivela a mistura de produção, mais curto é o *lead time*, menor é o estoque de produtos finais e de WIP necessário, e menor é o desequilíbrio e a sobrecarga sofrida pelos operadores.

Em Marchwinsky & Shook (2007), temos que *heijunka* significa nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo, que permite que a produção atenda eficientemente às exigências do cliente, ao mesmo tempo em que evita excesso de estoque, reduz custos, mão-de-obra e lead time de produção em todo o fluxo de valor.

A prática de produção enxuta que protege o produtor da variabilidade na seqüência dos trabalhos a serem processados é o *heijunka*, na qual a produção está programada de modo que a linha de produção produza a mesma seqüência de produtos através de um determinado período de tempo, com essa seqüência alternando entre uma necessidade maior ou menor de produtos (HÜTTMEIR et al, 2009). Basicamente, para Hüttmeir (2009) o objetivo do *heijunka* é proteger a linha de produção da volatilidade da demanda.

Referente à produção nivelada por tipo de item, com base no exemplo da Figura 13, supõe-se um fabricante de camisetas que possui quatro tipos de produto: A, B, C e D, com a seguinte demanda semanal: cinco camisetas do modelo A, três camisetas do modelo B e duas camisetas para os modelos C e D.

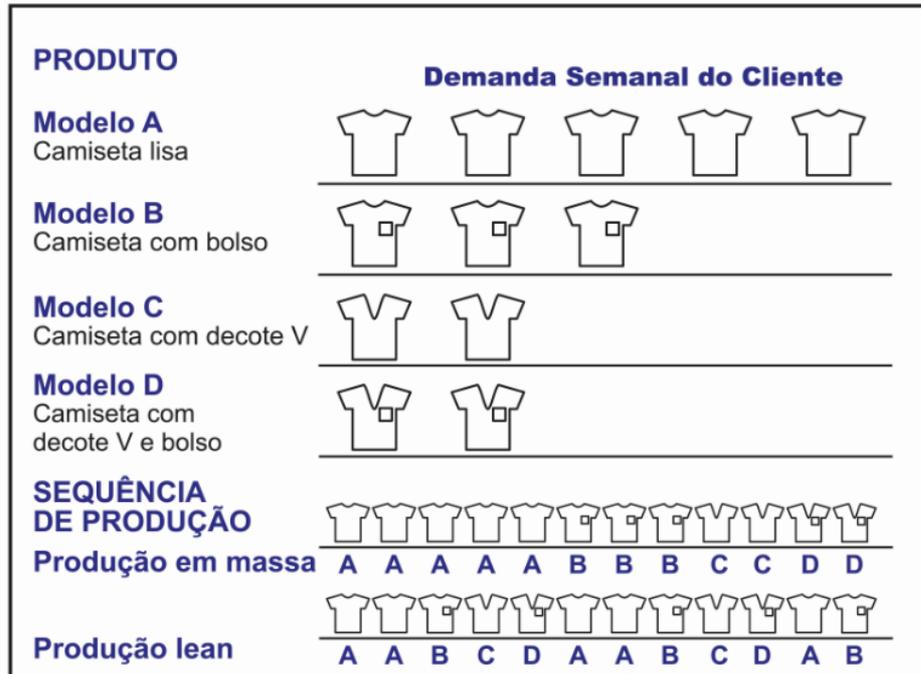


Figura 13 – Nivelamento por tipo de produto
Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

Para um fabricante de produção convencional em massa, visando economia de escala e minimização de trocas de máquinas, provavelmente utilizaria como seqüência de produção seus produtos na ordem **AAAAABBBCCDD**.

Entretanto, utilizando-se das técnicas de manufatura enxuta, o envio de lotes inconstantes fluxo abaixo seria evitado, resultando na seqüência de produção **AABCD AABCDAB**, além de utilizar-se das técnicas *kaizen* de melhoria contínua para a redução dos tempos de troca. Importante considerar que este exemplo trata apenas do nivelamento por tipo de produto e não do nivelamento para quantidade de itens.

A utilização de pequenos lotes também propicia uma resposta rápida às constantes mudanças na demanda do cliente, assim como já dito das oscilações do processo, pois ao invés de acompanhar grandes lotes que podem durar dias ou até mesmo semanas, analisando dia-a-dia é possível uma melhor compreensão da variabilidade existente, da mesma maneira que o monitoramento da performance hora a hora permite corrigir os desvios prontamente.

Definidos os termos do sistema *kanban* e aliado ao entendimento dos conceitos de nivelamento de produção, para que seja possível uma explanação mais aprofundada dos

conceitos de um sistema puxado de produção, é necessário o entendimento do *heikunka box*, também conhecido como caixa *heijunka*, ou ainda caixa de nivelamento.

Heikunka box é uma ferramenta utilizada para nivelar o mix e o volume de produção (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007). Caixa de *heijunka* é uma ferramenta de programação de produção que diz visualmente quando, o que e quanto produzir (DENNIS, 2008).

A Figura 14 apresenta um *heijunka box* típico. Cada linha horizontal é designada a um tipo de produto e cada coluna vertical representa intervalos idênticos de tempo para a retirada ritmada de *kanban*. O turno começa às 07:00h e a retirada de *kanban* ocorre a cada 20 minutos.

Enquanto os espaços representam o tempo do fluxo de material e de informação, cada *kanban* nos espaços representa um *pitch* de produção para um tipo de produto (*pitch* é o tempo *takt*, que é o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente, multiplicado pela quantidade em uma embalagem).

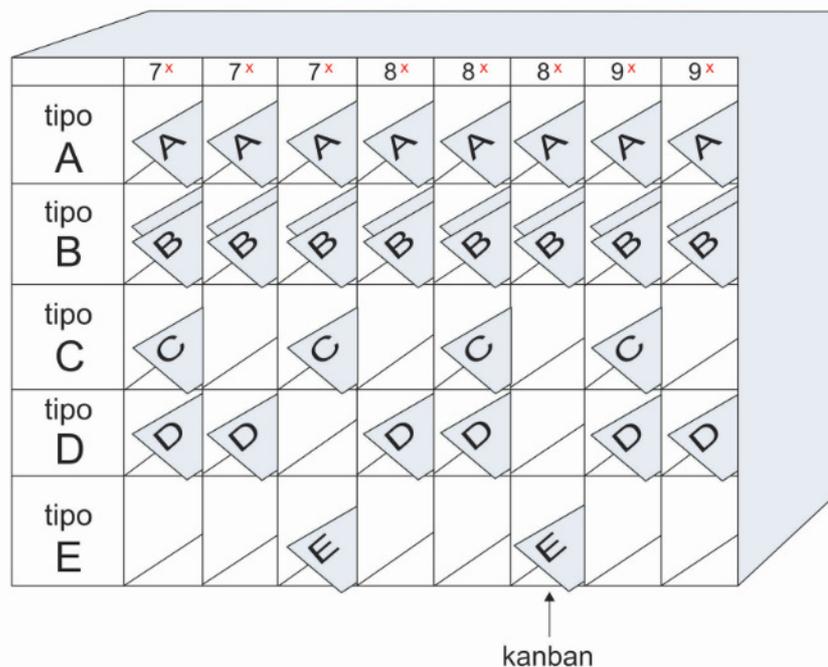


Figura 14 – Típico *Heijunka box*
Fonte: Rother & Shook (2003)

Para o produto A, o *pitch* é de 20 minutos e há um *kanban* em cada intervalo de tempo. Já para o produto B, como o *pitch* é de 10 minutos, existem 2 *kanbans* para cada

espaço. Seguindo a mesma lógica, uma vez que o produto C possui um *pitch* de 40 minutos, há um *kanban* espaço sim, espaço não. Já os produtos D e E compartilham um mesmo processo de produção, na qual a sua relação ou taxa de demanda do produto D para o produto E é de 2:1. Assim, existe um *kanban* para o produto D nos primeiros dois espaços, e um *kanban* para o produto E no terceiro espaço, e assim por diante.

Conforme a Figura 14, o *heijunka box* nivela a demanda em pequenos incrementos de tempo, ao invés por exemplo de liberar uma demanda equivalente a um turno, dia ou semana, e nivela a demanda por *mix* de produtos, garantindo por exemplo, que o produto D e o produto E sejam produzidos em um lote constante.

Definido como o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente, segundo Rother & Harris (2008), *takt time*, utilizado no *heijunka box* para definição do *pitch*, é um número de referência utilizado para ajudar a vincular a taxa de produção em um processo puxador ao ritmo das vendas. “*Takt*” é uma palavra alemã para velocidade, compasso ou ritmo, figurativamente comparada à “batuta do maestro”.

De acordo com a Toyota, uma produção é estável quando atende no mínimo 95% do planejado, com recursos para conseguir recuperar o atraso dentro do mesmo período (...) além disso, uma produção ou processo é considerado estável quando tiver métodos claros e robustos para rapidamente resolver todos os problemas ocorrentes (KAMADA, 2007).

Quanto mais constante for o tempo *takt*, mais estável será o sistema produtivo. Isto é, para cada mudança no tempo *takt*, há a necessidade de refazer e atualizar o trabalho padronizado. Para alterar o tempo *takt* precisa haver um consenso de toda cadeia do negócio - do cliente que está puxando através da demanda até o fornecedor de matérias-primas e peças/componentes - pois para produção significa aumento na mão-de-obra (KOSAKA, 2005).

2.5 Fluxo Contínuo

Existem vários termos relacionados que envolvem tempo que são importantes para a compreensão de um fluxo contínuo, que como já dito anteriormente, é um dos elementos operacionais do JIT, esta característica inerente e peculiar do STP.

Um destes termos é o tempo de ciclo, que comparado com o “*takt time*”, fornece a frequência que o cliente necessita de uma unidade acabada, ou ainda com que frequência realmente se fabrica esta unidade acabada que sai do final da célula ou linha de produção no processo puxador.

Não é incomum encontrar processos operados com tempos de ciclo inferiores ao “*takt time*”. Em uma operação com três turnos, por exemplo, provavelmente os tempos de ciclo serão inferiores ao “*takt time*” porque de outra maneira, não haveria tempo o suficiente para recuperar atrasos em caso de falhas. No entanto, este tipo de situação leva à maior probabilidade de excesso de produção e de haver a utilização de mais operadores que o necessário, conforme é demonstrado na Figura 15.

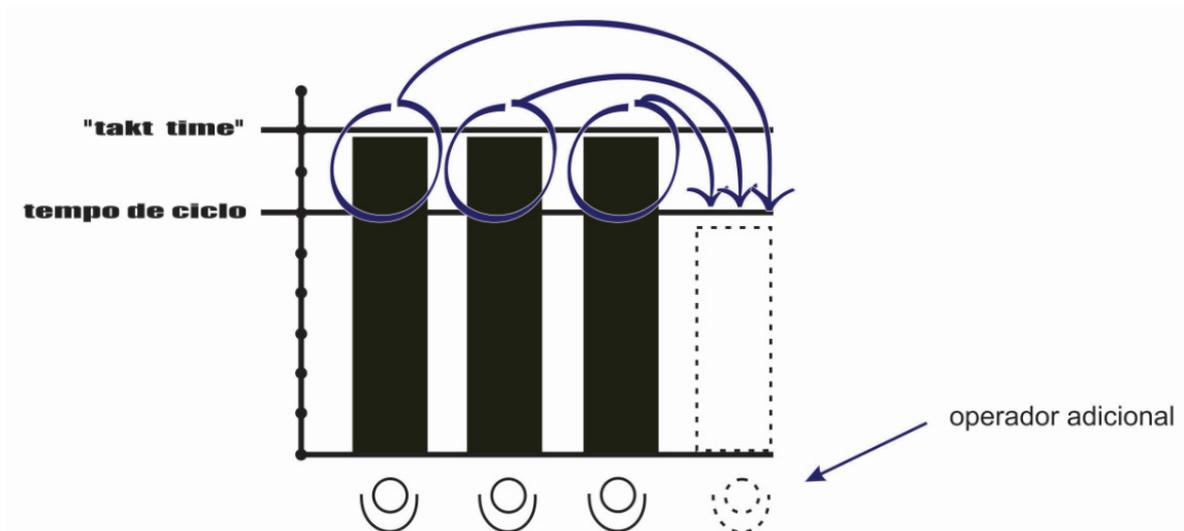


Figura 15 – Relação do *takt time* com tempo de ciclo
Fonte: Rother & Harris (2008)

A inevitabilidade de problemas na manufatura é uma das razões pelas quais muitas fábricas do grupo Toyota têm seu processo puxador em dois turnos de trabalho, com de uma a

quatro horas de diferença entre os turnos. Desta forma, existe tempo para compensar as perdas de produção com poucas horas extras no final de cada turno (ROTHER & HARRIS, 2008).

Kamada (2007) afirma que vivemos em um mundo na qual os problemas certamente ocorrerão, e é por esta razão que na Toyota os turnos de trabalho são espaçados, de uma a duas horas para que cada turno possa recuperar o seu atraso.

De acordo com a Toyota, uma produção é estável quando atende no mínimo 95% do planejado, com recursos para conseguir recuperar o atraso dentro do mesmo período, pois vivemos em um mundo no qual os problemas certamente ocorrerão. É por esta razão que na Toyota os turnos de trabalho são espaçados, de uma a duas horas, e portanto cada turno deve recuperar seu atraso (KAMADA, 2007).

Uma das práticas na Toyota é de utilizar o recurso de trabalhar mais horas no caso de aumento de demanda – até na ordem de 30% – mantendo o tempo *takt* sem mudança (...) no caso de diminuição da demanda, trabalha-se menos horas, mantendo assim inalterado o tempo *takt*. Todo esforço é para manter o sistema produtivo o mais estável possível, não criando abalos e variações abruptas (KOSAKA, 2005).

Dentre os demais termos que envolvem tempo que não foram citados, pode-se considerar como relevantes o tempo efetivo de ciclo de máquina, tempo de ciclo de máquina, tempo de ciclo de operador, *lead time* do pedido, tempo ente pedido e faturamento, tempo de processamento, *lead time* de produção (também conhecido como *throughput* e tempo total do ciclo do produto), ou ainda tempo de agregação de valor.

Uma técnica característica que envolve a questão de ritmos, aliada à utilização das ferramentas já expostas, tais como a caixa *heijunka* e o *kanban*, é a retirada ritmada ou compassada (*placed withdrawal*).

A retirada ritmada consiste na prática de liberação das ordens de produção para as áreas de trabalho e de retirada de produtos acabados dessas áreas em um ritmo fixo e

freqüente. Essa prática pode ser adotada como um meio de conectar os fluxos de material aos fluxos de informação (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

Com base na Figura 16, o movimentador de materiais percorre os quatro pontos marcados, iniciando no ponto 1 com a retirada das instruções de produção através de um *kanban* em um *heijunka box*, para depois entregá-lo ao ponto 2, ponto que é o processo de produção em si, dando este o sinal para que se inicie a produzir. O movimentador retira os produtos acabados de um processo de produção, ponto 3, e os leva à expedição, ponto 4. Depois disso, retira-se o *kanban* de produção da caixa de coleta e inicia-se todo um novo ciclo no mesmo ritmo do ciclo anterior.

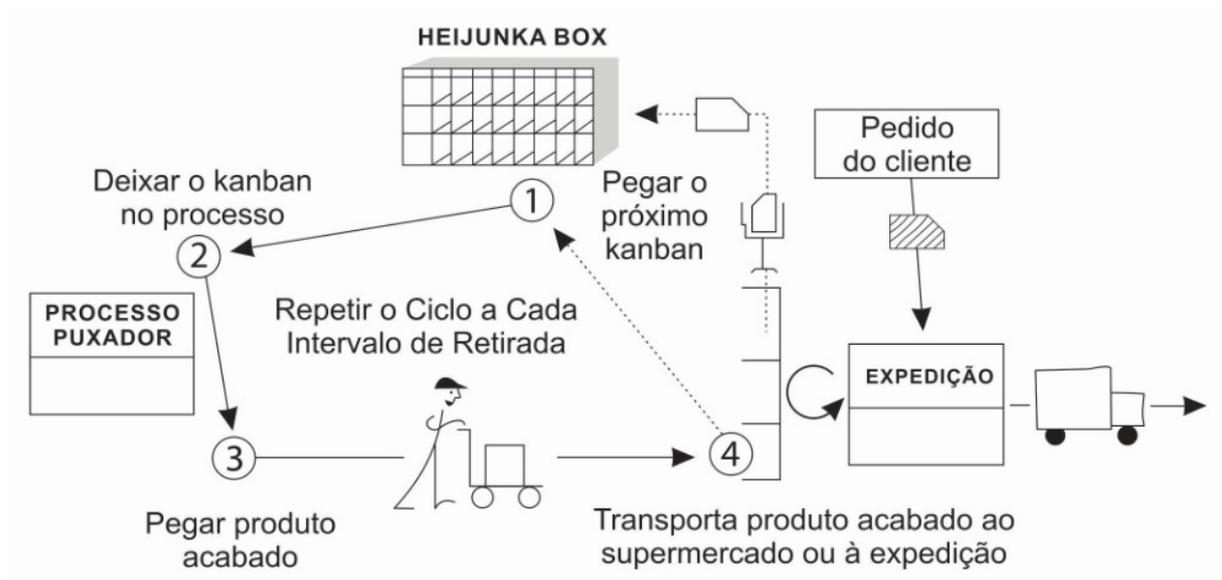


Figura 16 – Típica retirada compassada em uma planta
Fonte: Rother & Shook (2003)

Embora a retirada ritmada esteja vinculada à liberação de ordens de produção, sendo assim voltada para produtos acabados, isso não impede que esta técnica de cartões *kanban* em um ritmo fixo e freqüente seja adotada dentro do processo de produção entre a etapa precedente ao processo puxador e o mesmo.

Entretanto, atingir um ritmo fixo e freqüente nos processos que envolvem o processo puxador pode ser alcançado com a utilização dos cartões *kanban* em uma seqüência sincronizada, mas desde que o ciclo de produção do processo puxador nunca sofra alterações

de ritmo, o que dificilmente acontece em etapas que envolvam uma grande parte de trabalho humano, mas não impossíveis para processos que utilizam máquinas em quase a sua plenitude. É aí que entra a noção de fluxo contínuo.

A criação de um fluxo contínuo pode ser considerada como o objetivo principal da produção enxuta, e criar fluxo contínuo tem sido o alvo de inúmeros projetos *kaizen*. Entretanto, em muitos projetos, ao se analisar o processo puxador, identifica-se a existência de fluxo errático e intermitente de produtos, acarretando em acumulações de estoques flutuantes entre as operações, excesso de produção em lotes, variações hora a hora do volume de produção e subutilização do esforço humano devido à vinculação de operadores a máquinas individualmente.

Devido a estes problemas, conclui-se que existe uma concentração muito grande de esforços no desenvolvimento de novos *layouts* em formatos de “U”, ao invés de se tentar criar e manter um fluxo contínuo de maneira consistente. Qualquer agrupamento de máquinas que desempenham suas operações em uma seqüência é chamado de “célula”, mas é raro se encontrar um fluxo contínuo verdadeiro, o que deveria caracterizar uma célula de verdade.

Em uma definição de célula, esta é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através das quais as partes são processadas em fluxo contínuo. O *layout* físico mais conhecido da uma célula é o formato de “U”, mas muitas formas são possíveis. O processamento em fluxo contínuo também é possível em linhas retas. Muitas empresas utilizam os termos “célula” e “linha” de forma intercambiável (ROTHER & HARRIS, 2008).

Idealmente, os produtos deveriam fluir continuamente pelos fluxos de valor, da matéria prima ao produto acabado. Mas para isso, é necessário estabelecer um foco, que deve ser o processo puxador ou o segmento do fluxo do valor em que os produtos apresentam a forma final na perspectiva do cliente, que também define a demanda para os processos

anteriores. Um ritmo de produção estável, *mix* nivelado de produtos e fluxos de materiais sempre contínuos no processo puxador, estabelecem demandas regulares e consistentes para seu fluxo de valor (ROTHER & HARRIS, 2008).

Um processo de produção em ritmo contínuo é representado pela Figura 17, contrastando com o processo de produção em lote e fila apresentado na Figura 8.

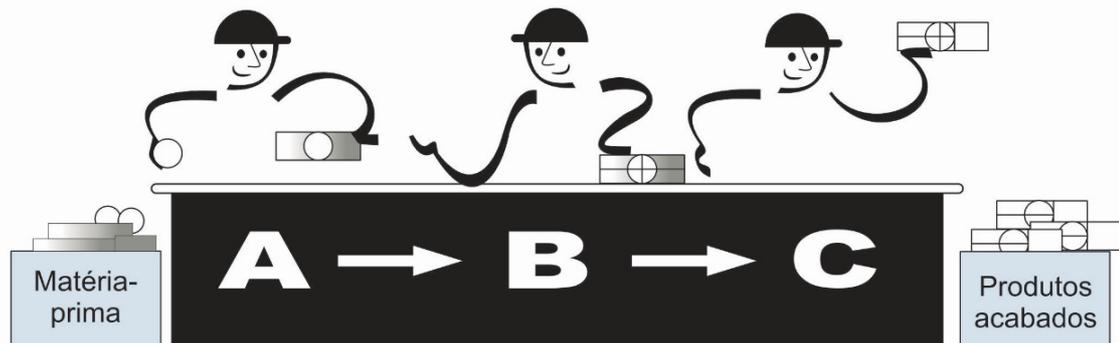


Figura 17 – Processamento em fluxo contínuo
Fonte: Rother & Shook (2003)

Embora a criação de fluxo contínuo esteja voltada para o fluxo puxador, uma vez que a capacidade de produção ou a quantidade produzida é igual à capacidade de produção ou a quantidade produzida do processo puxador, este conceito pode estender-se e ser aplicado às demais etapas do processo produtivo de uma linha ou célula de produção.

Tipos de Processo	Aplicabilidade
Produção totalmente manual	xxx
Células e linhas operadas por pessoas, com equipamento automatizado	xxx
Linhas de produção com esteiras	xx
Linhas "transfer" parcialmente automatizadas (com operadores em postos de trabalho)	xx
Linhas "transfer" totalmente automatizadas (operadores como atendentes da linha)	
Maquinário multifuncional com alto grau de automação	

Quadro 2 – Nível de aplicabilidade de fluxo contínuo a tipos de processo
Fonte: Rother & Harris (2008)

Assumindo esta grande variedade de aplicações às demais etapas do processo produtivo, pelo Quadro 2 é possível avaliar alguns tipos de processo existente à respeito do seu nível de aplicabilidade de fluxo contínuo.

Em qualquer criação de um adequado fluxo contínuo, a importância do fluxo de valor parece ser primordial. Assim, é importante definir o que é valor ou cria valor, e o que não cria valor. Na Figura 1, por exemplo, quando as categorias de desperdício foram esplanadas, o percentual de valor perante o total era de apenas cinco por cento, percentual que embora pareça pequeno, reflete a realidade de muitas indústrias atuais.

Valor pode ser qualquer atividade inerente a algum produto ou serviço que, do ponto de vista do cliente, tem valor. Assim, um parafuso devidamente apertado pelo operador cria valor para o cliente, pois de outra forma, seu produto pode não funcionar adequadamente, ou alcançar um desgaste mais severo que o teria. Por outro lado, um teste de inspeção ou um retrabalho não criam valor para o cliente, uma vez que isso nada adiciona ao seu produto. Mesmo que isso gere custos, o cliente não está disposto a pagar por isso.

Assim, fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto: (1) o fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor, e (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento (ROTHER & SHOOK, 2003).

2.6 Tipos de Sistema Puxado

Escolher o tipo de sistema puxado é considerada uma etapa de grande importância para a implementação da manufatura enxuta. Para Smalley (2006), sistemas puxados são uma parte fundamental da manufatura *lean*, e especificamente uma dificuldade frequente é encontrar a conexão apropriada entre processos da linha de montagem com processos em lote como estamparia, injeção, pintura ou operações como usinagem, por exemplo.

O Sistema Toyota de Produção (TPS) tem atraído a atenção de muitas empresas, mas poucos foram capazes de alcançar o sucesso ao nível desfrutado pela Toyota (WOMACK *et al.*, 1990).

A aplicação do STP tem sido difícil porque as primeiras tentativas produziram tanto metas de alto nível que não são alcançáveis, como evidências de práticas que são específicas para apenas alguns ambientes de produção específicos (SENGE, 1990).

Alguns teóricos em *management* propuseram que o sucesso do STP não pode ser atribuído unicamente a um conjunto de práticas visíveis. Pelo contrário, é como se essas práticas fossem implementadas dentro de um largo contexto de regras do STP (ou DNA) que são infundidas nas empresas que praticam o STP (LIKER, 2004; SPEAR & BOWEN, 1999).

Uma grande porção dessas regras pode ser resumida através de dois temas: a criação de *links* estruturais na organização destinados à redução da variância do sistema como um todo, e o uso métodos científicos, tais como o Controle Estatístico de Processo para a resolução de problemas (DAS & JAYARAM, 2007).

Por outro lado, Zaiko (2007) afirma que com o sucesso da expansão dos sistemas de manufatura *lean* em todo o mundo, muitos pré-conceitos que diziam que o *lean* só funcionaria em algumas culturas ou tipos de indústrias se mostraram incorretos. Adicionalmente, muitas companhias ou competidores que tiveram insucesso tentando implementar o estilo de desenvolvimento da Toyota ou outros tipos de sistema nas suas próprias operações tem visto suas pessoas saírem e obterem sucesso na implementação desses mesmos sistemas em qualquer outro lugar (alguns até mesmo em uma Toyota em expansão).

Basicamente, existem três tipos de sistemas puxados, que podem ser classificados como: (1) Sistema Puxado com Supermercado ou de Reposição, (2) Sistema Puxado Sequencial ou Seqüenciado, e (3) Sistema Puxado Misto e com Supermercado.

O objetivo de colocar um sistema puxado entre dois processos é ter uma maneira de dar a ordem exata de produção ao processo anterior, sem tentar prever a demanda posterior e programar este processo. Sistema puxado é um método de controlar a produção entre dois fluxos (ROTHER & SHOOK, 2003).

O ícone supermercado, conforme identificado na Figura 18, é aberto do lado esquerdo, de frente para o processo fornecedor (Figura 19) porque esse supermercado pertence ao processo de fornecimento e é usado para programar aquele processo.

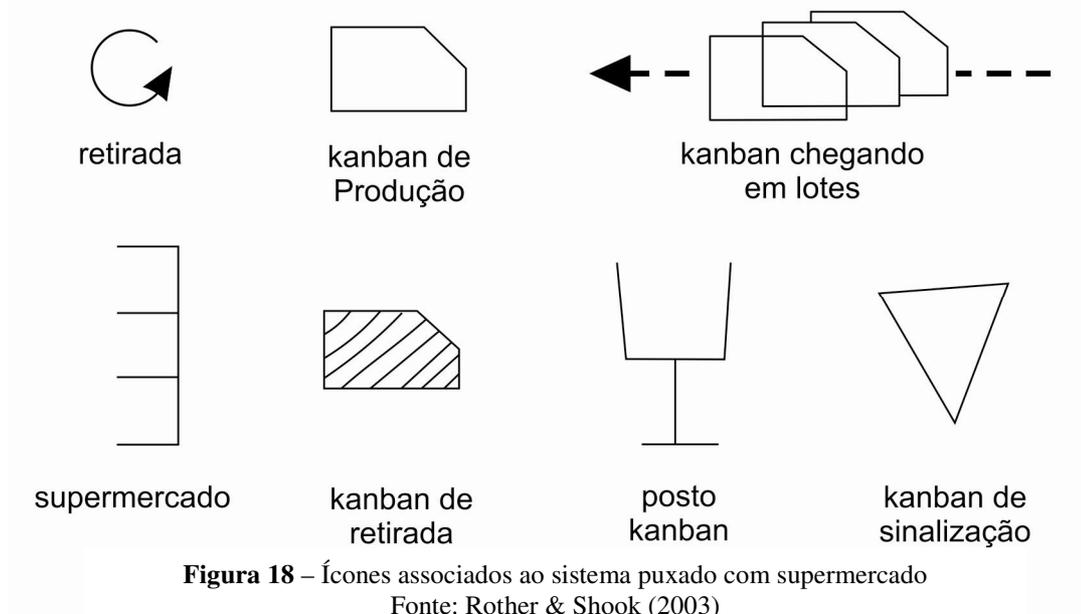


Figura 18 – Ícones associados ao sistema puxado com supermercado
Fonte: Rother & Shook (2003)

O Sistema Puxado com Supermercado é a forma mais básica e mais difundida de produção puxada, também conhecida como sistema de reposição ou sistema tipo A. Em um sistema puxado com supermercado, cada processo tem uma loja, um supermercado, que armazena uma dada quantidade de cada item produzido (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

Analisando a Figura 19, o processo cliente (B) vai ao supermercado e retira o que precisa e quanto precisa. Já o processo fornecedor produz para fornecer o que foi retirado. Ao final, o objetivo é controlar a produção no processo de fornecimento sem tentar programar, e também controlar a produção entre os fluxos.

Desta maneira, cada processo produz apenas o necessário para repor o que é retirado do seu supermercado. Como cada processo é responsável pela reposição do seu supermercado, seu gerenciamento pode ser considerado relativamente simples, mas como é preciso manter um estoque com todas as peças que produz, dependendo do tamanho da

variedade de peças para a fabricação do processo subsequente, isso pode não ser adequado sob o ponto de vista da praticidade.

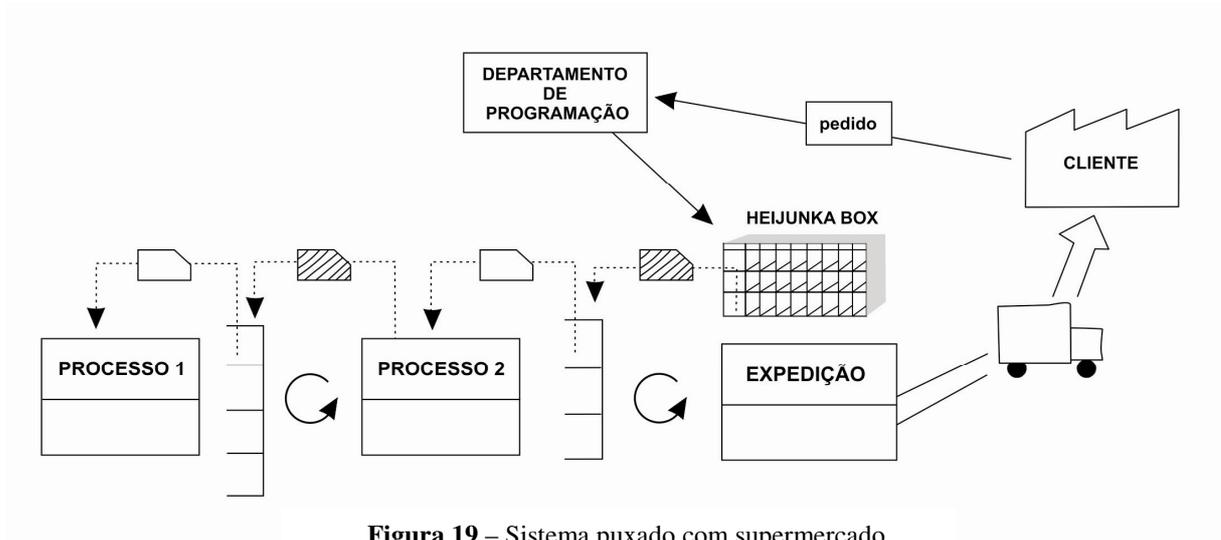


Figura 19 – Sistema puxado com supermercado
Fonte: Rother & Shook (2003)

Segundo Dennis (2008), os sistemas do tipo A são os mais comuns e exigem reabastecimento ou preenchimento de lacunas que são criadas na loja de produtos ou peças finais quando o cliente retira uma peça ou produto. Sistemas do tipo A funcionam melhor quando os pedidos do cliente são freqüentes e com os *lead times* são curtos e estáveis.

No Sistema Puxado Seqüenciado, os itens são produzidos no ritmo da demanda, com a instrução de fabricação enviada à primeira etapa do processo no início do fluxo de valor. Esse tipo de sistema puxado é mais exigente para gerenciar do que um simples sistema puxado de reposição, pois é difícil adequar o fluxo de operações ao *takt time*. A menos que sua fábrica tenha um *lead time* de produção curto e regular e grande disponibilidade de equipamento, esta opção não será fácil de manter (SMALLEY, 2004).

Também conhecido como sistema puxado tipo B, o sistema puxado seqüencial pode ser empregado quando houver uma variedade de peças muito grande a ser armazenada em um supermercado. Os produtos são feitos basicamente sob encomenda e o estoque total do sistema é minimizado (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

A Figura 20 apresenta a lógica do sistema puxado seqüencial.

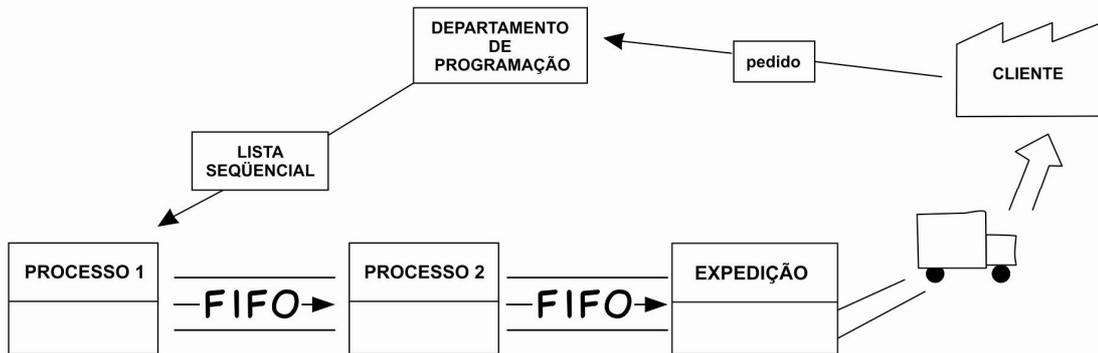


Figura 20 – Sistema puxado seqüencial
 Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

Sistemas do tipo B são usados quando a frequência de pedido é baixa e o *lead time* do cliente é longo. O marca-passo geralmente é mais acima no fluxo do que no sistema A. O trabalho fluxo abaixo ocorre seqüencialmente através de rotas FIFO (*first in, first out*). As peças pequenas necessárias para fabricar os produtos são armazenadas ao lado da linha, geralmente em uma loja pequena. Peças grandes e caras no local, se possível, para reduzir os custos de estoque (DENNIS, 2008).

Sistemas puxados com supermercado e seqüenciais podem ser empregados conjuntamente em um sistema misto, também conhecido como sistema puxado tipo C. Um sistema misto pode ser apropriado quando a regra 80/20 for aplicável: um percentual pequeno da gama de peças (talvez 20%) responde pela maior parte (talvez 80%) do volume de produção diário. Geralmente faz-se uma análise para segmentar as peças por volume, de acordo com a frequência de pedidos: (A) alta, (B) média, (C) baixa e (D) não-freqüente (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

Segundo Smalley (2004), o sistema puxado misto é especialmente útil quando a maioria das características, tanto do sistema puxado seqüenciado quanto do de reposição, são de pedidos repetidos e freqüentes.

A Figura 21 apresenta a lógica do sistema puxado misto com supermercado e seqüencial.

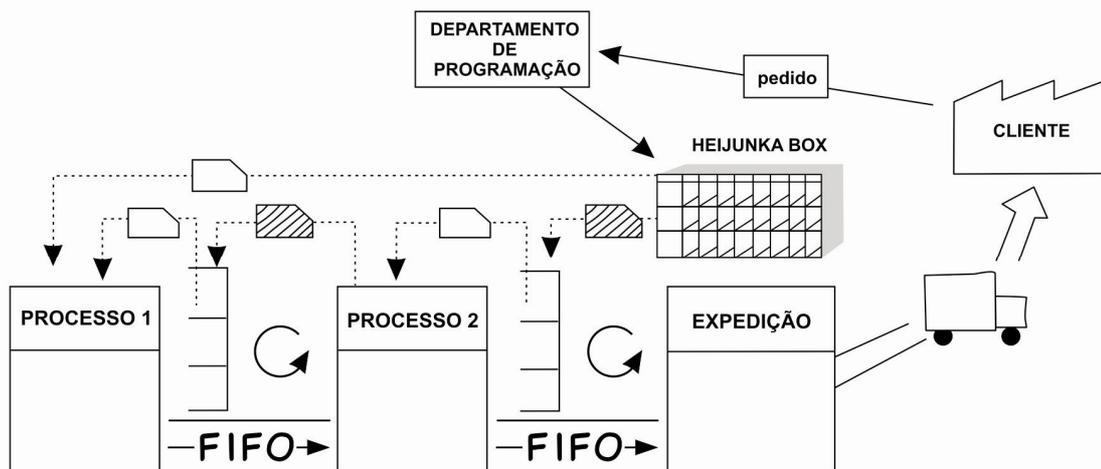


Figura 21 – Sistema puxado misto com supermercado e seqüencial
 Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

Os sistemas do tipo C são uma combinação dos tipos A e B funcionando paralelamente. Pedidos de alta frequência são feitos no sistema A; pedidos de baixa frequência são feitos no sistema B. As exigências para cada tipo de sistema puxado também se aplicam aqui. Os sistemas do tipo C funcionam melhor com fabricantes que produzem tanto itens de alta quanto de baixa frequência.

2.7 Kaizen

Kaizen ou evento *kaizen* significa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se criar mais valor com menos desperdício (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

A Toyota não gosta do termo "soluções" para os problemas que são vistos como uma constante, no sentido de que isso possa desencorajar a solucioná-los. Eles acreditam que um processo pode sempre ser melhorado, não importa o quão bom ele é, e preferem o termo "contramedida" para incentivar os funcionários a pensar dessa maneira. Este é o conceito de *kaizen*, ou melhoria contínua, este um dos principais pilares do *The Toyota Way* (MEFFORD, 2009).

Para Rother & Shook (2003), existem dois níveis de *kaizen*, como mostrado na Figura 22:

1. *Kaizen* de sistema ou de fluxo, que considera o fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se criar mais valor com menos desperdício;
2. *Kaizen* de processo, que foca processos individuais. Dirigido por equipes de trabalho e líderes de equipe.

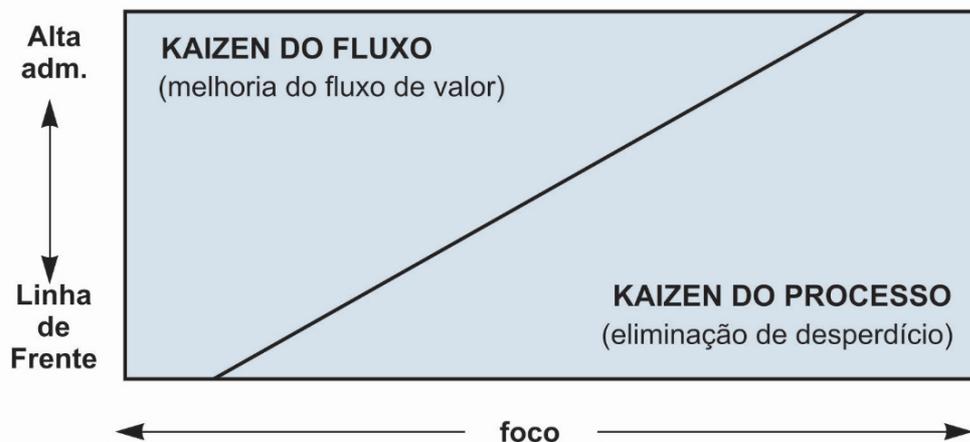


Figura 22 – Dois tipos de *kaizen*
Fonte: Rother & Shook (2003)

Segundo Rother & Shook (2003), tanto o *kaizen* de fluxo como o de processo são necessários; melhorar um é melhorar o outro. O *kaizen* do fluxo centra-se no fluxo de material e de informação (que possibilita grande vantagem ao serem vistos) e o *kaizen* do processo focaliza no fluxo das pessoas e do processo.

Em geral, as firmas são organizadas por departamentos e funções, e não pelas etapas agregadoras de valor. Devido a este fato, também não se encontra um responsável ou gerente do fluxo de valor. Assim, as partes do fluxo trabalham desarticuladas, definindo seus modos ótimos individualmente, sem uma perspectiva geral do todo. A Figura 23 denota este paradoxo.

De acordo com Rother & Shook (2003), para fugir de ilhas isoladas de funcionalidade, é necessária a definição de uma pessoa com a responsabilidade pelo entendimento do fluxo de

valor de uma família de produtos e por sua melhoria, esta definida como “gerente do fluxo de valor”, sendo desejável que esta se reporte à pessoa com maior autoridade na unidade produtiva, pois desta forma, haverá o poder necessário para que se faça as mudanças realmente acontecerem.

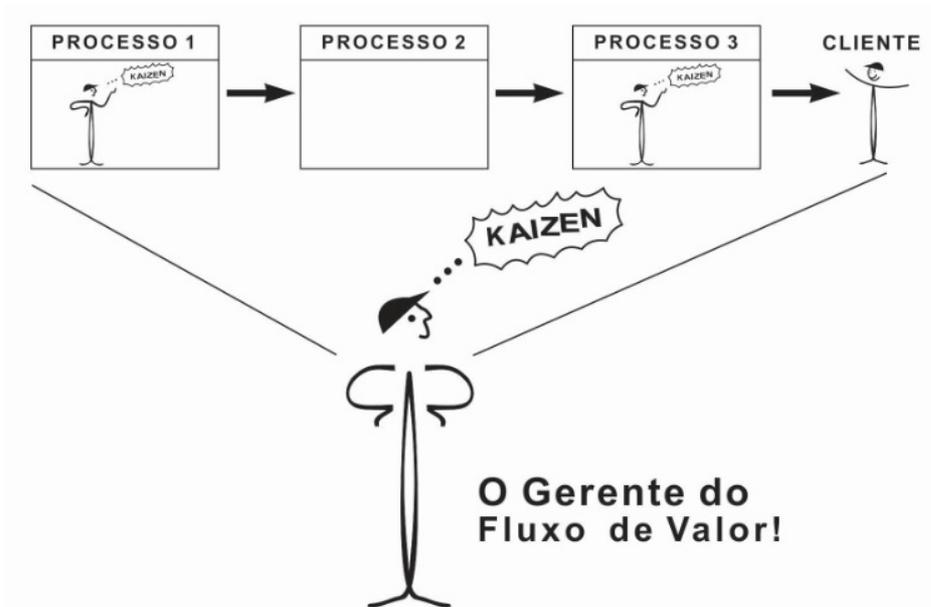


Figura 23 – Quem é o responsável pelo fluxo de valor?
Fonte: Rother & Shook (2003)

Existem algumas tarefas que o gerente do fluxo do valor deve fazer além de somente reportar à pessoa mais influente da unidade, tal como monitorar todos os aspectos da implementação e fazer disso uma prioridade máxima, manter e atualizar periodicamente o plano de implementação, ou ter a capacidade de fazer as coisas acontecerem além dos limites funcionais e departamentais, se necessário fazendo ela mesma, uma vez que esta pessoa há de ser guiada pelos resultados.

Definido o modo operante do *kaizen* de fluxo pela alta administração, resta por consequência definir como operar o *kaizen* de processo, este com foco na redução de desperdícios e guiado pela linha de frente, que subentende-se que sejam as pessoas atuantes nas linhas de produção, como os operadores em si.

Sob esta perspectiva, a formação de uma equipe *kaizen* é necessária. Através desta equipe, é possível aplicar treinamentos com o intuito de enxergar desperdícios a fim de eliminá-los, assim como difundir o conhecimento e a diretriz de ação aos demais.

Um ponto importante, se não essencial do *kaizen* de processo, é o envolvimento. Segundo Shimokawa & Fujimoto (2011), o *kaizen* eficiente depende da cooperação ativa de seus funcionários. Pode até se imaginar que os trabalhos estão sendo guiados no caminho certo, mas a menos que os funcionários estejam desempenhando seus papéis de forma ativa, nunca haverá todo o potencial de melhorias.

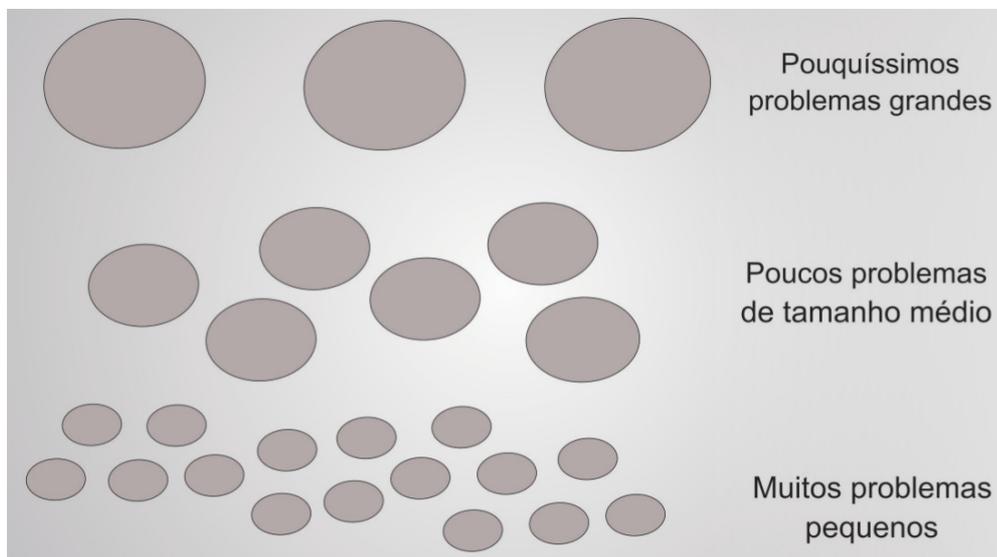


Figura 24 – Como são distribuídos os problemas na maioria das empresas
Fonte: Dennis (2008)

Para que se possa melhorar continuamente, é preciso engajar todos os membros de equipe, especialmente a linha de frente, onde o trabalho que agrega valor é realizado. Observando a Figura 24, são eles que conseguem identificar e solucionar os inúmeros pequenos problemas que invariavelmente acumulam e podem vir a tornar-se grandes problemas, embora as equipes *kaizen* atuem mais especificamente nos problemas de tamanho médio.

Por outro lado, Nishida (2011) alerta que a maioria das organizações falha em suas práticas de Solução de Problemas, já que não têm uma boa qualidade na análise da causa raiz

e em suas atividades de *kaizen*, ao não enfatizar os pequenos *kaizen* como um processo natural durante as atividades diárias.

Para Dennis (2008), existem três canais importantes para o envolvimento, que são: (1) atividade de círculos *kaizen* (KCA – *kaizen circle activity*), (2) treinamento prático *kaizen* (PKT – *practical kaizen training*) e (3) programa de sugestões.

A atividade de círculos *kaizen*, também conhecida como atividade de pequeno grupo, é talvez a atividade de envolvimento mais conhecida de todas, e oferece grandes benefícios como: (1) fortalecer a habilidade de membros da equipe (trabalhar como equipe, liderar uma equipe, pensar clara e objetivamente e resolver problemas), (2) desenvolver a confiança entre membros da equipe e (3) atacar problemas cruciais com vários envolvidos aptos a fazê-lo.

Papel	Responsabilidade
Membro do círculo	Assistir a reuniões Contribuir com idéias Escolher e analisar problemas Recomendar e implementar soluções Fazer apresentações
Facilitador	Participar de treinamento Guiar membros de equipe através do processo de solução de problemas Assistir às reuniões do círculo Completar e entregar registros de reuniões de KCA
Orientador	Participar de treinamento Fornecer conselhos técnicos ou administrativos quando necessário Participar de reuniões do círculo Ajudar a coordenar apresentações para a gerência
Treinador do círculo	Desenvolver e conduzir treinamentos Participar de reuniões do círculo se convidado Fornecer treinamento na solução de problemas, se for necessário Juntar os registros de reuniões e se reportar à gerência
Gerente	Encorajar a formação de círculos e o envolvimento Verificar periodicamente o progresso de círculo e oferecer sugestões Aprovar recomendações Participar de apresentações

Quadro 3 – Responsabilidades e papéis assumidos em um círculo *kaizen*
Fonte: Dennis (2008)

Um problema que tem por adoção um círculo *kaizen*, tem através do gerente proveniente deste o seu agente mediador. O círculo geralmente consiste de seis a oito membros de equipe que se encontram mais ou menos uma hora, uma vez por semana, durante seis a oito semanas. O Quadro 3 apresenta seus papéis e responsabilidades, que tem por objetivo apresentar resultados obtidos e atividades para o futuro.

Nos canais de envolvimento restantes, o PKT tem por objetivo o treinamento de membros e do supervisor da equipe com o fim de realizar uma melhoria de um processo específico. Já sobre os programas de sugestão, estes canalizam as idéias de membros de equipe diretamente para a gerência e recompensam a iniciativa de membros.

O trabalho em equipe é enfatizado para alavancar os esforços de uma equipe de trabalho que normalmente alterna suas funções e conhece o processo intimamente. Gerentes servem de mentores e treinadores desses esforços que são considerados uma parte das responsabilidades de cada funcionário em seu emprego. Empregados primeiramente aprendem o processo de melhoria contínua com base no método científico através da abordagem "aprender fazendo". Pouco treinamento formal é feito, ao invés de trabalhar com os funcionários mais experientes e observadores, gradualmente os trabalhadores aprendem a identificar problemas e desenvolver soluções (MEFFORD, 2009).

Adendo ao *Kaizen*, o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) é um ciclo de melhoria baseado no método científico de se propor uma mudança em um processo, implementar essa mudança, analisar os resultados e tomar as providencias cabíveis. Também é conhecido como Ciclo de Deming ou Roda de Deming, pois quem introduziu o conceito no Japão nos anos 50 foi W. Edwards Deming (MARCHWINSKI & SHOOK, 2007).

O ciclo PDCA tem quatro estágios, e sua versão comum é apresentada pela Figura 25:

1. Planejar (*Plan*): Determinar os objetivos para um processo e as mudanças necessárias para alcançá-los;
2. Fazer (*Do*): Implementar as mudanças;
3. Verificar (*Check*): Avaliar os resultados em termos de desempenho;
4. Agir (*Act*): Padronizar e estabilizar a mudança ou iniciar o ciclo novamente, dependendo dos resultados.

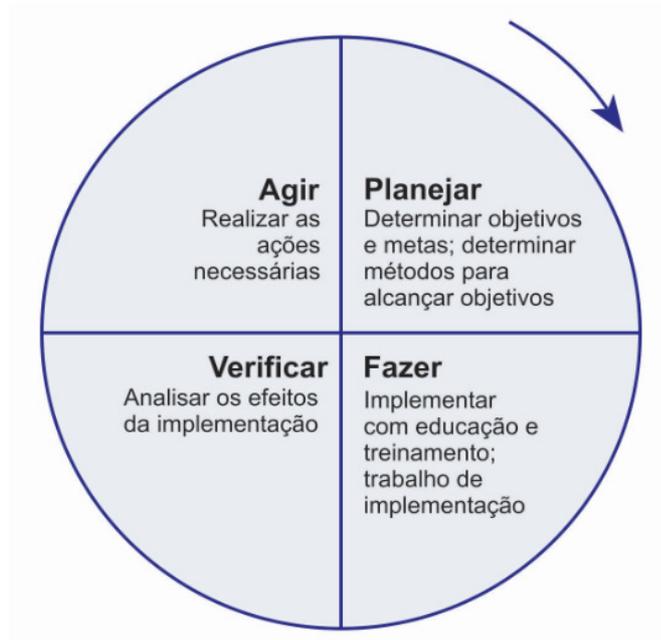


Figura 25 – Versão comum do ciclo PDCA

A Toyota frequentemente utiliza o PDCA, podendo até mesmo afirmar que esta atividade faz parte da cultura do STP. Entretanto, ela utiliza-se de uma terminologia modificada: Entenda a Situação (*Grasp the Situation*) ou Vá Ver (*Go See*), conforme apresentado a Figura 26.

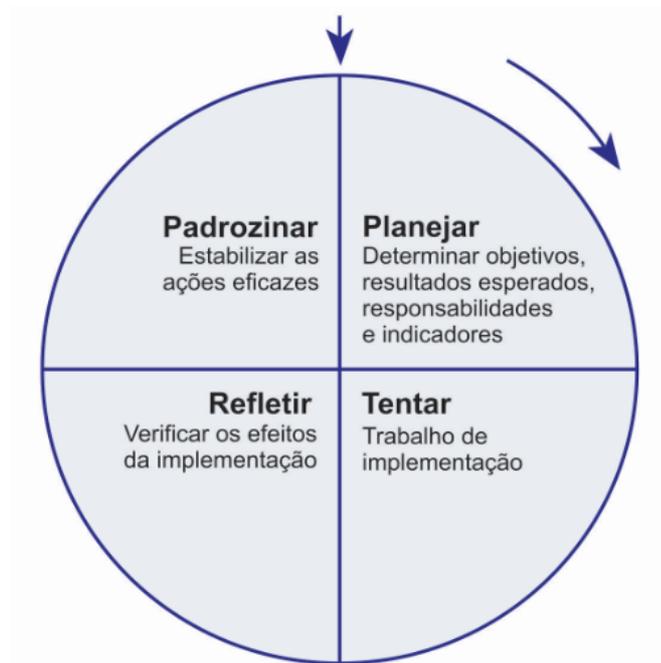


Figura 26 – Ciclo PDCA modificado pela Toyota

Além do PDCA, existem ainda outros adendos ao *kaizen*, tais como o *kaikaku*, *workshop kaizen* e *jishuken*. *Kaikaku*, é também chamado de *kaizen* de ruptura, isso se

comparado ao *kaizen* mais gradual, que funciona passo a passo. Como exemplo, o *kaikaku* seria o mesmo que movimentar uma linha de produção toda em um final de semana, alterando um processo que antes caracterizava-se por processos isolados para um fluxo de uma peça só, em uma célula compacta.

Já o *workshop kaizen* (*kaizen workshop*) representa atividades *kaizen* em grupo, comumente com a duração de cinco dias, onde uma equipe identifica e programa melhorias em determinado processo, basicamente exemplificado na Figura 27.



Figura 27 – *Workshop kaizen* de cinco dias
Fonte: Marchwinsky & Shook (2007)

Como exemplo, imagina-se a criação de uma célula de fluxo contínuo no período de uma semana. Inicialmente, a equipe *kaizen* (na qual também se incluem todos os especialistas com maior conhecimento e experiência) implementa, testa e padroniza esta nova célula.

Primeiramente, os participantes devem aprender sobre o assunto específico de ação, neste caso, os princípios do fluxo contínuo. Depois, devem ingressar ao *gemba* (termo japonês para “local real”, geralmente vinculado ao chão-de-fábrica ou local onde se gera valor) para avaliar as condições reais e planejar o reposicionamento das máquinas na nova célula, e então

testá-la. Depois da implantação da melhoria, o processo é padronizado e as equipes fazem uma apresentação, que desejavelmente estará endereçada à alta direção.

Busato (2008) afirma que na Toyota, os eventos *kaizen* conhecidos como *jishuken* são uma maneira de desenvolver líderes *lean* na prática, dentro do princípio filosófico de “aprender fazendo”. *Jishuken* que significa “estudo próprio e voluntário”, sendo tipicamente coordenado por um grupo de consultoria interna da empresa congregando pessoas com elevada experiência e conhecimento do sistema *lean*. Pode ter duração de cinco dias a alguns meses.

Segundo Lovro (2007), o papel que o processo de registro e utilização do aprendizado entre projetos tem na cultura *lean* da Toyota é de fundamental importância para o fluxo contínuo das informações que contribuem decisivamente para sucesso (...) o objetivo principal é relatar um problema e sua solução, utilizando-se para isto preferencialmente da sistemática do PDCA, mostrada principalmente através de relatórios A3 (nome dado ao formato do papel que equivale a aprox. 11x17 pol.).

CAPÍTULO III METODOLOGIA

3.1 Planejando a Execução

As observações iniciais datam a partir da segunda semana de Fevereiro de 2010. Como na grande maioria das empresas, a estrutura de departamentos e funções obstruía a possibilidade de se enxergar o fluxo de valor das famílias de produtos, assim obviamente ninguém exercia o papel de gerente do fluxo de valor lá.

A necessidade de atuação propunha duas situações e exigia uma tomada de decisão ainda em Fevereiro: ou definia-se pela implantação de um grande projeto com o apoio do Diretor Industrial (nível mais alto da planta), ou se decidido por consenso, até mesmo a possibilidade de utilização de consultoria externa poderia ser atribuída, ou então a aplicação restringir-se-ia apenas à pesquisa-ação, o que foi o que efetivamente aconteceu.

Conforme definido nos procedimentos metodológicos, é através de eventos *kaizen* que os princípios da manufatura enxuta são aplicados neste estudo de caso. Como em toda primeira semana de cada mês é realizado o fechamento mensal da empresa, decidiu-se por não iniciar a implementação *kaizen* nesta semana. Desta maneira, a implementação *kaizen* ficou com seu início proposto para a segunda semana de Abril.

Dois tipos de negócios compunham mais de 80% do faturamento da empresa, a saber, envase de vegetais, com os insumos milho verde e ervilha, e envase de atomatados, oriundo do tomate.

Como o ciclo do tomate exigia o armazenamento de sua polpa nos períodos entre safra, a característica do negócio tornava-se mais complexa mesmo tratando de apenas um insumo. Como o faturamento do envase de vegetais era superior ao de atomatados, definiu-se então por focar as ações de melhoria nas famílias de produtos oriundos do envase de vegetais.

Sem o apoio da alta direção (ao menos o apoio incondicional, já que o controlador apoiava a iniciativa), as observações se deram por todas as áreas da empresa com o objetivo do entendimento do fluxo de valor, mas em face ao objetivo focal que se propunha os eventos *kaizen*, visitas constantes e aleatórias foram realizadas ao processo produtivo, num primeiro momento principalmente entre as trocas de turno, e num segundo momento, embora não houvesse um horário definido, as visitas ocorriam de três a quatro vezes ao dia, variando de dez a quarenta minutos, ou ainda podendo chegar a quase duas horas quando realizadas durante o terceiro turno.

Aliado a isso, foram determinadas reuniões diárias de Segunda-feira a Sábado às 09:00 horas (não vinculado aos eventos *kaizen*), momento em que se discutiam os resultados de produção do dia anterior. Entretanto, qualquer problema que pudesse afetar consistentemente o resultado de produção, como por exemplo uma quebra de máquina que culminasse em uma parada de produção, isso era tratado imediatamente para aproveitar a possibilidade de se entender a causa raiz daquele problema e também para servir de compreensão da realidade.

Já com a formação das equipes *kaizen*, a partir da segunda semana de Março os trabalhos foram estipulados através do cronograma de implementação, conforme mostra a Figura 28.

Embora estas etapas estivessem planejadas, não necessariamente elas precisavam seguir essa ordem e nem efetivamente todas possuem a sua obrigatoriedade de ocorrer, como por exemplo, a implementação de estoques pulmão. O desenvolvimento dos trabalhos seguem por explanação no Capítulo IV, Simulação e Análise.

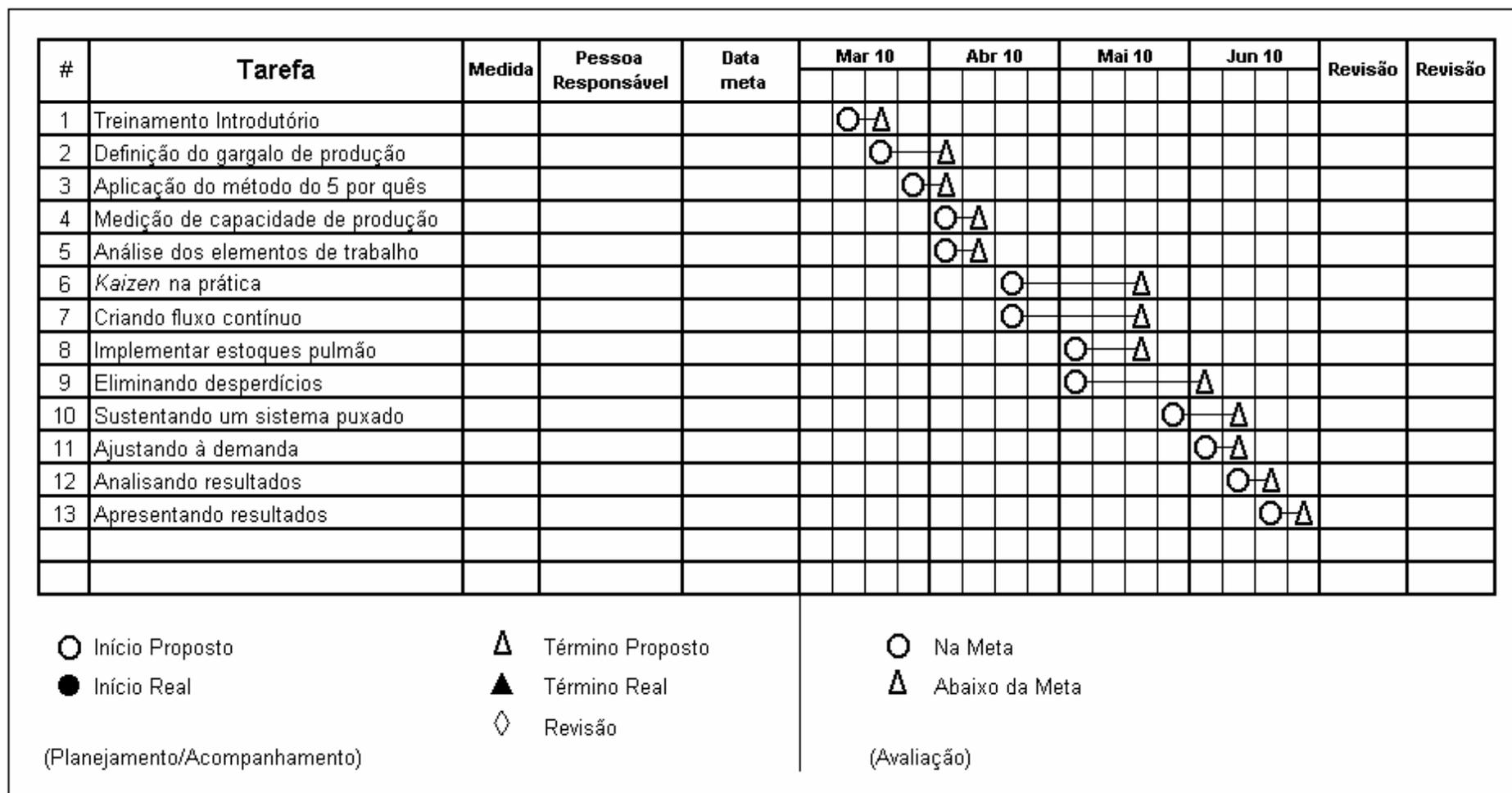


Figura 28 – *Kaizen* no papel (cronograma de implementação)

CAPÍTULO IV

ANÁLISE, RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Cenário Problema

A empresa estudada atua na área alimentícia e uma de suas plantas é destinada ao envase de vegetais em latas, dentre as quais se utilizam dos insumos de milho verde e ervilha, sendo ambas envasadas tanto em latas de duzentos gramas (200 g) como em latas de dois quilos (2 kg). Destes dois produtos ramificam-se uma gama de marcas para o mercado consumidor, sejam elas de marcas próprias ou de terceiros.

Seu completo processo de produção pode ser dividido basicamente em cinco partes. Embora em sua primeira etapa exista uma grande diferenciação de conceitos entre o milho verde e a ervilha, a partir do processo de lavagem, que vai desde a segunda etapa até a embalagem final, é possível afirmar que o processo de produção de ambos os insumos ficam relativamente similares.

Como demonstração, a Figura 29 apresenta as cinco etapas do processo produtivo de latas de milho verde 2 kg, a mesma que também serve de exemplificação para a produção de latas de milho verde 200 g.

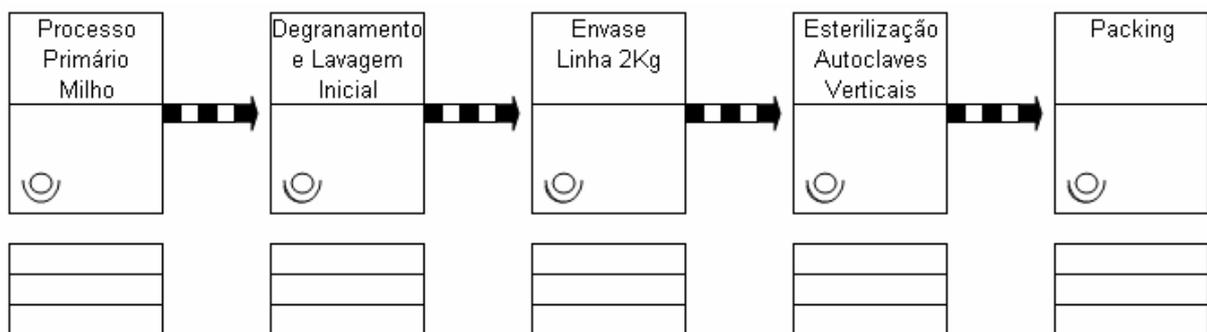


Figura 29 – Etapas da linha de produção de milho verde 2 kg

No caso da ervilha, sua primeira etapa é passar por um processo de re-hidratação em tanques especialmente preparados para esse fim, uma vez que ela vem desidratada do fornecedor. Esse procedimento de re-hidratação é utilizado apenas na produção de ervilhas.

Entrando no detalhe deste processo de re-hidratação, primeiramente adiciona-se água em temperatura ambiente aos tanques, onde o tempo gasto para o enchimento do mesmo não deve ser superior a 40 minutos, sob pena de causar grandes variações na re-hidratação dos gramas.

A proporção de ervilha a ser re-hidratada deve ser uma parte de ervilha para duas de água. Cada tanque comporta 32 sacos de 45 kg e aproximadamente 2.880 litros de água. Ao término do abastecimento dos tanques, deve ser insuflado o ar comprimido para promover a flotação de impurezas leves e eventuais carunchos presentes nas ervilhas, os quais devem ser removidos com o auxílio de uma peneira de malha fina.

Sobre a iluminação do local, ela tem de ser o suficiente para a inspeção visual, de modo a facilitar a remoção das impurezas. Ao término da descarga, os tanques devem ser enxaguados com água corrente para a remoção das impurezas aderidas às paredes e cantos.

Por final, a respeito da quantidade de sais para a re-hidratação, estes irão variar de acordo com o calibre da ervilha a ser utilizada durante o processo. Estas são indicadas com qualidade máxima, principalmente quando se trata de ervilhas mais duras. Essa qualidade pode ser reduzida ou até mesmo retirada em função da textura final do produto. Já os sais utilizados para a re-hidratação são o tripolifosfato de sódio, carbonato de sódio e bicarbonato de sódio, enquanto que o tempo de re-hidratação varia de 8 a 10 horas.

Passado o processo inicial da ervilha e voltando ao processo produtivo do milho verde, sendo a matéria-prima de produção local e oriunda de um fornecedor do mesmo grupo econômico, existe um grande direcionamento de esforços para o atendimento da demanda da fábrica pelo milho verde, podendo esta ter definida a sua opção pela colheita quando houver disponibilidade, ou ainda pela retirada do estoque armazenado em silos, já que a disponibilidade geralmente é influenciada por efeitos sazonais.

A opção pela colheita é usualmente utilizada, já que devido à natureza do negócio, a cultura utilizada do milho verde leva em torno de apenas três meses entre a plantação e a colheita. Possibilitando logo após a colheita o milho verde de ser transportado à fábrica, isso garante uma maior qualidade do insumo e também diminui a necessidade de silos disponíveis para armazenagem.

Caso em alguma determinada época do ano a produção local não consiga suprir a necessidade de demanda da fábrica, é possível que haja aquisições de milho verde de outros fornecedores locais, seguindo o mesmo fluxo da produção já estabelecido, e passando assim pelos mesmos procedimentos ao acessar as dependências da empresa.

O milho verde geralmente é recebido em caminhões convencionais com carga de 15 a 19 toneladas por caminhão. Durante o recebimento são coletadas amostras as quais devem ser analisadas de acordo com as normas de recebimento de milho *in natura* para o controle de qualidade da matéria-prima recebida.

Após a liberação do Controle de Qualidade, o caminhão é encaminhado a uma área externa denominada de pátio de recebimento de milho verde, onde o mesmo é descarregado com auxílio de um trator dotado de pá mecânica apropriada, direto no piso de cimento e empurrado à canaletas laterais de um vibrador que abastece a linha de despalhamento, operando de forma a não esmagar ou passar com o trator em cima das espigas.

O pátio de recebimento e as instalações existentes nesta área externa constituem apenas a primeira etapa do processo primário. Já as operações subsequentes do processo primário do milho verde constituirão de um elevador de espigas e uma canaleta central conectada à sua parte superior, um túnel de pré-cozimento, e adiante uma despalhadeira.

Adentrando às canaletas, portanto, o milho verde é conduzido através do vibrador e do elevador de transporte até o túnel de vapor para o pré-cozimento, onde as espigas são então

submetidas ao aquecimento cuja função é amolecer as palhas, facilitando assim o despalhamento das espigas.

Depois de aquecido, o milho verde é transportado através do elevador de espigas e de esteiras até um conjunto de despalhadeiras de roletes de borracha, giratórias e dentadas que retiram as palhas das espigas.

Essas esteiras de roletes separam e descartam as unidades de diâmetro menor que 30 mm, e através de chuveiros de água tratada são resfriadas abaixo de 35°C, seguindo adiante para as degranadeiras.

Espigas que eventualmente permaneçam com palhas não são utilizadas, retornando ao vibrador através da bica de retorno até ser transportado novamente pelo elevador ao túnel de pré-cozimento.

Da esteira o milho verde chega à mesa de seleção de espigas, onde busca-se identificar eventuais espigas não completamente despalhadas e demais impurezas, a fim de não serem destinadas à etapa de degranamento.

Sobre esta mesa de seleção de espigas, sendo esta realizada de maneira manual, as espigas identificadas retornam por uma esteira marginal à mesma esteira que as trouxeram à mesa de seleção. De lá, retornam à parte externa da primeira etapa do processo primário até se encontrarem com as espigas que foram jogadas na bica de retorno, para que depois sejam transportadas em conjunto do elevador ao túnel de pré-cozimento novamente.

Como último detalhe adicional tem-se a operação de degranamento, etapa que obviamente a ervilha não necessita passar por ser tipicamente característico ao milho verde, já que esta atividade consiste em separar os grãos da espiga, deixando-o em condições de ser direcionado ao lavador de grãos.

A máquina de desgranamento automático funciona como um equipamento que recebe as espigas de milho verde forçando-as, através de um orifício, ao contato com facas circulares

que se acomodam ao tamanho das espigas por meio de molas, para que então possam ser cortados os grãos da espiga, sendo conduzidos por canaletas a fluxo de água até o processo de limpeza.

As facas devem ser constantemente inspecionadas e ajustadas de tal modo a efetuar o corte rente ao sabugo, evitando que os grãos sejam cortados ao meio, diminuindo assim evidentemente o rendimento do milho *in natura*.

As espigas que restam do desgranamento são destinadas à mesma área em que foram destinados os resíduos da empalhadeira. Há uma calha que transporta o resíduo entre as duas esteiras que conectam a mesa de seleção às degranadeiras, passando depois acima da própria mesa de seleção de espigas e da esteira de milho despilhado até chegar à área de resíduos.

Da degranadeira os grãos de milho verde caem por uma calha no lavador de grãos, este uma espécie de uma peneira vibratória, passando entre grades de inox com abertura de 2,0 e 2,5 cm cuja função é retirar os pedaços maiores de sabugo, enquanto que a peneira vibratória retém os pedaços menores.

Se por um lado as explicações do processo produtivo da empresa estiveram centradas até o momento mais ao milho verde, fora o processo de re-hidratação e de desgranamento, à partir desta etapa para ambos os insumos os processos produtivos passa a ser similares, como por exemplo, as operações de lavagem e de branqueamento.

Do lavador os grãos seguem até o flotor, este que complementa o processo retirando os resíduos leves, tais como cabelo, palha, grãos partidos, grãos sem gérmen, dentre outras demais impurezas.

A flotação é feita por fluxo de água tratada, impulsionada por duas bombas, em contra corrente ao fluxo dos grãos, provocando um turbilhonamento e fazendo com que os grãos sadios e mais pesados sigam o seu fluxo normal, enquanto os materiais mais leves e indesejáveis flutuam e são descartados no transbordamento da água.

Os grãos seguem por esteiras até o segundo elevador constituído de vibrador rotatório, seguido de canaletas com pentes onde são retirados fragmentos de sabugos, palhas e cabelos que não foram removidos no flotador. O fluxo de água no flotador deve ser controlado em função das características do milho verde, de forma a não provocar a perda de grãos bons na canaleta de descarte.

Antes do branqueamento, os grãos de ervilha e milho verde passam pela mesa de seleção, uma espécie de esteira sanitária de inspeção, onde de maneira manual se retiram os grãos com defeitos e materiais estranhos, tais como: descoloridos, escuros, carunchados e partidos, grãos de outros vegetais (se houver) e materiais estranhos. A partir de então, os grãos são bombeados para o branqueamento utilizando fluxo de água como veículo de transporte.

Antes dos grãos de milho verde e ervilha serem processados do branqueador para o envase, alguns pontos são importantes de ressalva, tais como a preparação da salmoura e a despaletização das latas.

A salmoura deve ser preparada em tanque de injeção direta de vapor. Neste tanque, a água é adicionada e depois o sal e o açúcar nas quantidades indicadas pela formulação. A mistura deve ser aquecida até a completa dissolução dos ingredientes e mantida sobre o aquecimento até o final da descarga. As características Físico-Químicas da salmoura (°brix, densidade e temperatura de preparação) seguem um parâmetro específico determinado.

A inversão do açúcar presente na salmoura deve ser realizada quando o produto final apresentar sinais de geleificação, caracterizado aspecto viscoso da salmoura e pela aglutinação da ervilha e do milho verde no fundo da lata.

Nesses casos, deve-se preparar a salmoura com água e açúcar nas proporções indicadas na formulação, adicionar 0,0013% de ácido cítrico e aquece-la por 10 minutos para a inversão do açúcar. Por último, somente após a fervura deve ser adicionado o sal.

Em uma outra situação, a salmoura deve ser adicionada de cloreto de cálcio para evitar o amolecimento excessivo dos grãos de ervilha, isso sempre que o produto final apresentar textura excessivamente macia, quando processada com salmoura normal ou com inversão de açúcar. O cloreto de cálcio deve ser diluído em água a temperatura ambiente utilizando-se de um recipiente limpo e apropriado para em seguida ser adicionada à salmoura no tanque de preparação.

A respeito das latas, elas devem ser despaletizadas mecanicamente e enviadas através de canaletas até as enchedeiras. As latas não podem permanecer nas canaletas durante eventuais paradas ou trocas de turno como nos finais de semana. Entretanto, as latas também podem e são despaletizadas manualmente direto nas linhas de envase.

Antes do enchimento, as latas devem passar por uma limpeza com água seguida de injeção a vapor seco com pressão suficiente para remover materiais estranhos.

Sobre o processo de envase, para latas de ervilha e milho verde de 200 g, deve ser realizado em enchedeiras automáticas e em seguida receber a salmoura por sistema de dosagem contínua, seguindo direto até a recravadeira.

Já para as latas de ervilha e milho verde de 2 kg, estas devem ser envasadas em enchedeiras semi-automáticas e também receber a salmoura por sistema de dosagem contínua, sendo que a embalagem de 2 kg deve sofrer exaustão antes do fechamento.

Este processo de exaustão das latas de 2 kg acontece com a passagem por um túnel de vapor direto com a finalidade de elevar a temperatura do centro da lata. Na saída do túnel a temperatura da lata deve estar variando de 80° a 90°C, em um tempo de quatro a cinco minutos.

As latas de milho verde e ervilha devem ser envasados e hermeticamente fechadas por recravadeiras, obedecendo aos padrões especificados para a recravação. Após seu fechamento, as latas devem ser colocadas manualmente com o auxílio de um de eletroímã nos cestos

(grelhas), arranjados de forma organizada em camadas regulares e separados pelas capas divisoras, sendo que a última camada de latas não deve exceder a altura das bordas das grelhas.

Durante a produção, é necessário que seja mantida uma supervisão constante, a fim de evitar desajustamentos grosseiros e de extremidades mortas, sobra de cortes e outros defeitos similares de dupla recravação. A manutenção dessa inspeção constante pode ser feita de vários modos, dependendo do tipo de máquina e velocidade da linha e disposição geral do equipamento.

Essa inspeção da recravação deve ser realizada por um inspetor de linha que fique exclusivamente na linha de produção, responsável em identificar possíveis anomalias com a recravação das latas.

A qualidade da recravação pode ser influenciada por diversos fatores como:

- Condição da recravadeira: formação de contornos próprios de recravação devido à operação mecânica e ajuste da recravadeira;
- Material da lata: variações na espessura da folha de flandres;
- Tamanho da lata: o contorno do rolo muda com o tamanho da lata para acomodar variações na espessura da chapa.

Uma boa recravação é considerada aquela em que a primeira operação foi realizada suficientemente apertada para produzir o comprimento desejado do gancho da tampa, e que a segunda operação foi suficiente o bastante para alisar as rugas no gancho da tampa sem esticar a folha. Passado o envase, inicia-se o tratamento térmico com o processo de esterilização a ser realizado nas autoclaves fixas de aquecimento com vapor tratado.

A ervilha e o milho verde em conserva são produtos de baixa acidez, ou seja, com um pH médio variando entre 5,8 – 6,7 , requerendo um tratamento térmico com temperatura de

121°C a F0 mínimo de 9 minutos, calculando para um mínimo de dezesseis reduções microbiológicas (16D).

Depois de carregadas, as grelhas devem ser transportadas às autoclaves imediatamente, para que então as autoclaves sejam fechadas e o ciclo de esterilização iniciado.

Observando a Figura 30, verifica-se a existência de doze autoclaves verticais destinadas às latas de 2 kg, além de outras seis autoclaves horizontais, também conhecida como *barriquand*, na qual são direcionadas as latas de 200 g.

As grelhas e as capas separadoras devem ser perfuradas de forma que possam permitir a passagem do vapor para as camadas internas de latas, facilitando a transferência de calor para o centro dos cestos.

No caso de as grelhas demorarem a ser processadas, a temperatura interna das latas (ponto frio) não deve cair abaixo de 70°C, o que se estima que deva ocorrer dentro de aproximadamente vinte minutos.

As latas devem ser submetidas ao tratamento térmico dentro dos padrões de tempo e temperatura específicos para cada tamanho de lata. Opcionalmente as latas de 200 g e 2 kg podem ser processadas por imersão de água, desde que isso não cause deformação na tampa das embalagens.

O resfriamento das latas é realizado dentro das próprias autoclaves pela circulação de água clorada em temperatura ambiente. Após o resfriamento, as latas são retiradas das grelhas (manualmente para as *barriquands* e através de eletroímã para as autoclaves verticais) e transportadas por esteiras, passando por um secador a ar para a retirada do excesso de água artificial.

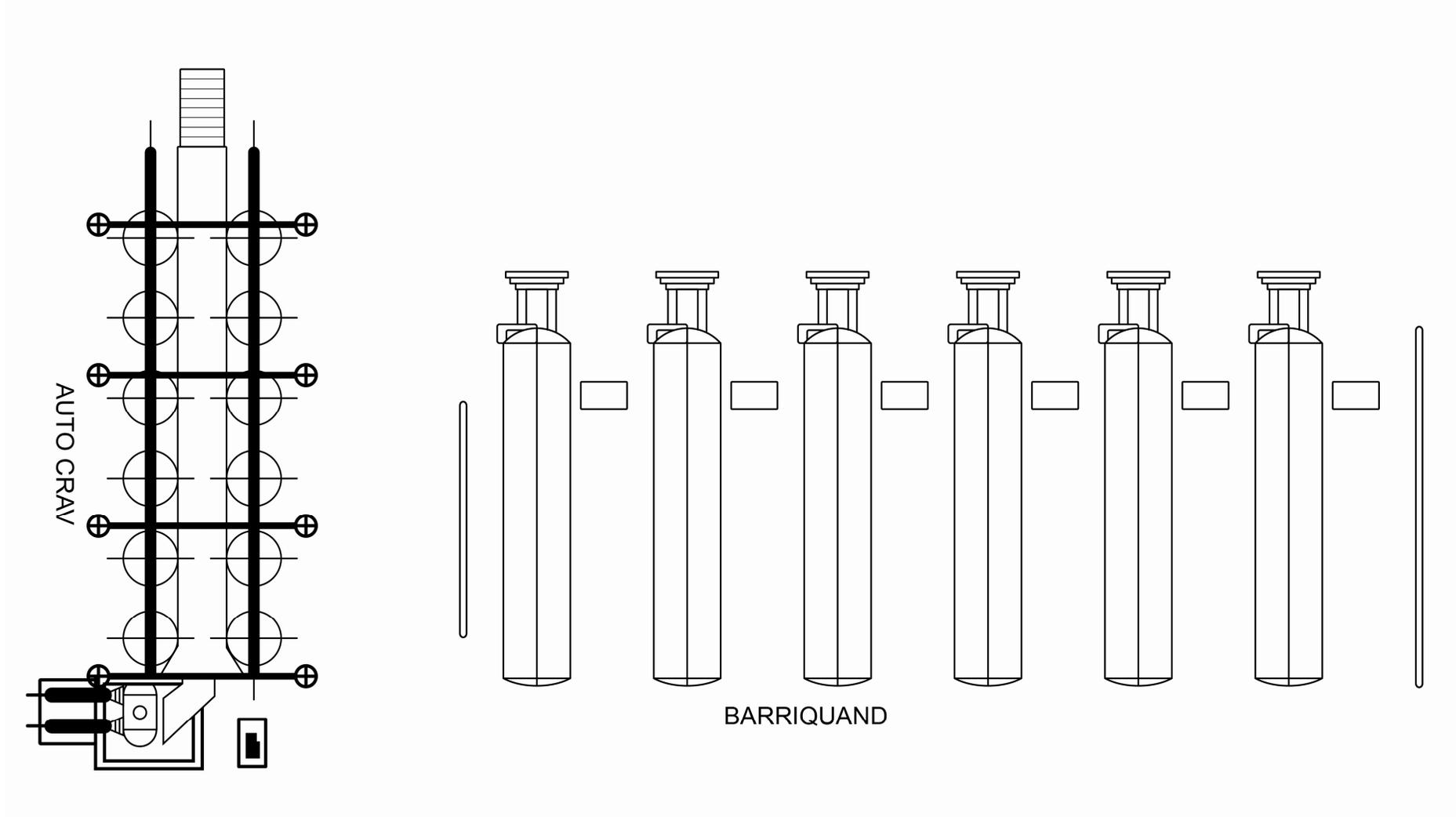


Figura 30 – Autoclaves verticais e horizontais (*barriquand*)

Existe também no objeto de estudo o processo produtivo de milho verde a vapor, na qual possui seu próprio processo a partir da degranadeira até a fase de esterilização, este último realizado através do maquinário chamado *cooker-cooler*. Seu processo de esterilização, ao contrario das autoclaves convencionais, não deixa as latas estáticas porque utiliza esteiras de rodagem, além de ser mais rápido.

Ainda sobre a linha de milho a vapor, importante considerar que ela é caracterizada apenas pela produção de latas de 200 g, assim como também não existe em sua composição a utilização de salmoura.

4.2 Situação Problema

A empresa estudada, esta o objeto de estudo, tem encontrado dificuldade em cumprir a sua capacidade teórica de produção no prazo estipulado. Se em situações em que há um plano de produção cheio essa regra quase sempre é valida, em dias em que o plano de produção encontra-se razoavelmente ocioso por qualquer motivo que o seja, a capacidade teórica é atingida ou até mesmo ultrapassada.

Se esta constatação empírica baseada na condição de espaço e tempo for alterada de dia para hora, será possível verificar que mesmo nos dias em que a capacidade teórica não é cumprida, a variabilidade existente do resultado de produção ocorre constantemente, com horas do dia apresentando resultado de produção acima da média seguida de horas do dia com resultado de produção abaixo da média, assim como de horas acima da capacidade teórica de produção seguida de horas com resultado muito abaixo da capacidade teórica de produção.

Esta constatação empírica constata que as observações no chão de fábrica caracterizam-se pela inexistência de medições de tempos e pela indefinição do gargalo de produção, devido ao fato que não se existe um consenso interno sobre o assunto, mesmo embora que nem sempre este gargalo, ou em outras palavras o processo limitador de

capacidade, seja necessariamente o processo puxador, ou aquele que dite o ritmo do fluxo de produção.

Ainda por constatação empírica, mas desta vez pela própria gerencia de produção do objeto de estudo, considerando que como alguns processos são comuns, afirma-se que dependendo da configuração dos tipos de produto que estão sendo manufaturados no momento, o gargalo de produção teoricamente pode mudar sob o prisma de que determinada etapa do processo produtivo poderia ser obrigada a aumentar sua velocidade ou capacidade de produção para cumprir a necessidade demandada pela etapa posterior.

Independentemente disso, por qualquer motivo que o seja, muitas das vezes as latas de 2 kg são direcionadas para as autoclaves horizontais, da mesma maneira que nas *barriquands* as latas de 200 g ao processo de salmoura também acabam sendo redirecionadas, mas neste caso à linha a vapor por não serem compatíveis com as autoclaves verticais.

Como efeito, usualmente é possível notar no processo anterior da linha de envase a formação de filas de estoque de grelhas cheias com latas 200 g, uma vez que a capacidade das *barriquands* fica comprometida com o processamento de latas 2 kg de maneira simultânea, levando em conta também que as latas 200 g não podem ser destinadas às autoclaves verticais como contrapartida.

Considerando o ciclo de esterilização do milho verde em 60 minutos, adicionando mais o tempo de para enchimento e retirada das grelhas de cada autoclave, qualquer inatividade durante este tempo significa que ou o ritmo de produção está sendo quebrado, ou que a velocidade da linha de envase aliada à sua capacidade de processamento está desbalanceada com a capacidade de processamento das autoclaves.

Fazendo uma análise comparativa entre o nível de demanda e a capacidade da linha a vapor, tecnicamente é possível afirmar que a mesma é subutilizada se comparada ao nível de utilização das demais linhas, ainda mais considerando que seu plano de produção sempre

costuma ser atendido (salvo em caso de quebras crônicas), ainda que possa ser acima do tempo estimado originalmente.

Como o processo de esterilização da linha a vapor é rápido e automático, e uma vez que o processamento de latas 200 g à salmoura, mesmo que não recomendável, acaba se tornando compatível ao *cooker-cooler* (nome este que é dado ao processo de esterilização da linha a vapor), estas latas 200 g à salmoura são direcionadas a esta linha de produção independente.

Esse evento se dá pelo fato de que a ineficiência do resultado de produção das latas 2 kg consome a capacidade de processamento das autoclaves horizontais, que acabam por vir a afetar também o resultado de produção das latas de 200 g, o que influencia a decisão da gerencia de produção em optar pela utilização da linha a vapor pelas latas de 200 g processadas à salmoura, causando assim um efeito cascata.

Não obstante ao fato do atraso em uma eventual programação de milho verde a vapor, o milho verde envasado pelo processo tradicional, tem através da salmoura uma relevante absorção de água, tornando o peso bruto da lata muito acima ao de milho verde a vapor.

Somado a este aumento de peso, além da desregulagem do maquinário ser mais constante, respingos de salmoura na parte externa das latas caem e vão se concentrando nas roldanas da esteira do *cooker-cooler*, que aliado às altas temperaturas, vão corroendo as engrenagens no decorrer do tempo, até que enfim ocorra uma quebra crônica.

Desta observação inicial, duas constatações já podem ser afirmadas, ou ao menos precisam ser afirmadas para que se defina um norte de ação, até que estas sejam então rejeitadas ou não no decorrer das averiguações.

A primeira delas é que o gargalo de produção é aparentemente o processo de esterilização, etapa limitante de capacidade com as autoclaves verticais na produção de latas 2 kg, e a segunda é que o não atendimento do plano de produção fica atrelado à paradas de

produção como quebras de máquinas (em especial a linha a vapor), o que não é verdade, uma vez que a quebra ocorre pelo uso inadequado da máquina a vapor por latas mais pesadas e contaminadas por salmoura, oriundas do efeito cascata causado pelo processamento ineficiente das latas 2 kg nas autoclaves horizontais.

Desta constatação, a metodologia dos 5 por quês pode ser aplicada para uma síntese da situação, e também pela confirmação da sua causa raiz, como mostra o Quadro 4:

No.	Perguntas	Respostas
1.	Por que o plano teórico de produção não foi alcançado?	Houve a quebra da máquina de esterilização automática da linha a vapor
2.	Por que houve a quebra da máquina de esterilização automática da linha a vapor?	A salmoura corroeu as engrenagens da esteira
3.	Por que a salmoura corroeu as engrenagens da esteira?	Latas do processo tradicional a salmoura estão sendo produzidas constantemente lá
4.	Por que essas latas ao processo de salmoura estão rodando nesta linha?	As autoclaves horizontais não têm conseguido atingir a sua produtividade teórica
5.	Por que as autoclaves horizontais não têm conseguido atingir a sua produtividade teórica?	Estão produzindo latas de 2 kg nestas autoclaves, estando inclusive fora da programação de produção

Quadro 4 – Metodologia dos 5 por quês aplicada à quebra da linha a vapor

De maneira geral, esta análise inicial do processo de esterilização faz uma interligação dos efeitos existentes entre as autoclaves verticais, das *barriquands* e do *cooker-cooler*, que acabaram por servir de base para o entendimento do problema ao nível de planta.

Mas da mesma forma, ao se analisar o contexto geral do problema, conclui-se que é a ineficiência da produção das latas de 2 kg que ao causar um efeito cascata indesejado, vem a afetar a eficiência ao nível da planta, ou seja, afeta não só a eficiência das latas 2 kg como também das latas 200 g (tanto as processadas a salmoura quanto as a vapor).



Figura 31 – Níveis gerais de uma organização
Fonte: Womack & Jones (2004)

Portanto, a causa raiz e foco a ser direcionado têm de ser ao nível de processo, mais especificamente no processo de esterilização das autoclaves verticais, onde são direcionadas as latas de milho verde e ervilha 2 kg, conforme demonstra a Figura 31.

Voltando a um ponto anterior denotado por observação empírica, na qual teoricamente o gargalo poderia mudar de acordo com o plano de produção, com a utilização das *barriquands* para suprir a capacidade de produção de latas 2 kg, pode-se aparentar que o gargalo em certos momentos pode ter sido alterado a operações anteriores, isso do ponto de vista das autoclaves verticais.

Neste caso, o plano de produção como causa é utilizado apenas como um jargão teórico, ainda mais se isso ocasionar em um resultado de latas 2 kg acima da capacidade teórica de produção, até porque a quantidade de grãos em uma lata 2 kg é dez vezes superior às latas 200 g.

A Figura 32 mostra uma visão panorâmica do layout da produção de latas de 2 kg, e ao seu lado apresenta um quadro comparativo da produção planejada com o resultado de produção por hora efetivamente ocorrido, nomeada como real na coluna do quadro.

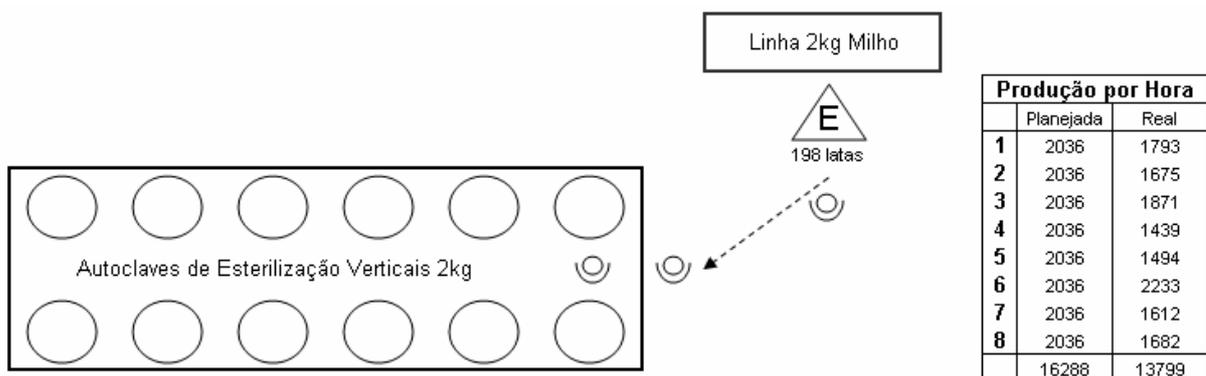


Figura 32 – Layout e produção por hora do processo de esterilização de latas de milho verde 2 kg

Neste quadro, claramente é perceptível a oscilação, ou em outras palavras, a variabilidade do resultado de produção real, onde em geral este consegue atingir apenas 4/5 da produção planejada, e isso ainda que, embora na quarta e quinta hora não se tenha atingido nem mesmo 3/4 da capacidade teórica, na sexta hora o resultado de produção esteve acima da

segue da Figura 32, por entender que esta representa a situação mais usual da realidade de todas às demais observações realizadas.

Considerando por exemplo que cada quadrante marcado com “x” representa 198 latas de milho 2 kg, com os 70 quadrantes existentes na Figura 33 tem-se um resultado de produção por turno de 13.860 latas, 61 latas ou quase uma grelha a mais que a tabela de produção por hora da Figura 32, quantidade esta parcial a uma autoclave e não significativamente relevante para efeito de representação geral.

Importante considerar que estes 72 quadrantes em branco da Figura 32 representam um desperdício de tempo de máquina parada de 720 minutos, mas isso apenas ao considerar-se a soma das autoclaves individualmente e não pela sua seqüência cronológica na escala de tempo.

Seguindo esta seqüência cronológica da escala de tempo, no minuto 60 da sexta hora , por exemplo, ao invés de se considerar 30 minutos desperdiçados pela soma das autoclaves 3, 4 e 5, deve-se na verdade considerar apenas 10 minutos de desperdício de máquina parada, que são os 10 minutos do intervalo vertical que compõem o minuto 60 da sexta hora, consideração esta que deve ser tomada como válida.

Com efeito, a Figura 33 possibilita não apenas a visualização gráfica do não cumprimento da meta de produção, como também mais especificamente demonstra de modo mais claro a variabilidade do resultado de produção de forma a originar desperdícios de tempo de máquina, além de demonstrar como esta variável se comporta no decorrer do turno de produção sem uma lógica definida, influenciada pela não existência de um fluxo contínuo.

4.3 A Solução

Ignorando o gargalo de produção, qualquer ação fora deste entendimento que vise o aumento da capacidade de produção, teria como idéia inicial a aquisição de novas autoclaves

verticais ou horizontais. Entretanto, analisando criticamente esta medida que aumentaria o custo fixo da empresa, isso de fato apenas ocultaria os problemas de falta de eficiência do processo produtivo.

Sendo assim, tendo como ponto de vista a agregação de valor ao cliente e não apenas uma restrição que impede o fluxo contínuo do sistema, o conceito de gargalo de produção pode ser alterado pela denominação de processo puxador, já que transmite a idéia de informações niveladas da demanda aos seus processos anteriores, assim como também poderiam ser puxados via supermercados.

O estudo detalhado do processo de esterilização das latas de 2 kg pode ser iniciado pela medição da capacidade teórica de latas por hora. Cada grelha, nome dado ao utensílio que armazenará as latas de 2 kg, enchida em sua totalidade logo após o processo de envase da linha pode conter até 66 latas.

Dentro da grelha, as latas são transportadas com o auxílio de um carrinho e deixadas ao lado das autoclaves verticais, para depois serem elevadas por uma talha a um mezanino de 1,7 metros de altura moldado para a passagem e conexão das autoclaves. A talha é um maquinário com um sistema de cabo de aço e um eletroímã em sua ponta que agarra a grelha e a transporta até a parte interna da autoclave.

Este mezanino existe porque cada autoclave vertical em pé mede 2,5 metros de altura e necessita para o seu funcionamento de um operador que receba as grelhas e as fixe ao eletroímã da talha, e também de outro operador que controle os movimentos da talha transportando a grelha até a parte interna da autoclave vertical. Cada autoclave vertical possui a capacidade de receber até 3 grelhas, totalizando assim 198 latas no máximo.

O objetivo das autoclaves é elevar a sua temperatura interna para a destruição ou eliminação de germes, processo que dura aproximadamente 60 minutos para o milho verde. A esterilização começa com o aquecimento da autoclave até esta atingir entre 121° e 128° graus

centígrados, o que leva em torno de 40 minutos, para que então se inicie o processo de resfriamento, este em torno de 20 minutos. No caso da esterilização da ervilha, o tempo de processamento total é reduzido a 40 minutos.

Considerando que o tempo de enchimento de cada grelha até a sua colocação na autoclave leva 5 minutos, e que a sua retirada e envio até o processo posterior mais 5 minutos, o tempo de transporte e movimentação de 10 minutos tem de ser então somado aos 60 minutos do processo de esterilização.

Vale ainda ressaltar que estes 5 minutos não estão medidos detalhadamente, e que obviamente um ritmo mais acelerado de operação poderia reduzir este tempo. Entretanto, como o objetivo é criar um fluxo contínuo, o mais importante agora é que o fluxo ocorra de maneira suave e constante, deixando qualquer preocupação de melhoria a respeito destas operações para um outro momento.

Portanto, se a cada 70 minutos tem-se 198 latas produzidas, alterando esta medida por hora haverão 169,7 latas produzidas por hora, estas que se multiplicadas pelas 12 autoclaves verticais, atingem uma capacidade teórica de 2.036 latas por hora. É com base nesta medida base que o plano teórico inicial de produção foi estipulado, na qual ao se multiplicar esta quantidade de latas pelas oito horas do turno, tem-se as mesmas 16.288 latas produzidas por turno da Figura 32.

Durante as observações, verificou-se em dados momentos uma série de grelhas carregadas em processo formando uma fila de estoques ao final da linha de envase, ficando evidente a existência de relevante variabilidade do processo, denotando que o fluxo de produção estava em descompasso com um ritmo contínuo, principalmente ao se verificar que isso se deu por todas as autoclaves verticais estarem no período de seu ciclo de esterilização, ou seja, utilizando a sua plena capacidade.

Essa constatação evidente de que existe variabilidade do processo pode ser afirmada pelo simples fato de que não havendo sincronia entre os processos de envase e de esterilização, sendo este segundo o ditador do ritmo do resultado de produção, o resultado de produção também não seguirá uma seqüência sincronizada, característica esta inerente da variabilidade de produção.

Por outro lado, em determinados momentos do turno, às vezes seis, sete ou oito autoclaves ficavam ociosas aguardando as latas saírem do processo de envase, e tratando-se do gargalo, isso significava que naquele momento a produtividade, ou o resultado de produção por hora ou turno estava sendo comprometido, seguindo o preceito que o processo puxador nunca deve parar.

Entender o motivo da variação na saída das autoclaves parece exigir uma compreensão mais rítmica do que propriamente dos elementos de trabalho do processo puxador. É sabido que são necessários 10 minutos para se transportar e acoplar as latas à autoclave vertical, então qualquer número de autoclaves que seja superior a uma ou qualquer outra que termine seu ciclo durante este intervalo, já pode ser considerada como uma quebra de produção.

Neste ponto também é importante ressaltar que apenas quando há parada de máquina de qualquer autoclave é que se pode afirmar que existe quebra de produção, uma vez que o tempo de espera do operador não necessariamente afeta o resultado de produção, mas desde que este não influencie no andamento do ciclo, denotando desta forma como “apenas” uma ineficiência operacional.

Ainda que ignorando possíveis restrições das demais variáveis seja possível considerar a hipótese do aumento da velocidade da esteira, se esta conseguir aumentar em pelo menos duas vezes sua capacidade de produção, isto apenas aumentaria o nível de desperdícios, pois independentemente do número de autoclaves ociosas ou da velocidade ajustada da esteira,

adicionar mais três operadores aumentaria a possibilidade de rompimento do fluxo de transporte das grelhas.

A adição destes três operadores adicionais corresponde à duplicação dos operadores nas operações chave do fluxo puxador, a saber, o operador que carrega os carrinhos com as grelhas, o operador que as transporta, e o operador da talha.

Já a possibilidade de aumento do rompimento do fluxo pode ser explicada baseada na falta de sincronismo das etapas de produção, pois havendo dois ou mais operadores para compartilharem a mesma função, isso aumentaria o desperdício de espera no momento que um operador precise aguardar o término da operação de outro, para que então possa iniciar a sua.

Um operador nunca deve esperar durante a operação de uma máquina, entretanto devido aos tempos de ciclo de esterilização nunca estarem sincronizados, este tipo de desperdício ocorria constantemente com o operador da talha, formando assim estoques de grelhas entre as estações de trabalho, ou então demorando mais que os 10 minutos estipulados para carregamento das grelhas devido ao fato das autoclaves tornarem-se disponíveis simultaneamente, obrigando necessariamente o carregamento de uma para início da outra.

Desta forma, o desafio é definir uma lógica, uma seqüência contínua para que haja fluxo contínuo das grelhas que saem da linha de envase para as autoclaves, de maneira que o operador da talha consiga, logo após o término do ciclo de cada autoclave, dentro de 10 minutos retirar a sua respectiva grelha e já iniciar um novo ciclo da mesma, já que é esta a operação que conduz o resultado de produção final.

A Figura 34 demonstra uma lógica adequada de como devem ser conduzidas as autoclaves sob o lema de que o gargalo nunca pode parar. O eixo vertical exemplifica as doze autoclaves verticais existentes, enquanto que o eixo horizontal exemplifica o tempo, na qual toda a coluna representa 10 minutos numa ordem cronológica.

Como o tempo de enchimento é de 5 minutos, é possível sim fazer o enchimento de duas autoclaves em 10 minutos, mas para isso foi necessário implantar um pulmão ou estoque de segurança de uma grelha entre a linha de envase e as autoclaves.

Agora o operador pôde eliminar o tempo de desperdício em espera enquanto aguardava o enchimento das grelhas, uma vez que quando ele retorna da movimentação anterior, uma nova grelha (estoque pulmão) já quase cheia está disponível para ser movimentada às autoclaves.

O tempo de desperdício de espera dos outros dois operadores também diminuiu, pois se cada grelha antes chegaria a cada 10 minutos, agora chegará a cada 5 minutos. Ainda que este pulmão de capacidade de apenas uma grelha fosse insuficiente para atingir este ciclo, não haveria problema em aumentar este número para dois, uma vez que o departamento de qualidade estipula como prazo máximo o tempo entre a saída da máquina de envase até o início do ciclo da autoclave em até 25 minutos, tanto para a ervilha como para o milho verde.

Além da capacidade teórica, o conceito da lógica de funcionamento poderia dar uma outra visão da capacidade por hora, mas existe uma variabilidade do resultado de produção das autoclaves que é inerente ao processo. Observando ainda a Figura 34, a cada cinquenta minutos ou cinco ciclos de dez minutos, tem-se vinte minutos ou dois ciclos de dez minutos com apenas um enchimento.

Isso significa que considerando que agora existe um pulmão de capacidade, os operadores ficarão 10 minutos inativos num intervalo de 20 minutos. Desta maneira, considerando esta hipótese evidente de desperdício, aliada à visão separada das operações de enchimento da grelha com a operacionalização da talha e enchimento da autoclave em operações separadas de 5 minutos, a base do eixo horizontal do funcionamento ótimo do processo puxador foi também alterada para 5 minutos, como pode ser observado na Figura 35.

		Hora 1						Hora 2						Hora 3						Hora 4																													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Autoclaves Verticais	1	x																																															
	2		x																																														
	3			x																																													
	4				x																																												
	5					x																																											
	6						x																																										
	7							x																																									
	8								x																																								
	9									x																																							
	10										x																																						
	11											x																																					
	12												x																																				

Figura 35 – Ajuste da lógica de funcionamento do processo puxador da linha 2 kg com milho verde

Ao contrário da Figura 34, onde existiam dois quadrados marcados com “x” em uma mesma unidade de tempo do eixo horizontal, na Figura 35 não encontramos este tipo de situação, já que desta vez isso traria uma restrição de capacidade. Embora as duas figuras façam exatamente a mesma representação, aqui conseguimos enxergar que o tempo efetivo de espera do operador da talha é de 5 minutos a cada 60 minutos corridos.

Este desperdício de 5 minutos se dá devido ao fato que, no minuto 60 da primeira hora em que se ocorre o enchimento da autoclave vertical número 12, o ciclo de esterilização da autoclave número 1 ainda está no quinquagésimo quinto minuto, o que resulta na espera de 5 minutos do operador, até que haja uma autoclave disponível para que se possa fazer o enchimento, retornando o fluxo normal a partir da autoclave número 2 até o minuto 5 da terceira hora, momento em que novamente não há nenhuma autoclave disponível, resultando em mais 5 minutos de espera do operador, e assim sucessivamente a cada ciclo completo das 12 autoclaves verticais.

Isso significa que, se a cada 60 minutos ou um ciclo completo das autoclaves verticais com latas de milho verde existe um desperdício de espera do operador de 5 minutos, então a cada 13 horas, 1 hora não estará vinculada a uma atividade que agregue valor.

Como consideramos a operação da talha o ditador do ritmo do gargalo, ou da mesma forma o ditador de ritmo da linha de produção de milho verde 2 kg como um todo, e utilizando ainda a mesma capacidade teórica de 16.288 latas de milho verde, esta que é utilizada como padrão comparativo entre a produção teórica e produção real, este percentual

transformado em latas significa que o operador, ignorando demais variáveis, poderia ter produzido mais 156 latas por hora, ou 1.253 latas por turno.

Esta nova visão permite também que a capacidade teórica seja alterada. Se antes a capacidade de produção por hora de cada autoclave era de 169,7 latas de milho verde, agora consideramos que a cada hora, 11 das 12 autoclaves apontam resultado de produção, assim temos 2.178 latas de milho por hora ao invés das 2.036 latas definidas anteriormente

Mesmo que embora a restrição que causa este desperdício de espera agora seja necessariamente das autoclaves verticais, é sabido que as mesmas também são utilizadas na produção de latas de ervilha, que ao contrário das latas de milho verde, levam aproximadamente 40 minutos de execução no ciclo de esterilização, ou seja, 20 minutos a menos.

No caso de produção de latas de ervilha 2 kg, o tempo de espera do operador de 5 minutos a cada hora que ocorre com as latas de milho verde não existe, entretanto quando o ciclo da primeira autoclave finaliza, a mesma coincide com o enchimento da autoclave número 10, o que significa também que irá coincidir ainda com outras duas autoclaves. Da mesma forma, a autoclave número 2 ao término do seu ciclo coincidirá também com outra autoclave, neste caso a de número 11, e ainda a autoclave número 3, coincidindo seu momento de enchimento com a autoclave número 12.

A Figura 36 mostra a mesma lógica de funcionamento da Figura 35 aplicado à produção exclusiva de latas de ervilha 2 kg. A quantidade de autoclaves verticais e a seqüência cronológica dos minutos seguem o mesmo padrão, alterando apenas o “x” do momento do enchimento para “o”, representando assim que o enchimento está sendo feito por latas de ervilha. Ademais, além do quadrante cinza que representa o momento do tempo de ciclo de esterilização, verificam-se também quadrantes vazios ou em branco, representando que a autoclave para aquele dado momento não está em uso.

Esta última autoclave do primeiro grupo, a autoclave de número 4, que está pré-determinada a ser abastecida com ervilha, terá seu ponto exato de enchimento no minuto 5 da segunda hora, mesmo momento em que acontece a inatividade de 5 minutos por parte do operador quando há produção exclusiva de milho verde.

Seguindo a mesma lógica para o segundo grupo das autoclaves, a última autoclave a ter seu abastecimento em latas de ervilha será a de número 8, que por sua vez terá seu momento de enchimento no minuto 25 da segunda hora, e que da mesma maneira tem esta lógica estendida para o terceiro grupo de autoclaves, assumindo com a autoclave de número 12 a atividade do minuto 45 da segunda hora deixada em aberto pela autoclave número 8 do grupo 2, e finalizando com a autoclave de número 11 o último enchimento da segunda hora.

Assim como na segunda hora em que os tempos de enchimento das autoclaves conseguem revezar-se entre si de forma sincronizada, na terceira e quarta hora esta mesma regra também é seguida, havendo apenas mudanças entre as autoclaves sobre qual delas fará o enchimento de ervilha, até que a quinta hora seja idêntica à primeira hora e então inicie-se um novo ciclo, assim como é demonstrado na Figura 37.

		Hora 1 / Hora 5						Hora 2						Hora 3						Hora 4																													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60												
Autoclaves Verticais	1	x												x													x																						
	2		x													x													x																				
	3			x													x													x																			
	4				x													x													x																		
	5					x													x													x																	
	6						x													x													x																
	7							x													x													x															
	8								x													x													x														
	9									x													x													x													
	10										x													x													x												
	11											x													x																								
	12												x												x																								

Figura 37 – Lógica de funcionamento do processo puxador da linha 2 kg com milho verde e ervilha

Observando individualmente as autoclaves sob a lógica de funcionamento da Figura 37, cada uma delas recebe quatro enchimentos da primeira à quinta hora, e todas sem exceção recebem um enchimento de ervilha e três de milho verde, alternando apenas a seqüência de trocas entre elas.

Embora a Figura 37 tenha apresentado um resultado sem desperdício de tempo, tanto de máquina como do operador, ela foi desenvolvida com base num pressuposto dedutivo que ignora a demanda. Ao se considerar o plano de produção, alguns ajustes provavelmente terão de ser realizados, já que esta relação de três latas de milho verde para uma lata de ervilha, ainda que possa acontecer em determinados momentos, dificilmente pode se sustentar sem oscilações no decorrer de cada dia ou no decorrer das semanas.

Considerando o mesmo *layout* da Figura 32, mas agora baseado na produção simultânea de latas de milho verde e de ervilha, e utilizando uma média das mais usuais quantidades requisitadas de pedidos de cliente como base para definição do plano de produção, a condição final para que se possa chegar ao melhor desempenho do ritmo do processo puxador segue exemplificada na Figura 38.

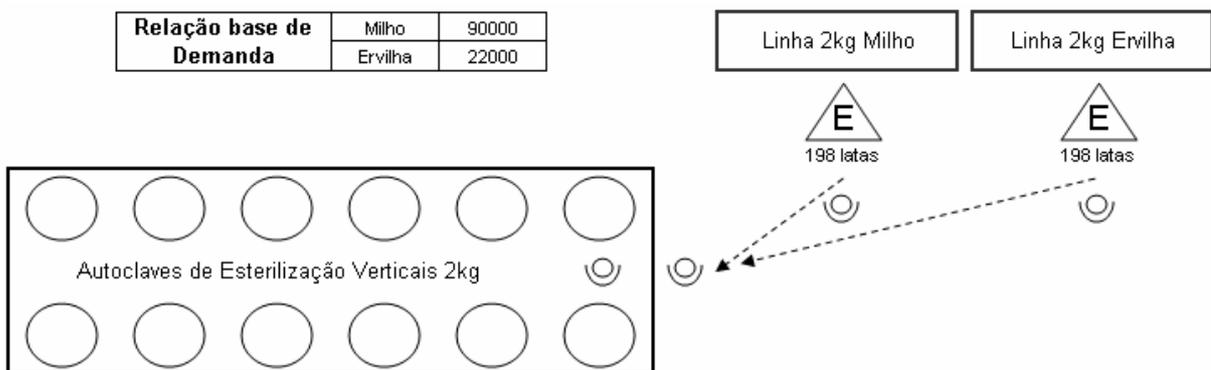


Figura 38 – *Layout* e produção do processo de esterilização de latas de milho verde 2 kg e ervilha 2 kg baseadas em uma demanda média por clientes para definir sua relação em termos de quantidade

De acordo com a relação base de demanda entre milho verde e ervilha da Figura 38, o ritmo de produção definido na Figura 37 em um turno produz 1.782 latas de milho verde e 594 latas de ervilha por hora. Para atingir a quantidade base da demanda por latas de milho verde, são então necessários 6,31 turnos de produção para atingir 90.000 latas. Por outro lado, durante este período de 6,31 turnos, 30.000 latas de ervilha são produzidas, ou seja, 25% ou 8.000 latas a mais do que o necessário.

Visando uma alternativa para a superprodução de latas de ervilha na situação anterior, primeiramente é importante considerar que enquanto são necessários 4,63 turnos para se

alcançar a quantidade de 22.000 latas de ervilha, neste momento apenas 66.000 latas de milho verde foram produzidas, faltando assim ainda a serem manufaturadas 24.000 latas.

Assim, restando como alternativa apenas a produção exclusiva das 24.000 latas de milho verde, as latas restantes levarão mais 1,26 turno para serem manufaturadas, tempo este que somado ao tempo gasto anteriormente com a produção compartilhada de 4,63 turnos, alcança a relação base da demanda em 5,89 turnos, tempo este inferior aos 6,31 turnos da Figura 37, além da não existência de superprodução das 8.000 latas de ervilha.

Como houve um desperdício de 5 minutos do operador durante estes quase 5,89 turnos, tempo necessário para a produção da relação base da demanda, isso significa que numa condição hipotética de três turnos de produção durante seis dias (arredondando a lógica de 5,89 para 6 turnos), haveria então no máximo apenas 20 minutos de desperdício do operador durante uma semana.

Ao que tange a responsabilidade do processo puxador de ditar o tempo *takt*, nesta condição de programação de produção, teríamos quase que a capacidade total de produção alcançada. Cada etapa está sincronizada para que dentro dos cinco minutos haja o transporte das latas dentro da grelha na saída da linha de envase até a parte interna da autoclave, para que então esta possa ter seu ciclo de esterilização acionado.

Por outro lado, embora o processo de esterilização esteja definido como o processo puxador, de fato o cliente final é quem deveria determinar este fluxo, mas como estamos partindo do pressuposto que os gargalos de produção são independentes, o carregamento de qualquer veículo de transporte independe de ser carregado por latas de milho verde ou de ervilha, uma vez que ambas possuem as mesmas medidas de cubagem.

Ainda que a lógica de funcionamento do processo puxador da Figura 37 possa apresentar um ciclo perfeito em termos de ritmo, a relação de demanda ótima está baseada em uma média usual de pedidos por clientes, e embora ela esteja em uma relação geral entre latas

de milho verde e de ervilha, a quantidade está relacionada à apenas um cliente dentre os vários que fazem parte da carteira.

Desta forma, a programação de produção não sofre alterações ao que já foi definido até o momento, isso em relação à quantidade de latas de milho verde e de ervilha, mas é importante considerar que o carregamento dos veículos de transporte estará vinculado aos pedidos dos clientes por proximidade de localização.

Sendo a definição das rotas de transporte uma variável independente ao plano de produção, elas apenas aguardam o resultado de produção para realizarem seus carregamentos, uma vez que já foram definidas com base na demanda, e esperam que a produção consiga entregar a devida quantidade no prazo devido.

Assim, dentre vários clientes que emitem pedidos dentro de um mês, aguardar 5,89 turnos ou destinar praticamente dois dias de produção para apenas um cliente traria um sério risco de problema ao cumprimento dos prazos dos demais clientes.

Adiante, a primeira mudança deve ser que a demanda precisa ser estabelecida de maneira a atender sua demanda base, respeitando a relação de latas de milho verde e de ervilha, tentando sempre reduzir a necessidade da produção exclusiva de latas de milho verde, além de nunca realizar a produção exclusiva de latas de ervilha.

Como a Figura 37 é estabelecida com base num pressuposto dedutivo que não atende a relação base da demanda, a Figura 39 apresenta uma mesma lógica de funcionamento, mas agora sob este novo prisma.

		Hora 1						Hora 2						Hora 3						Hora 4																														
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Autoclaves Verticais	1	x																																																
	2		x																																															
	3			x																																														
	4				x																																													
	5					x																																												
	6						x																																											
	7							x																																										
	8								x																																									
	9									x																																								
	10										x																																							
	11											x																																						
	12												x																																					

Figura 39 – Lógica de funcionamento do processo puxador da linha 2 kg com milho verde e ervilha ajustada à relação base da demanda

Comparando as Figuras 37 e 39, a diferença entre elas fica caracterizada pela primeira hora da Figura 39 que inicia sua seqüência como se estivesse programada para a produção exclusiva de milho verde. Já a segunda hora da Figura 39 possui a mesma seqüência de trocas da primeira hora da Figura 37.

Enquanto que a lógica de funcionamento da Figura 37 possui um ciclo de 4 horas sem interrupções tanto em seu ritmo de produção como no tempo do operador, a Figura 39 apresenta 5 minutos de espera do operador na virada da primeira para a segunda hora.

Analisando no detalhe, a Figura 37 pode ser definida como um ciclo perfeito sem desperdício durante as 4 horas, assim seu turno realiza duas vezes esta mesma lógica de funcionamento, considerando que a quinta hora é equivalente à primeira hora, que a sexta hora é equivalente à segunda hora, e assim por diante.

Por outro lado, a Figura 39 utiliza o ciclo perfeito somente à partir do minuto 10 da hora 2, finalizando o ciclo perfeito da Figura 37 no minuto 5 da quinta hora, determinando que o início de um outro ciclo baseado em 4 horas irá começar à partir da troca na hora 10 da quinta hora.

Tanto a primeira hora da Figura 37 como a primeira hora da Figura 39 começam com o tempo de troca pela seqüência numérica das autoclaves, ou seja, o primeiro tempo de troca no minuto 5 é o momento de enchimento da primeira autoclave, enquanto que o segundo tempo de troca no minuto 10 é o momento do enchimento da autoclave número dois, e assim por diante até o minuto 60, momento de enchimento da décima-segunda autoclave.

Mas enquanto que na Figura 37 é na segunda hora em que inicia-se o revezamento da ordem das autoclaves, isso devido ao fato de que o tempo de esterilização das latas de ervilha são inferiores em 20 minutos ao tempo das latas de milho verde, na Figura 39 à partir do minuto 10 da segunda hora a ordem das autoclaves permanece a mesma, podendo ainda

estabelecer se a seqüência a ser utilizada será alterada ou não, já que feito adequadamente não causa impacto no tempo *takt* do processo puxador.

Se a opção de seqüência do minuto 10 da segunda hora for pela lógica perfeita, então a Figura 39 pode explicar visualmente, demonstrando que nas autoclaves 3, 6 e 9 o enchimento será feito por ervilha e não mais por milho verde, dando a opção pelo enchimento exclusivo de milho verde novamente somente no minuto 10 da quinta hora.

De outra maneira, pode também optar-se pela permanência da produção exclusiva de latas de milho verde, explicada pela Figura 35, em que a cada renovação completa dos ciclos por todas as doze autoclaves gera um desperdício de 5 minutos com espera do operador.

Considerando as possibilidades de gerenciamento do tempo *takt* do processo puxador, a mescla das Figuras 37 e Figura 39 pode garantir uma resposta rápida aos pedidos dos clientes, utilizar a total capacidade de máquina disponível, além de garantir um baixo nível de desperdício com tempos de espera do operador.

A Figura 40 apresenta uma continuação da Figura 39 à partir da quinta hora, mostrando como se comportam os quadrantes desta lógica de funcionamento mesclada e ajustada à demanda base apresentada pela Figura 32, garantindo assim a produção das latas de acordo com a demanda que é volátil sempre dentro de apenas um turno, ao contrário dos 5,89 turnos necessários pela lógica de funcionamento da Figura 37.

	Hora 5												Hora 6												Hora 7												Hora 8													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		
1					o									x																																				
2		x													x																																			
3			x													x																																		
4				x													x																																	
5										o																																								
6						x																																												
7							x																																											
8								x																																										
9									x																																									
10	o									x																																								
11											x																																							
12												x																																						

Figura 40 – Continuação da Figura 39

Voltando à questão da demanda como variável preponderante na definição do plano de produção, se fosse necessário, a segunda hora da Figura 39 ou a sétima hora da Figura 40

poderiam fazer seu enchimento novamente por latas de milho verde, com o intuito de se atingir qualquer plano logístico de carregamento por localidades determinadas de entrega.

Ocorrendo desta forma, haveria um aumento neste caso de 10 para 15 minutos de espera durante o turno, o que não chega a ser relevante, pois o funcionamento das autoclaves permanece sem paradas, o que significa que estes 5 minutos de espera do operador não afetam o resultado de produção.

Embora não haja uma medição exata de resultado de produção que possa servir de base para a última condição de funcionamento do processo puxador, a união das Figuras 39 e 40 servirão como referencia, já que mesmo não sendo uma base de medição perfeita, a relação base da demanda da Figura 32 também não é, e mesmo que fosse, estaria sujeita às oscilações inerentes que são determinadas por variáveis externas e independentes.

Para efeito de definição, a união das Figuras 39 e 40 podem ser chamadas de condição ótima de gerenciamento do ritmo de produção ou do tempo *takt* do processo puxador, enfatizando o termo “condição ótima”.

Verificando o resultado de produção da condição ótima do ritmo puxador, temos então que ao contrário do ciclo perfeito onde a cada hora tínhamos o resultado de 9 grelhas de milho verde e 3 grelhas de ervilha a cada hora, na condição ótima temos por duas horas o resultado exclusivo de latas de milho verde, resultando em 54 grelhas, e ainda seis vezes a relação do ciclo perfeito de 27 grelhas de milho verde e 9 de latas de ervilha, com exceção da última que apresenta 24 grelhas de milho verde e 6 grelhas de ervilha.

Fazendo um somatório deste resultado, tem-se então 234 grelhas de milho verde, que representam 15.444 latas, e 54 grelhas de ervilha, representando 3.564 latas, num total de 19.008 latas, que divididas pelas 8 horas do turno, representam uma produção por hora na condição ótima do ciclo puxador de 1.930,5 latas de milho verde e 445,5 latas de ervilha.

Através da Tabela 1 é possível identificar uma síntese dos pontos principais de cada estado e sua mensuração no decorrer dos eventos *kaizen*.

	Situação Original	Meta Original	Solução Teórica	Condição Ótima	Ciclo Perfeito
Produção por turno	13.799	16.288	17.424	19.008	19.008
Produção por Hora	1725	2036	2178	2376	2376
Desperdício por Turno de Máquina em Minutos	2 horas e 11,5 minutos	1 hora e 8,6 minutos	-	-	-
Desperdício por Turno de Máquina (%)	27,4%	14,3%	-	-	-
Desperdício por Turno de Espera do Operador	-	-	35 minutos	10 minutos	-
Desperdício por Turno de Espera do Operador (%)	-	-	7,3%	2,1%	-
Há Fluxo Contínuo	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Atua Efetivamente como Processo Puxador	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Relação de Produtos Acabados	Milho (100%)	Milho (100%)	Milho (100%)	Milho (81%) e Ervilha (19%)	Milho (75%) e Ervilha (25%)
Atende a Relação Base de Demanda	Não	Não	Não	Sim	Não
Gera Superprodução nas Etapas Anteriores	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Gera Estoque de Produto Acabado	Não	Não	Não	Não	Sim

Tabela 1 – Comparação das melhorias encontradas com a situação e meta original

Embora a solução teórica inicial tenha conseguido criar um fluxo contínuo, se a sua medição fosse adicionada à performance da ervilha, a sua produção por hora se reduziria drasticamente. Apesar disso, vale lembrar que a situação original encontrada e sua meta original também estavam baseadas na produção exclusiva de milho verde, portanto também teriam seu desempenho reduzido se impostos à mesma condição.

Independentemente disso, já com a solução teórica os tempos de desperdício com máquina foram eliminados, restando como entrave ao ciclo perfeito o tempo de desperdício de espera do operador da talha, sendo estes 35 minutos por turno na solução teórica inicial e 10 minutos na condição ótima.

Geralmente se é considerada a existência de um fluxo contínuo quando há a produção e a movimentação de um item ou de um lote pequeno por vez, e isso desde as primeiras etapas da linha de produção até o resultado final em si, de maneira que as etapas anteriores produzam apenas a quantidade necessária ao processo posterior, isto é, de maneira balanceada ou suavizada.

Com estes 10 minutos de espera do operador da talha, isso significa que haverá o acúmulo de uma grelha de milho verde e uma grelha de ervilha a cada turno, e ao final do dia haverá, portanto, três grelhas de cada insumo adicionado à grelha de estoque de segurança, o que induz a geração de superprodução nas etapas anteriores pela lógica da condição ótima gera.

Entretanto, a condição ótima não foi considerada como um gerador de desperdício nas etapas anteriores porque como a parte humana do processo puxador está concentrada em apenas uma pessoa, neste caso o operador da talha, o controle e atenção dada ao momento de troca de turno dos operadores podem ser gerenciados de maneira que não cause o desperdício de tempo de espera.

Para o operador da talha, o importante foi garantir neste posto de trabalho uma pessoa responsável e adotar uma rotina diária, na qual um supervisor que não adote a troca do turno no mesmo horário garanta que o operador da talha esteja pronto minutos antes da mudança, além de estar apto para assumir a função caso ocorra absenteísmo.

O ideal a cada troca de turno é que haja um responsável que observe o nível de estoque de segurança entre a linha de envase e as autoclaves, e baseando-se nisso, defina uma velocidade mais lenta ao início das trocas de turno dos operadores, garantindo um menor risco de erros humanos nos primeiros minutos de cada início de operação.

Já para as demais etapas de processamento, estes 10 minutos de desperdício por turno servirão de ajuste entre as trocas de turno de todas as etapas do processo para sanar possíveis ineficiências não ajustáveis no decorrer das operações.

Assumindo que há fluxo contínuo para a condição ótima, automaticamente também assume-se que as autoclaves atuam efetivamente como processo puxador, uma vez que havendo fluxo contínuo em todas as etapas do processo, o processo puxador ou a etapa que possui o maior tempo *takt* também o terá.

Ainda que haja certo resquício de formação de estoques em processo entre a linha de envase e as autoclaves, um ajustamento natural se dá entre elas, seja por eventuais atrasos entre as operações ou pelo retardamento do início das operações no momento da troca do turno.

Já para a solução teórica inicial, mesmo assumindo que o gargalo atue como um processo puxador, não é possível assumir a não existência de superprodução nas etapas anteriores, visto o número excessivo de grelhas que são geradas entre a linha de envase e as autoclaves.

Embora o ciclo perfeito não gere superprodução nas etapas anteriores, assim como na condição ótima, devido ao fato da relação de produtos acabados não estarem de acordo com a demanda base, um excedente de produção de latas de ervilhas irá gerar estoques desnecessários, além de obrigar num período posterior a utilização da solução teórica inicial para equilibrar a relação base de produtos acabados.

Desta forma, ainda que o ciclo perfeito seja em termos de ritmo de produção das autoclaves o alcance da perfeição, por uma questão natural de incerteza da demanda e das próprias características inerente do maquinário, se aplicado de maneira exclusiva o seu desperdício zero se restringe apenas ao campo teórico.

Como o resultado de produção da condição ótima foi 16,7% superior à meta original e 37,7% superior à situação original, baseando-se nesta relação percentual superior a 1/3, significa que com a lógica da condição ótima é possível atingir em dois turnos de produção o que se produzia anteriormente com três.

Por outro lado, diminuindo um turno de produção o custo total da empresa também irá diminuir, e com isso surge a opção entre aumentar a taxa de retorno da empresa ou diminuir o preço dos produtos para aumentar suas vendas no mercado.

De qualquer maneira, o conceito da lógica de funcionamento do processo puxador da condição ótima não apenas consegue representar a relação base da demanda como também permite uma resposta rápida à volatilidade da demanda dos clientes, uma vez que consegue se intercambiar com a lógica do ciclo perfeito ou até mesmo com a solução teórica inicial se necessário.

Com isso, garante-se de certa maneira, dentro de um *range* de incerteza, a manutenção de um fluxo contínuo de produção com a utilização da capacidade plena da linha de envase de vegetais 2 kg, isso sem a existência de superprodução de produtos acabados e com reduzidos níveis de desperdício de espera no processo puxador, que por fim, vem a garantir a possibilidade de um fluxo contínuo e suave nas etapas anteriores, característica esta inerente a um sistema puxado nivelado de produção.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num contexto em que as empresas nacionais necessitam adquirir maior competitividade, é possível afirmar que a aplicação dos princípios da manufatura enxuta, baseando-se nos resultados desta pesquisa intervencionista, podem ser utilizadas categoricamente com este fim independentemente de diferenças culturais.

Embora não se tenha definido pela implantação de um grande projeto como meio de se propagar os princípios da manufatura enxuta, pode-se afirmar que mesmo assim a aplicação dos eventos *kaizen* junto ao objeto de estudo se mostraram eficientes em atingir o que foi proposto, embora que para isso seja exigido o envolvimento das equipes para se obter sucesso sob qualquer situação.

Apesar da criação de um fluxo contínuo no processo puxador da linha de vegetais 2 kg, entende-se que os resultados apresentados são apenas uma parte do que pode ser alcançado de melhorias, uma vez que a aplicação da lógica de funcionamento no processo puxador das autoclaves verticais foi determinada como ponto crucial após a aplicação do método dos 5 por quês, este que possibilitou enxergar a real causa raiz do problema do objeto de estudo.

Também é verdade que não estão sendo medidas neste estudo o nível de eficiência dos equipamentos e nem de qualidade dos produtos, mas por outro lado esta mesma lógica de funcionamento para as autoclaves verticais também pode ser aplicado às autoclaves horizontais, respeitando evidentemente as devidas peculiaridades que a diferencia, e continuar seguindo assim por diante a todas as áreas da empresa.

Se por um lado não houve a aplicação explícita de nenhuma ferramenta da manufatura enxuta além do método dos 5 por quês, é evidente que os conceitos originários do Sistema Toyota de Produção estiveram presentes durante as observações dos grupos *kaizen*, seguindo

à risca o aprender fazendo, motivo pelo qual a presente pesquisa deixa de apresentar o cronograma real do plano de implementação proposto inicialmente, já que o mesmo tornou-se prescindível no decorrer do trabalho.

Partindo do pressuposto do melhoramento contínuo, os resultados da presente pesquisa devem servir apenas como um ponto inicial para a empresa do objeto de estudo, com a mesma devendo seguir este caminho para alcançar novos resultados positivos, já que nenhum processo é bom o suficiente que não possa ser melhorado.

Ademais, vale ressaltar que independentemente de qualquer filosofia de gestão, nunca deve ser desconsiderada a busca de soluções simples e práticas seja qual for o nível de complexidade do negócio, além de nunca subestimar a capacidade de raciocínio e criatividade dos operadores de produção na busca de contramedidas, apesar de que a formação de equipes *kaizen* aliado aos conceitos da manufatura enxuta atuam sob este princípio de cabeças pensantes, que por fim vem a servir de referencia para a eliminação do desperdício intelectual.

REFERÊNCIAS

- BUSATO, L. Jishuken: formação de liderança lean na prática, 2008. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.
- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G. Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico. São Paulo: Atlas, 1993.
- DAS, A.; JAYARAM, J., 2007. Socio-technical Perspective on Manufacturing System Synergies. *International Journal of Production Research* 45 (1), 169–205.
- DENNIS, P. Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. Porto Alegre : Bookman, 2008.
- GERTNER, J., 2007. From 0 to 60 to World Domination. *The New York Times Magazine* February, 18.
- HÜTTMEIR, A.; TREVILLE, S.; ACKERE, A.V.; MONNIER, L.; PRENNINGER, J., 2009. Trading off Bettwen Heijunka and Just-in-sequence. *Int. J. Production Economics* 118 (2009) 501–507.
- KAMADA, S. Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil, 2007. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.
- KASARDA, J.; RONDINELLI, D., 1998. Innovative Infrastructure for Agile Manufacturers. *Sloan Management Review* 39 (2), 73–82.
- KOSAKA, G. O Tempo Takt na Toyota do Brasil, 2005. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.
- LAVOIE, P.; GHARBI, A.; KENNÉ, J.-P., 2009. A comparative study of pull control mechanisms for unreliable homogenous transfer lines. *Int. J. Production Economics* 124 (2010) 241–251.

LEITE, L.A.; PINTO, A.; BARREIROS, N. Sistemas Híbridos: a integração entre as tecnologias de gestão e o pensamento enxuto. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, 2010.

LIKER, J.K. The Toyota Way - 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. New York : McGraw-Hill, 2004.

LOVRO, A. Aplicação do Pensamento Lean no Desenvolvimento de Produtos, 2007. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. São Paulo : Lean Institute Brasil, 2007.

MEFFORD, R.N., 2009. Increasing Productivity in Global Firms: the CEO challenge. *Journal of International Management* 15 (2009) 262-272.

NISHIDA, L. Reduzindo o Lead Time no Desenvolvimento de Produtos Através da Padronização, 2007. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.

NISHIDA, L. Atitudes Essenciais para a Melhoria, 2011. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre : Artes Médicas, 1997

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo : Lean Institute Brasil, 2003.

ROTHER, M.; HARRIS, R. Criando Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes e engenheiros e associados da produção. São Paulo : Lean Institute Brasil, 2002.

SENGE, P.M.. The Fifth Discipline: the art and practice of the learning organization. New York : Doubleday/Currency, 1990.

SHIMOKAWA, K.; FUJIMOTO, T. O Nascimento do Lean: conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e outras pessoas que deram forma ao modelo Toyota de gestão. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SMALLEY, A. Conectando a Montagem aos Processos em Lotes Através de Sistemas Puxados Básicos, 2006. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.

SMALLEY, A. Apêndice do “Criando o Sistema Puxado Nivelado”: pontos adicionais para a produção de baixo volume a alta variabilidade, 2007. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.

SMALLEY, A. Criando o Sistema Puxado Nivelado: um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia. Cambridge : The Lean Enterprise Institute, 2008

SPEAR, S.; BOWEN, H.K., 1999. Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review* 77 (5), 97–106.

TAKEUCHI, N. Fluxo Tsurube (Pick-up and Supply System): conectando processos com longos lead times, 2008. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.

TURNER, R.; INGOLD, D.; LANE, J.A.; MADACHY, R.; ANDERSON, D., 2012. Effectiveness of kanban approaches in systems engineering within rapid response environments. *Procedia Computer Science* 8 (2012) 309 – 314.

TUBINO, D.F. Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre : Bookman, 1999.

VERGARA, S. C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

YANG, M.G.; HONG, P.; MODI, S.B., 2010. Impact of Lean Manufacturing and Environmental Management on Business Performance: an empirical study of manufacturing firms. *International Journal of Production Economics* 129 (2011), 251-261

YIN, R.K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

WOMACK, J.P., JONES, D.T., ROOS, D. The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. New York : Harper Perennial, 2000.

WOMACK, J.P., JONES, D.T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro : Elsevier, 2004.

WU, Y.C., 2003. Lean Manufacturing: a perspective of lean suppliers. *International Journal of Operations and Production Management* 23 (11), 1349–1376.

ZAYKO, M. Uma Visão Sistemática dos Princípios Lean: reflexão após 16 anos de pensamento e aprendizagem lean, 2007. Lean Institute Brasil. in: www.lean.org.br. Acesso em Dezembro de 2011.