

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Medição de Desempenho Enxuta como
Ferramenta de Adequação de Sistemas de
Produção Puxados

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Leandro Gaspar Gomes Antonelli

Orientador: Prof. Antonio Freitas Rentes

Novembro / 2008

Leandro Gaspar Gomes Antonelli

***Medição de Desempenho Enxuta como
Ferramenta de Adequação de Sistemas de
Produção Puxados***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo para a obtenção
do título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Antonio Freitas Rentes

São Carlos
Novembro / 2008

RESUMO

ANTONELLI, L.G.G. *Estudo sobre a medição de desempenho enxuta como ferramenta de adequação de sistemas de produção puxados às condições projetadas*. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2008.

Este trabalho propõe-se a desenvolver e aplicar um método para estudo da influência do redimensionamento do sistema puxado de uma empresa baseado nos resultados de métricas operacionais do sistema de Medição de Desempenho Enxuto de uma fábrica do setor metal mecânico, localizada no interior do estado de SP. Inicialmente, será demonstrado, passo a passo, como realizar o redimensionamento a partir das informações obtidas e quais outros fatores devem ser considerados antes de realizá-lo. O estudo final consiste em apresentar como o resultado de componentes deste sistema de medição, como os indicadores operacionais de TPT real e *lead time* de reposição real podem influir positivamente nos indicadores globais da empresa, através do ajuste fino do supermercado implementado.

Palavras-chaves: Produção Enxuta, Indicadores de Desempenho, Produção Puxada

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de quadro Kanban	Página 19
Figura 2 - Conjunto de indicadores da qualidade, adaptados de Sink & Tuttle (1989)	Página 23
Figura 3 - Parâmetros utilizados na definição do indicador operacional de Lead Time Médio de Reposição Real na empresa estudada	Página 53
Figura 4 – Parâmetros utilizados na definição do indicador operacional de TPT Médio Real na empresa estudada.	Página 53
Figura 5 – Performance de Entrega Geral	Página 66
Figura 6 – Lead Time Total Médio	Página 67
Figura 7 – Aderência ao Ritmo	Página 70
Figura 8 – Atendimento dos Kanbans	Página 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados para o indicador de Lead Time de Reposição Médio Real após 10 semanas
Página 57

Tabela 2 – Resultados para o indicador de TPT Real Médio após 10 semanas
Página 58

Tabela 3 – Itens críticos com desvio positivo selecionados para análise baseados nos critérios pré-estabelecidos (tabela para Lead Time de Reposição Real)
Página 59

Tabela 4 – Itens críticos com desvio negativo selecionados para análise baseados nos critérios pré-estabelecidos (tabela para Lead Time de Reposição Real)
Página 60

Tabela 5 – Itens críticos selecionados para análise baseados nos critérios pré-estabelecidos (tabela para TPT Real)
Página 60

ÍNDICE

1.	Introdução	6
1.1.	Contextualização e Justificativa	6
1.2.	Objetivo	8
2.	Revisão Bibliográfica	9
3.1	Produção Enxuta	9
2.1.1.	Geral	9
2.1.2.	<i>Kaizen</i>	14
2.1.3.	Controle Visual dos Processos	15
2.1.4.	Kanban	16
2.2.	Medição de Desempenho	19
2.2.1.	Considerações Gerais	19
2.2.2.	Evolução dos Sistemas de Medição de Desempenho	26
2.2.2.1.	Introdução	26
2.2.2.2.	Primeira Fase (SMD's Tradicionais)	27
2.2.2.3.	Segunda Fase (SMD's Modernos)	31
2.2.3.	Medição de Desempenho Enxuta – Indicadores Operacionais para Células Enxutas ...	34
3.	Método Proposto	38
3.1.	Desenvolvimento das Medidas Operacionais necessárias	38
3.2.	Desenvolvimento do sistema de análise periódica dos indicadores	44
3.3.	Aplicação do sistema de análise periódica dos indicadores	46
3.4.	Reajuste do sistema puxado baseado nos resultados da análise periódica dos indicadores operacionais	47
3.5.	Levantamento das medidas de desempenho relativas à empresa	48
3.6.	Análise da influência do redimensionamento do sistema puxado nos indicadores operacionais e globais da empresa estudada	48
4.	Estudo de Caso	50
4.1.	Apresentação da empresa	50
4.2.	Aplicação do método	52
4.2.1.	Desenvolvimento das Medidas Operacionais necessárias	52
4.2.2.	Desenvolvimento do sistema de análise periódica dos indicadores	54
4.3.	Aplicação do sistema de análise periódica dos indicadores	56
4.4.	Reajuste do sistema puxado baseado nos resultados da análise periódica dos indicadores operacionais	62
4.5.	Levantamento e análise das medidas de desempenho relativas à empresa	65
5.	Conclusão	73
6.	Bibliografia	75

1. Introdução

1.1. Contextualização e Justificativa

A partir dos anos setenta, um novo processo de globalização ocasionou diminuição no ciclo de vida dos produtos, o surgimento de fusões e incorporações entre empresas visando objetivos estratégicos e avanços nos sistemas de comunicação e informática baseados na microeletrônica, favorecendo a entrada de novas empresas com competência de aprender e evoluir. Tal processo é advindo basicamente da crise no modelo de produção correntemente utilizado na época.

Desta forma, neste cenário instável, turbulento e altamente competitivo, a rapidez na tomada de decisões e a flexibilidade de toda a cadeia produtiva são requisitos básicos para empresas com anseio de crescimento. Não há, portanto, espaço para desperdícios das mais diversas naturezas, desde os mais claramente identificáveis como altos estoques e excesso de movimentação, até desperdícios muitas vezes negligenciados como processamentos inapropriados.

Neste contexto, surgiram filosofias e ferramentas de gestão de mudanças voltadas diretamente para eliminação destes desperdícios, trazendo no curto, médio e longo prazo, as empresas a patamares de qualidade e eficiência de classe mundial.

Um dos grandes sistemas de produção surgidos neste período e que, devido a sua alta capacidade de adaptação à maioria dos ambientes produtivos e seu alto índice de sucesso como ferramenta eliminadora de desperdícios, é o Sistema de Produção Enxuta ou Sistema Toyota de Produção. Segundo Ohno (1997), A produção enxuta busca a

eliminação ou redução dos desperdícios e para isso envolve mudanças nas práticas de gestão de qualidade e gestão de operações utilizadas para melhorar e gerenciar os processos produtivos. Uma das principais mudanças está relacionada com indicadores de desempenho que passaram a ser utilizados pelos gerentes de manufatura para avaliar a qualidade do processo e dos produtos, os estoques em processos (work-in-process – WIP), a produtividade da célula, o funcionamento do sistema puxado (kanban), o tempo de fabricação, o tempo de preparação (setup), a satisfação dos clientes e dos funcionários, entre outros.

Importante ferramenta da produção enxuta, o sistema kanban é um sistema de informação visual utilizado nos Sistemas Puxados para disparar a produção no processo produtor baseado na demanda de produtos finais, evitando excessos de produção. (CORRÊA & GIANESI, 1996). No entanto, no cenário atual de mix altamente variados de produtos e demanda instável, este sistema precisa estar adequadamente projetado, pois a escolha dos parâmetros utilizados e sua adequada atualização constante são requisitos fundamentais para que tal ferramenta atue de maneira benéfica no sentido da eliminação de desperdícios. Um sistema mal projetado pode direcionar os resultados da empresa para baixo, pois atua como um gerador de desperdício por si só, através da geração de estoques desnecessários e da utilização inadequada dos recursos produtivos.

Contudo, por apresentar-se como um sistema, na maioria das vezes, totalmente manual, o sistema *kanban* não gera o *feedback* de informações necessários para a clara visualização de sua eficiência. Esta é muitas vezes medida através de outros meios que

buscam representar, de maneira indireta, tal eficiência, como os indicadores de desempenho tal qual a Performance de Entrega para o cliente.

Entretanto, com o alto desenvolvimento tecnológico dos sistemas de informação das empresas, o sistema *kanban* vem sendo informatizado, viabilizando a coleta de dados diretamente relacionados ao comportamento real do sistema. Quando tais dados são confrontados aos parâmetros projetados, indicadores de desempenho operacionais como TPT Real e *Lead Time* de Reposição Real podem ser obtidos, sinalizando, desta forma, a verdadeira eficiência do sistema puxado projetado e viabilizando ajustes aproximadores graduais do sistema real ao sistema projetado.

O alto desenvolvimento tecnológico do sistema de informação, a implementação prévia de um sistema puxado de reposição totalmente informatizado e a alta demanda por um processo de ajuste periódico e bem embasado deste sistema fizeram com que a empresa integrante do estudo deste trabalho apresentasse-se como uma ótima opção para a aplicação do método prático desenvolvido nesta monografia.

1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é propor e aplicar um método para estudo da influência do redimensionamento do sistema puxado baseado nos resultados de métricas operacionais do sistema de Medição de Desempenho Enxuto de uma fábrica do setor metal mecânico, localizada no interior do estado de SP.

2. Revisão Bibliográfica

Para o desenvolvimento deste trabalho serão explicitados o tópico Produção Enxuta, revisando os conceitos gerais, e os conceitos de Kaizen, Kanban e Controle Visual dos Processos. O outro tópico a ser explicitado será Medição de Desempenho, dividida entre apresentação do conceito a partir dos principais autores e sua respectiva evolução ao longo do tempo.

3.1 Produção Enxuta

2.1.1. Geral

A Produção Enxuta surgiu no Japão em 1950 por meio de estudos feitos por dois engenheiros, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno. Após uma visita aos Estados Unidos, precisamente a empresa Ford Motor, que utilizava o sistema de produção em massa. Concluíram que copiar ou melhorar este sistema seria inviável, dada as condições do Japão na época. Seria necessária a criação de um novo sistema de produção que proporcionasse a eliminação do desperdício em suas linhas de produção (em termos de material, mão-de-obra e tempo). A partir daí iniciou-se este sistema de gerir a produção, também conhecido como Sistema Toyota de Produção (TPS - Toyota Production System), desenvolvido ao longo de décadas por meio de tentativas e erros (FUJIMOTO, 1999).

Womack et al. (1990) conceituam essa forma de gerenciar a produção da seguinte maneira:

- sistema produtivo integrado, com enfoque no fluxo de produção, produção em pequenos lotes baseando-se na just-in-time e estoques reduzidos;

- propicia ações de preventivas de defeitos em vez da corretiva;

- atua com produção puxada em vez da produção empurrada baseada em previsões de demanda;

- é flexível, sendo organizada por meio de equipes de trabalho formados por mão-de obra polivalente;

- pratica um envolvimento efetivo na solução das causas de problemas objetivando a maximização do valor agregado ao produto final;

- relacionamento de parceria intensivo desde o primeiro fornecedor até o cliente final.

Ohno (1988), considerado o idealizador do TPS, define a base do sistema como a absoluta eliminação do desperdício, suportada por dois pilares: Just in time e automação. Just in time é o sistema no qual algo somente é produzido no momento necessário, puxado pela demanda do processo anterior, e em última instância pelo cliente final. Automação tem o sentido de automação com interferência humana, e abrange o aumento da produtividade através da separação dos tempos das atividades das máquinas e de seus operadores, possibilitada por mecanismos, tais como a parada automática de máquinas, impedindo que erros sejam produzidos em série (OHNO, 1988).

A expressão Produção Enxuta foi definida pelo pesquisador John Krafcik do IMVP (International Motor Vehicle Program – Programa Internacional de Veículos Automotores) entendendo “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer menos de metade dos estoques no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos. E ainda, combina as vantagens das produções artesanais e em massa, evitando os altos custos dessa primeira e a rigidez desta última, com essa finalidade, emprega equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de máquinas flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir imensos volumes de produtos de ampla variedade (WOMACK et al, 1990).

Posteriormente Womack e Jones (1998) conseguiram consolidar as práticas que norteavam as empresas cujos processos produtivos eram considerados enxutos. A seguir mostra-se os cinco princípios:

- Especificar o Valor. O valor deve ser definido pelas necessidades dos clientes e ser aferidos por ferramentas de administrativas como, por exemplo: Desdobramento da Função Qualidade (QFD). Essas ferramentas definirão atributos que propiciam a satisfação do cliente.

- Cadeia de valor: conjunto de todas as ações específicas necessárias para se elevar um produto específico (ou seja, um bem, um serviço, ou cada vez mais, uma combinação dos dois) a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a tarefa de solução de problema que vai dar concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia, a tarefa de gerenciamento da informação, que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma, e a tarefa de transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente;

- Fluxo. o fluxo procura uma visão holística de todas as atividades necessárias para a produção de um produto ou serviço. A relação das atividades com seus correspondentes custos e duração, o relacionamento entre elas (restrição por recursos ou tecnológico) e o atrelamento dos recursos necessários como quantidade de trabalho, caracterização e quantidade de material e classificação de equipamento e ainda as informações necessárias completam as unidades básicas necessária para a análise;

O Fluxo contínuo deve ser buscado sempre que possível, pois ele ajuda a diminuir os sete desperdícios da Produção Enxuta, que são:

1. Superprodução: produzir muito ou muito cedo, resultando em excesso de inventário.

2. Defeitos: erros freqüentes no processamento de informação, problemas na qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega.

3. Inventários desnecessários: armazenamento excessivo e esperas por informações ou produtos necessários, resultando em custo excessivo e baixo nível de serviço ao cliente

4. Processamento inapropriado: executar o processo com ferramentas, procedimentos ou sistemas não apropriados, em detrimento de abordagens mais simples e eficientes.

5. Transporte excessivo: movimento excessivo de bens ou de informação, resultando em aumento no tempo, esforço e custo.

6. Esperas: períodos longos de inatividade de pessoas, informação ou bens, resultando em fluxos pobres e longos lead times.

7. Movimentos excessivos de pessoas: organização do posto de trabalho mal feita, resultando em problemas ergonômicos e excessiva movimentação de pessoas. Inclui todos os movimentos físicos desnecessários dos operadores. (RENTES, 2006)

- Produção puxada. Consiste em identificar o momento que o cliente necessita do produto e proceder sua entrega neste momento. Significa o oposto da produção tradicional que é empurrada, ou seja, com a produção puxada, nada deve ser produzido pelo fornecedor a montante, sem que o cliente a jusante solicite;

- Perfeição. A perfeição refere-se à necessidade de se criar um círculo virtuoso permanente de criação de valor e eliminação de desperdício. Ela é a chave do modo de trabalhar, um estilo de vida para a cultura da empresa.

2.1.2. *Kaizen*

Kaizen significa melhoria contínua com a participação de todos, (compartilhar e construir junto o conhecimento) (Imai: 1986). O *Kaizen* é uma meta vital do fluxo de valor e parte desse valor é inerente a busca de aperfeiçoamento pessoal que se manifesta no exercício de aperfeiçoamento de coisas externas a pessoa: produtos, processos, tarefas, relacionamentos e assim por diante. A maioria dos artigos sobre gerência japonesa “acabam por gerar confusão, pois cada autor tem seu modo próprio de explicar o segredo do sucesso japonês - sugerindo muitas vezes que esse sucesso é impossível de acontecer no Ocidente” (Imai: 1986).

A estratégia *Kaizen* envolve os membros da organização - alta gerência, de nível médio, supervisores, operários, staff de suporte, consultores. Todos são motivados a buscar constantemente o desenvolvimento, a melhoria e a solução dos grandes e pequenos problemas. A transformação começa por envolver os níveis mais altos e vai sendo estendida a todos. Torna-se, à medida em que é internalizada, uma prática permanente, a própria cultura da organização.

O *kaizen* idealiza que nunca se deve considerar alcançado o nível mais elevado de eficiência produtiva; sempre há a possibilidade de inovações no processo produtivo sob responsabilidade dos trabalhadores. “A somatória de melhorias marginais proporcionadas por cada um permite significativo incremento da eficiência global.” (MORAES NETO, 1995).

2.1.3. Controle Visual dos Processos

Dentro do processo de manufatura ocorrem variações em todos os sentidos. O controle tem por finalidade trabalhar com essa variação em cima de resultados da produção. O uso do controle visual é uma ferramenta importante que tem como finalidade expor problemas, ações, metas e níveis de desempenho de maneira que possam ser facilmente vistas e compreendidas por todos os funcionários.

Para Slack et. al (2002), algumas das medidas expostas são:

- Exibição de medidas de desempenho no local de trabalho
- Luzes coloridas indicando paradas
- Exibição de gráficos de controle de qualidade
- Lista de verificação e técnicas de melhorias visíveis
- Sistema de controle visual como o *Kanban*

Portanto a identificação de problemas e a aplicação de soluções serão facilitadas garantindo ao processo uma melhoria contínua e eficiente.

O *Andon*, ou luzes indicadoras, é colocado em local visível para toda a fábrica com o objetivo de informar a todos onde está o problema. Quando as operações estão normais, a luz verde está ligada. Quando um operário deseja ajustar alguma coisa na linha ou está com alguma dificuldade em cumprir com sua tarefa no tempo especificado e solicita ajuda, ele acende uma luz amarela. Ao solicitar ajuda os operadores do processo

precedente e subsequente, caso já tenham terminado sua tarefa, são treinados para ajudar o operador com problemas. Os equipamentos e máquinas são dispostos de forma a permitir que os operadores não fiquem isolados e possam ajudar-se. Em algumas plantas são mantidas equipes de apoio que constam de operadores treinados a ajudar o processo em dificuldade para que não haja necessidade de parar a linha e comprometer todo o processo. Se uma parada na linha for necessária para corrigir um problema, a luz vermelha é acesa, indicando que o processo se encontra interrompido, geralmente devido a uma quebra de máquina ou produção de peças defeituosas. Dessa forma, os problemas são visualmente comunicados para que soluções possam ser implementadas rapidamente. (MONDEM, 1998)

2.1.4. Kanban

Kanban é um termo japonês que quer dizer cartão. É um sistema de informação visual utilizado nos Sistemas Puxados para disparar a produção no processo produtor baseado na demanda de produtos finais, evitando excessos de produção. A vantagem do kanban é que ele evita os problemas com gargalos provocados pelas fases mais lentas dos processos produtivos. (CORRÊA & GIANESI, 1996).

Existem três tipos básicos de sistemas de controle por kanban:

Kanban de sinal: este sistema é baseado em um ponto de reposição seguro que é o sinal que dispara a produção. Quando o consumo chega um determinado nível o sinal é disparado para o processo produtor. É mais utilizado para itens de baixo custo como parafusos, arruelas, rebites.

Sistema de um kanban (um cartão): consiste na utilização de um único cartão, o kanban de produção. Cada cartão corresponde a um lote e conforme o processo cliente consome as peças do supermercado os cartões são colocados no quadro e ao formar o lote de reposição a produção é disparada para o processo produtor.

Sistema de dois kanbans (dois cartões): consiste na utilização de dois cartões, o kanban de produção e o kanban de transporte. O kanban de transporte permite a movimentação das peças do supermercado ao processo cliente. O funcionamento do kanban de produção é o mesmo do sistema de um cartão.

Moden (1998) diz que para um sistema kanban funcionar de forma eficiente deve obedecer aos seguintes princípios: o processo cliente necessita retirar produtos do processo fornecedor na quantidade necessária e no tempo necessário; o processo fornecedor precisa produzir na quantidade retirada pelo processo cliente; os produtos defeituosos nunca podem ser passados ao próximo processo; o número de kanbans necessita ser minimizado; e no cálculo do kanban deve ser considerada pequenas variações na demanda.

Segundo Nazareno (2003), TPT significa “Toda Parte Todo...” (turno, dia, semana, *pitch*, *takt*, etc). Trata-se da frequência com que o processo deve se modificar para fazer todas as peças novamente.

O cálculo dos kanbans funciona da seguinte maneira: inicialmente define-se o tamanho do cartão, ou seja, quantas peças cada cartão representará. Geralmente, essa quantidade é a capacidade da embalagem utilizada, visto que facilita o gerenciamento e

evita erros. Contudo, peças com embalagens de alta capacidade e que apresentam baixa demanda devem ter seus tamanhos de cartão analisados, pois podem apresentar aumento de estoques desnecessários. Após definido o tamanho do cartão, é feito o seguinte cálculo demonstrado pelas equações 1, 2 e 3.

Total de Cartões referentes ao ciclo da peça (TPT): (Demanda Média Diária + Desvio Padrão) * TPT / Tamanho do Cartão. (1)

Total de Cartões Referentes ao tempo de reposição da peça: (Demanda Média Diária + Desvio Padrão) * Lead Time de Reposição / Tamanho do Cartão. (2)

Total de Cartões Referentes ao estoque de segurança: (Demanda Média Diária + Desvio Padrão) * Lead Time de Segurança / Tamanho do Cartão. (3)

A soma dos resultados das equações 1, 2 e 3 informa o total de cartões que determinado item deve possuir no sistema. Geralmente, o quadro *kanban* possui 3 cores: amarelo, vermelho e verde. As quantidades acima calculadas são relacionadas a cada uma destas cores, sendo elas verde, amarelo e vermelho respectivamente. O quadro deve ser preenchido com cartões a partir da cor verde até chegar, por último, ao vermelho quando mais cartões estiverem presentes neste quadro. A figura 1 mostra um exemplo do quadro *kanban* semáforo.

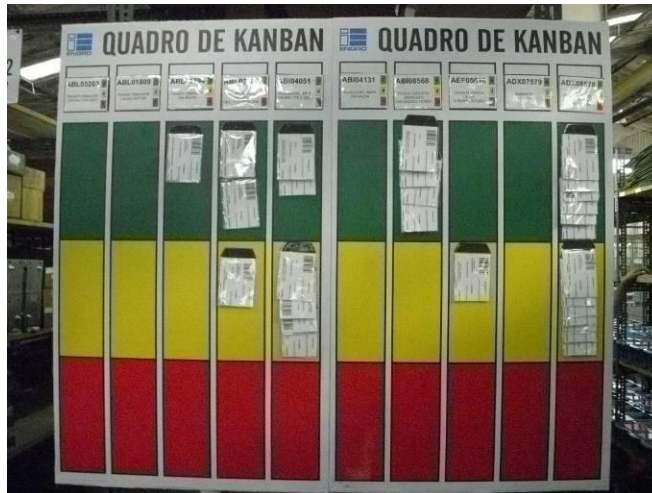


Figura 1 – Exemplo de quadro kanban

2.2. Medição de Desempenho

2.2.1. Considerações Gerais

A mensuração do desempenho é definida por esses autores como o processo de quantificar a eficácia e a eficiência de uma ação. A medida do desempenho é definida como a métrica usada para quantificar essa eficácia e eficiência. E o sistema de mensuração do desempenho é o conjunto de métricas utilizadas para quantificá-las. Para Neely et al. (1995), o sistema de mensuração do desempenho deve ser focalizado em duas dimensões: uma interna, que é a própria organização, e outra externa, que aborda o ambiente em que a organização compete. O pressuposto básico desses autores é que o sistema de mensuração de desempenho esteja posicionado no contexto da estratégia competitiva da organização; e é relevante saber como ele influencia as pessoas na realização de suas tarefas. Desse ponto de vista, os autores depreendem que as organizações, em geral, competem nos aspectos: qualidade, tempo de entrega, custo e flexibilidade.

Moreira (1996) define um sistema de mensuração do desempenho organizacional como: “o conjunto de medidas referentes à organização como um todo, às suas repartições (divisões, departamentos, seções, etc.), aos seus processos, às suas atividades organizadas em blocos bem definidos, de forma a refletir certas características do desempenho para cada nível gerencial interessado”.

Para esse mesmo autor, o sistema de mensuração do desempenho é uma espécie de roteiro, em que a organização, tendo uma visão de seu futuro, traça um plano estratégico para alcançá-lo, guiando-se pelas metas do sistema de mensuração.

Martins & Salerno (1998) consolidam a visão de diversos autores acerca das características que um sistema de mensuração de desempenho organizacional deve conter, considerando-se as condições competitivas que as organizações enfrentam. São elas:

1. Ser congruente com a estratégia competitiva.
2. Ter medidas financeiras e não financeiras.
3. Direcionar e suportar a melhoria contínua.
4. Identificar tendências e progressos.
5. Facilitar o entendimento das relações de causa e efeito.
6. Ser inteligível para os funcionários.

7. Abranger todo o processo, desde o fornecedor até o cliente.
8. Ter as informações disponíveis em tempo real, para toda a organização.
9. Ser dinâmico.
10. Influenciar a atitude dos funcionários.
11. Avaliar o grupo e não o indivíduo.

Individualmente, uma medida de desempenho pode ser classificada de várias formas. White (1996) destaca quatro categorias:

- fonte dos dados (interna ou externa);
- tipo de dado (subjetivo ou objetivo);
- referência (*benchmark ou self-referenced*); e
- orientação do processo (entrada ou saída).

Maskell (1991) sugere outra classificação que segue os critérios competitivos da manufatura, ou seja, qualidade, tempo, entrega, flexibilidade, custo e inovação. Para esse autor as medidas de desempenho podem ser agrupadas nessas categorias. Alternativa, indicada por Neely (1998), é classificá-las quanto ao aspecto temporal, podendo ser históricas (provêm informações sobre fatos passados, sendo utilizadas para soluções de curto prazo) ou futuras (baseiam-se em previsões e tendências, sendo voltadas para decisões de longo prazo). Por fim, Atkison et al. (1997) ressaltam a importância de

categorizá-las de acordo com a satisfação dos *stakeholders* da empresa (clientes, empregados, acionistas, fornecedores e sociedade).

Independentemente do tipo de classificação adotado, que vai depender do uso da medição de desempenho ou até mesmo do modelo adotado, é importante atentar para o fato de que é preciso que as medidas de desempenho sejam desenvolvidas com um valor prático (NEELY, 1998), ou seja, sejam simples, análogas às atividades, úteis e fáceis de serem implementadas (HRONEC, 1994). Além disso, é fundamental saber que para objetivos diferentes são necessárias medidas de desempenho diferentes (NEELY, 1998), ou seja, as medidas de desempenho devem acompanhar as mudanças ocorridas nos objetivos estratégicos, devendo não somente ser aprimoradas, como também substituídas no caso de haver necessidade.

Segundo Neely (1995) e Martins (2002), o processo de formulação de uma medida de desempenho deve levar em conta alguns aspectos. O primeiro deles é a definição do título da medida de desempenho, da fórmula de cálculo do índice e da frequência da coleta, compilação e disseminação dos índices. Outro passo é a determinação da fonte dos dados, bem como a verificação de sua fidedignidade. Vale ressaltar também a importância de identificar a finalidade da medida de desempenho e quem irá utilizá-la

Sink & Tuttle (1989) argumentam que a mensuração do desempenho significa, por definição:

1. a criação de uma visão do futuro da organização;

2. o planejamento e a criação de estratégias para lograr esse futuro;
3. o planejamento e a implementação de meios específicos para atingir objetivos de mudanças;
4. o planejamento e a implementação de um sistema de mensuração do desempenho associados a esses objetivos; e
5. o desenvolvimento de uma cultura organizacional que apóie o sistema de mensuração.

A mensuração do desempenho da qualidade na proposta de Sink & Tuttle (1989) deve cobrir toda a cadeia produtiva da organização. A figura 2 representa o modelo de forma esquemática.

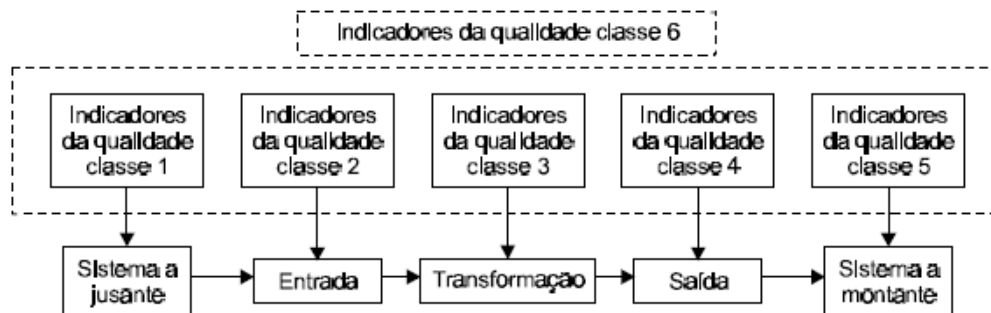


Figura 2 – Conjunto de indicadores da qualidade, adaptados de Sink & Tuttle (1989)

Para expressar essa visão, esses autores se valem de uma concepção sistêmica da organização, na qual identificam cinco elementos:

1. o sistema a jusante;

2. a entrada;

3. a transformação;

4. a saída; e

5. o sistema a montante.

A esses elementos os autores associam seis classes de indicadores de desempenho da qualidade, um para cada elemento da cadeia produtiva e o sexto ao próprio processo de gestão da qualidade. Cada classe contempla os seguintes aspectos:

- Indicadores da qualidade classe 1: associados ao sistema a jusante da organização, lidam com aspectos do desenvolvimento de novos produtos e serviços e seleção de fornecedores.

- Indicadores da qualidade classe 2: associados à entrada do processo produtivo da organização, apontam para os aspectos da programação e do controle da produção e dos estoques de matérias-primas. Sua função é indicar se o processo estará ou não sob controle.

- Indicadores da qualidade classe 3: associados à transformação, ou seja, a produção em si é a forma mais clássica de controle da qualidade de processos e indicará se os requisitos da qualidade estão sendo incorporados aos produtos e serviços.

- Indicadores da qualidade classe 4: associados à saída do processo produtivo, são os processos de inspeção e verificação da produção, armazenagem e distribuição.

- Indicadores da qualidade classe 5: associados ao sistema a montante da organização, lidam com o atendimento às expectativas e necessidades do cliente, são indicadores pró-ativos que subsidiam todo o sistema a jusante.

- Indicadores da qualidade classe 6: associados a todo o sistema produtivo, monitoram a qualidade do processo gerencial da organização.

Martins (1998) também observa que uma falha bastante comum dos sistemas de medição de desempenho voltados para a melhoria contínua é a utilização de medidas de desempenho com foco estritamente no controle, levando à obtenção de resultados equivocados. Apesar de o controle ser uma etapa do processo de melhoria contínua, como defendem Shiba *et al.* (1997), a realização dele não necessariamente desemboca na etapa seguinte, a melhoria reativa.

Blossom e Bradley (1999) destacam outros erros como, por exemplo, avaliar um critério de melhoria por meio uma única medida de desempenho e/ou por um número excessivo de medidas de desempenho, não levar em conta a interação entre as várias medidas de desempenho de um sistema de medição de desempenho, não ligar as medidas de desempenho com o sistema de compensação e utilizar medidas de desempenho com frequência temporal não adequada.

Para que os sistemas de medição de desempenho estimulem a melhoria contínua, os objetivos de todas as áreas organizacionais devem ser alinhados e as necessidades de cada nível funcional devem ser monitoradas por medidas de desempenho que possam ser utilizadas por todos os membros do grupo para a realização de correções no desempenho (LEE e DALE, 1998).

O BSC Institute acrescenta a importância da medição de desempenho já que não se melhora o que você não pode medir. Assim os indicadores devem ser desenvolvidos baseados nas prioridades do planejamento estratégico, que fornece aos gerentes os critérios para criação de métricas relevantes para a empresa. Os processos são projetados, a partir disso as informações referentes a estas métricas são coletadas e compiladas em forma de relatórios, gráficos ou formulários para o armazenamento, exposição e análise. Os responsáveis pelas decisões examinam os resultados de vários processos e estratégias medidos e tem base para tomar decisões estratégicas para alcançar os objetivos da empresa.

2.2.2. Evolução dos Sistemas de Medição de Desempenho

2.2.2.1. Introdução

A evolução da medição de desempenho pode ser dividida em duas grandes fases. A primeira começou em 1880 e durou até o início de 1980, sendo caracterizada pela ênfase em medidas de desempenho financeiras e de produtividade. A segunda fase, que teve início no fim da década de 1980 e segue até os dias de hoje, destaca a necessidade de medidas de desempenho balanceadas (medidas financeiras e não financeiras, além das de

produtividade) e integradas para suportar as novas condições operacionais internas e externas da maioria das empresas (GHALAYINI e NOBLE, 1996).

A segunda fase, por sua vez, pode ainda ser desdobrada em duas novas fases de acordo com Neely e Austin (2000). A primeira é a “miopia da medição”, quando foi reconhecido que as empresas estavam medindo as coisas erradas. A segunda fase é a “loucura da medição”, quando as empresas são obcecadas com a medição e desejam medir tudo. Vale a pena destacar que ainda existem muitas empresas na primeira fase, ou seja, elas estão medindo coisas erradas. A medição de desempenho é um tópico amplamente discutido, mas dificilmente é definido, por ser tratado de forma ampla e pela literatura sobre o assunto ser muito diversa. Uma das mais completas é: “um sistema de medição de desempenho permite que as decisões e ações sejam tomadas com base em informações porque ele quantifica a eficiência e a eficácia das ações passadas por meio da coleta, exame, classificação, análise, interpretação e disseminação dos dados adequados” (NEELY, 1998, p. 5).

2.2.2.2. Primeira Fase (SMD's Tradicionais)

As medidas mais utilizadas durante a primeira fase mencionada anteriormente eram ROI (Return over investments), custo unitário de fabricação (R\$/peças), produtividade de recursos (pçs/tempo). As principais críticas para esse sistema são que não focavam na estratégia e em informações sobre opinião dos clientes ou sobre a concorrência, além de incentivar melhorias pontuais que não garantem a eficácia. (ESPOSITO, 2003).

Kaplan & Norton (1996a), identificaram que na Revolução Industrial, as grandes corporações do setores têxtil, ferroviário, siderúrgico, industrial e varejista, desenvolveram algumas inovações na medição do desempenho financeiro, que exerceram um papel vital em seu crescimento.

Ainda relacionado às inovações financeiras, Dearden (1969) conclui que indicadores como a medida do Retorno Sobre o Investimento (ROI), o orçamento de caixa, foram fundamentais para o grande sucesso de empresas fundadas no início do século XX, como DuPont e a General Motors.

Neste contexto, para Bititci et al. (1997), existe ainda um grande número de empresas que possuem SMDs baseados em indicadores tradicionais. No entanto, tais indicadores possuem muitas limitações, por falharem em apoiar os objetivos estratégicos das empresas e não promovem melhoramento contínuo.

Ainda Segundo Bititci (1994), os indicadores financeiros não reconhecem a necessidade de integração do negócio, por serem focados em processos de controles isolados. Isto promove projetos de melhoria que não levam em consideração a empresa como um todo. Desta forma, os sistemas de custeio produzem informações baseadas em dados históricos, o que é incompatível com a necessidade dos gestores, que necessitam de dados atualizados e relevantes em um ambiente dinâmico.

Neely (1998) afirma que indicadores tradicionais são criticados porque:

- focam em resultados de curto prazo;

- faltam informações relacionadas à qualidade, entrega e flexibilidade, além de não apresentarem um foco estratégico;

- encorajam otimizações locais, por exemplo produzir estoques para manter máquinas e operadores produtivos;

- incentiva pouco as inovações, ao invés de buscar melhorar continuamente;

- não conseguem traduzir métricas sobre o foco no cliente e desempenho da concorrência.

Já para Noble (1997), os indicadores tradicionais são também limitados porque:

- deixam passar algumas medidas, já que os relatórios financeiros são usualmente fechados mensalmente, ao passo que existem decisões que são tomadas em um ou dois meses prioritários. Os resultados financeiros são, em algumas vezes, muito velhos para serem úteis;

- tentam quantificar o desempenho e outros esforços de melhoria somente em termos financeiros. Muitos destes esforços são de difícil mensuração possuindo significantes impactos no sucesso global, como redução de tempos e fidelidade ao esquema de produção.

- possuem um formato predeterminado. Todo registro é inflexível e ignora o fato de que cada departamento ou agente tem suas únicas e próprias características, prioridades e contribuições.

Na visão de Maskell (1991), os indicadores tradicionais apresentam os seguintes problemas:

- Pouco úteis para a manufatura: Os relatórios da contabilidade não têm relação direta com a estratégia da manufatura, além de não serem significativos para o controle de operações da produção e de distribuição;

- Distorção do custo: O padrão dos elementos de custo mudou ao longo dos anos, resultando em uma distinção entre custos diretos e indiretos (e custos variáveis e fixos). Em consequência, estas abordagens podem significar uma distorção no custo dos produtos;

- Inflexibilidade: Os relatórios tradicionais não variam de unidade para unidade dentro de uma organização e não acompanham a mudança das necessidades do negócio. Conseqüentemente, estes relatórios são recebidos tardiamente, sendo vistos geralmente com descaso pelos gerentes das operações;

- Obstáculo ao progresso: Os métodos tradicionais de avaliar o retorno de um projeto podem impedir a introdução de conceitos de Manufatura Classe Mundial, fazendo que os gerentes realizem tarefas desnecessárias para mostrar dados relevantes.

WISNER & FAWCETT (1991, p. 8) ressaltam que a dependência excessiva na ótica financeira em curto prazo, pode refletir numa forte ênfase em se adotar programas de redução de custo. Conseqüentemente, isto acaba prejudicando investimentos em áreas que são fontes geradoras de vantagem competitiva em longo prazo.

Com relação às desvantagens dos sistemas de medição de desempenho tradicionais, MARTINS (1999, p. 68) ressalta ainda a otimização do desempenho local ao invés da otimização do desempenho global, a avaliação insatisfatória de investimento em novas tecnologias produtivas; monitoramento voltado para dentro da empresa e impedimento da adoção de novas filosofias e métodos de gestão.

2.2.2.3. Segunda Fase (SMD's Modernos)

De modo a contornar os problemas vivenciados pelos SMDs tradicionais, os novos sistemas buscam incorporar características que contribuam para a minimização ou eliminação dos mesmos.

Carpinetti (2000) constatou que a prática de medição de desempenho não financeiro passou a ser valorizada como um instrumento importante para:

- gerenciar o desempenho da organização;
- identificar pontos críticos que comprometam o desempenho e que devam ser alvos de melhorias;
- obter parâmetros confiáveis para a comparação entre empresas e entre os setores das empresas;
- auxiliar o processo de implementação e gerenciamento das melhorias e mudanças.

Em uma compilação realizada por Neely et al. (1997), vários autores convergem suas visões nas seguintes características que as novas medidas de desempenho devam possuir:

- ser derivadas da estratégia;
- ser simples de entender e claramente definidas;
- garantir *feedback* rápido e acurado;
- baseadas em quantidades que possam ser influenciadas ou controladas pelo usuário dos dados, ou em cooperação com outros;
- refletir os processos de negócio;
- relacionar-se a metas específicas;
- ser parte de um processo gerencial cíclico;
- ter um impacto visual;
- focar na melhoria;
- explicitamente baseada em uma fórmula e fonte de dados;
- empregar taxas ao invés de números absolutos;
- baseadas em tendências ao invés de momentos isolados;

- usar dados coletados automaticamente sempre que possível.

De acordo com Maskell (1991), as características que os novos SMD's possuem em comum nas empresas classe mundial são:

- Direta relação com a estratégia do negócio;
- Uso primordial de medidas não tradicionais;
- Variação entre diferentes localizações;
- Mudam ao longo do tempo;
- São simples e fáceis de serem utilizadas;
- Fornecem rápido retorno das informações;
- Favorece a melhoria ao invés de meramente monitorar.

MEYER (1994) argumenta que, se as mudanças organizacionais não forem acompanhadas por mudanças nos SMDs, no futuro próximo estes sistemas no melhor dos casos, serão ineficientes e, no pior, contra-produtivos. Para BEUREN (1998), "se a velocidade das mudanças no ambiente se apresenta mais acentuada, os gestores também precisam adequar mais rapidamente os instrumentos do processo de gestão, para assegurar a competitividade da empresa, explorando suas capacidades e especialidades frente ao ambiente em que a empresa se encontra inserida."

Segundo FORZA & SALVADOR (2000, p. 364), "a organização não deve ser somente capaz de criar uma hierarquia de medidas de desempenho que direcionem todos os esforços para a mesma direção, mas também de desenvolver a capacidade de atualizar as medidas, alinhando-as com os novos objetivos."

2.2.3. Medição de Desempenho Enxuta – Indicadores Operacionais para Células Enxutas

Segundo Maskell (2004), a manufatura enxuta e outros processos enxutos necessitam maneiras diferentes de medir-se sua performance. Células enxutas devem focar-se em equiparar-se ao *takt time* do cliente, taxa de fluxo na célula, a efetividade do trabalho padrão estabelecido, a estabilidade e efetividade do sistema puxado implementado e fluxo unitário de peças, dentre outros. Como já mencionado, medições de desempenho tradicionais motivam comportamentos que diferem da filosofia enxuta de produção, pois focam-se em aspectos como utilização e eficiência de máquinas de maneira isolada, pois foram inicialmente idealizados para servir de suporte à produção em massa (filosofia Fordista), servindo, assim, como sério obstáculo ao desenvolvimento da filosofia enxuta no ambiente de manufatura.

Ainda segundo Maskell, existem três níveis de indicadores enxutos: indicadores operacionais da célula enxuta, indicadores da cadeia de valor enxuta e indicadores estratégicos da corporação.

A seguir, serão detalhados alguns dos indicadores operacionais de células enxutas citados por Maskell:

Day-by-the-hour

É o principal indicador usado para medir o desempenho da célula de produção em atingir seu objetivo em relação ao *takt-time*. O *takt-time* é a taxa a partir da qual os clientes da célula estão consumindo seus produtos. Este indicador, além de reportar de maneira freqüente a aderência da célula em relação ao *takt-time*, ainda proporciona de maneira eficiente um feedback dos problemas assim que os mesmos acontecem.

Assim, ações devem ser tomadas por parte dos líderes, engenheiros e responsáveis assim que uma das duas ocorrências abaixo surgirem:

- O *takt time* não está sendo atingido;
- Os operadores deixaram de preencher o quadro indicador, fazendo assim, com que o indicador deixe de ser gerado de maneira freqüente

Os operadores devem possuir um padrão claro de regras que estabeleçam quando a ações de emergência, como parar a célula ou acender o *Andon* (mencionado do capítulo 3.1.3), devem ser tomadas. Tal momento pode ser determinado de maneiras variadas, como, por exemplo, estatisticamente.

First-Time_Through

Segundo Maskell (2004), o propósito do indicador de *First-Time-Through* é monitorar a quantidade de produtos produzidos pela célula que são feitos da maneira correta já na primeira vez, ou seja, não são retrabalhadas, consertadas, re-testadas ou até mesmo refugadas.

Os principais objetivos enxutos da célula medidos a partir deste indicador são:

- A efetividade do trabalho padrão estabelecido
- A eliminação de variabilidade
- A eliminação de refugos e retrabalhos

WIP to SWIP

Segundo Maskell (2004), o propósito do indicador WIP to SWIP é medir todo o inventário da célula, incluindo matéria prima, WIP, e quaisquer outros itens ainda não processados.

O cálculo deste indicador é feito através da divisão do inventário total levantado pelo inventário total projetado para célula, ou seja, o inventário padrão. A contagem do inventário é feita pelos próprios operários da célula e é realizada contando-se o número de kanbans, de produtos e de itens representativos. A frequência ideal de coleta deve ser analisada caso a caso, podendo ser diária, semanal ou mensal.

Para fins de análise, este indicador deve manter-se constante e no nível correto, mostrando que as regras do sistema kanban estão sendo seguidas, o takt time está sendo aderido e a gestão visual está sendo efetiva, dentre outros. Caso o indicador apresente-se criticamente alto, as causas devem ser reportadas e planos de ação devem ser disparados a fim de corrigir-se os problemas de maneira efetiva.

OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Segundo Maskell (2004), OEE é uma medição de desempenho combinada, que monitora a capacidade de determinada máquina de fazer determinado produto na quantidade correta e na qualidade demandada.

Como tal medida é uma combinação de três fatores: disponibilidade, eficiência e First Time Through, ela apresenta-se ligeiramente complexa. Portanto, recomenda-se que seja utilizada apenas nas máquinas de maior importância para o fluxo da fábrica, ou seja, as máquinas gargalo, pois de acordo com a Teoria das Restrições (TOC), tais máquinas determinam o tempo de ciclo e a taxa de produção de suas respectivas cadeias produtivas.

3. Método Proposto

A seguir, será apresentado o método proposto pelo autor para o desenvolvimento desta monografia. Tal método foi desenvolvido durante o trabalho de implementação prática de um sistema de manufatura enxuta do qual o autor participou diretamente.

Para o desenvolvimento adequado deste método, necessita-se que a empresa já possua um sistema de produção puxada baseado em supermercados implementado (sistema *kanban*).

O meio como esses indicadores serão apontados e compilados deve ser definido pela empresa. Ressalta-se de antemão que a presença de um sistema eletrônico de controle dos cartões *kanban* facilita a confecção de tais indicadores, no entanto, tal presença não representa condição *sine qua non* para a implementação das medidas operacionais utilizadas neste trabalho.

3.1. Desenvolvimento das Medidas Operacionais necessárias

O primeiro passo do método consiste em desenvolver e implementar no local estudado as medidas de desempenho operacionais enxutas necessárias para possibilitar o ajuste fino do sistema de produção puxada da empresa, viabilizando, assim, a análise das melhorias implementadas por este mesmo ajuste fino posteriormente .

As medidas mencionadas são as seguintes:

- *Lead Time* Médio Real de Reposição:

O objetivo deste indicador é mostrar qual vem sendo o verdadeiro *lead time* de reposição praticado pelos cartões que se encontram em circulação na empresa.

Como já mencionado, no momento do cálculo do supermercado, a faixa amarela do sistema corresponde diretamente ao *lead time* padrão de reposição do item convertido em número de peças (mostrou-se que outros fatores como a variabilidade da demanda, representada geralmente pelo desvio padrão desta ao longo de um determinado número de períodos, também entram no cálculo da faixa amarela do supermercado).

No entanto, este *lead time* de reposição mencionado é fruto de uma projeção da equipe de projeto feita no momento do cálculo do supermercado e está sujeita a diversas variações quando colocada em prática no ambiente real de fábrica. Por exemplo, caso uma máquina quebre com frequência, tal *lead time* terá uma grande probabilidade de ser maior que o projetado na maioria das vezes.

Nestes casos em que o *lead time* real de reposição é maior do que o projetado pode ocorrer o desabastecimento do cliente deste item no supermercado haja vista que a quantidade de peças presentes em estoque no momento do disparo do cartão *kanban* só é suficiente para atender a demanda do cliente durante o período de tempo estabelecido pelo *lead time* padrão de reposição.

Como exemplo, tomando-se a hipótese de que a demanda do cliente tenha uma média de 5 peças por dia, desvio padrão diário de 2 peças, TPT projetado de 3 dias,

lead time de reposição projetado de 2 dias e *lead time* de segurança de 1 dia. Assim, o cálculo do supermercado ficaria da seguinte maneira:

- Faixa verde: TPT projetado x (demanda + desvio padrão) = $3 \times (5+2) = 21$ peças
- Faixa amarela: *Lead time* de reposição projetado x (demanda + desvio padrão) = $2 \times (5+2) = 14$ peças
- Faixa vermelha: *Lead time* de segurança estabelecido x (demanda + desvio padrão) = $1 \times (5+2) = 7$ peças

Em uma situação normal o disparo da produção deste item ocorrerá quando o seu nível de estoque atingir o nível amarelo, ou seja, 14 mais 7 peças, totalizando 21 peças. Caso o *lead time* de reposição real seja de 3 dias ao invés de 2 e a demanda real do cliente neste 3 dias mantenha-se constante em 5 peças por dia, o estoque amarelo correspondente à 14 peças terá 15 peças consumidas, ocorrendo assim o desabastecimento do setor amarelo do supermercado. Restam apenas as peças referentes ao estoque de segurança de cor vermelha. Nota-se que em casos um pouco mais graves de atraso na reposição, pode ocorrer, inclusive, o desabastecimento total do supermercado. Observa-se, no entanto, que o outro fator contrário ao desabastecimento do supermercado é o desvio padrão incluído no cálculo da demanda, fazendo ele, neste caso, seu papel de pulmão regulador da variação de demanda também.

Vale observar que nem sempre esta situação de desabastecimento será uma realidade, visto que a própria demanda do cliente também se apresenta variável, como será

detalhado na próxima medida operacional: o TPT Real Médio. Nos momentos em que a variação negativa da demanda do cliente for superior em módulo ao aumento do *lead time* real de reposição em relação ao padrão convertido para peças, o desabastecimento não ocorrerá.

Por exemplo, tomando-se a hipótese de que a demanda do cliente tenha uma média de 5 peças por dia, desvio padrão diário de 2 peças, TPT projetado de 3 dias, *lead time* de reposição projetado de 2 dias e *lead time* de segurança de 1 dia. Assim, o cálculo do supermercado ficaria da seguinte maneira:

- Faixa verde: $\text{TPT projetado} \times (\text{demanda} + \text{desvio padrão}) = 3 \times (5+2) = 21$ peças
- Faixa amarela: $\text{Lead time de reposição projetado} \times (\text{demanda} + \text{desvio padrão}) = 2 \times (5+2) = 14$ peças
- Faixa vermelha: $\text{Lead time de segurança estabelecido} \times (\text{demanda} + \text{desvio padrão}) = 1 \times (5+2) = 7$ peças

Em uma situação normal o disparo da produção deste item ocorrerá quando o seu nível de estoque atingir o nível amarelo, ou seja, 14 mais 7 peças, totalizando 21 peças. Caso o *lead time* de reposição real seja de 3 dias ao invés de 2 e a demanda real do cliente neste 3 dias passe de 5 para 3 por dia, o estoque amarelo correspondente à 14 peças terá apenas 9 peças consumidas, não ocorrendo assim o desabastecimento. Observa-se, no entanto, que o outro fator contrário ao desabastecimento do supermercado é o desvio

padrão incluído no cálculo da demanda, fazendo ele, neste caso, seu papel de pulmão regulador da variação de demanda também.

A fórmula geral de cálculo deste indicador é descrita pela equação 4:

$$\text{Lead Time Médio de Reposição Real} = \sum (\text{Lead Time de Reposição Real de cada cartão no período}) / \text{número total de cartões finalizados no período} \quad (4)$$

- TPT Médio Real

O objetivo deste indicador operacional é demonstrar o giro real de cada um dos cartões do supermercado da empresa.

Como já mencionado, o TPT corresponde diretamente ao número de peças presentes na faixa verde do supermercado. Assim, como no *lead time* de reposição, o número total de peças presentes na faixa verde do supermercado também é influenciado pela variação da demanda (representado pelo desvio padrão).

O TPT real pode ser medido a partir da frequência com que cartões presentes no quadro *kanban* são disparados para a produção. Por exemplo, se o processo produtor de um determinado item em *kanban* produz lotes daquele mesmo item a cada 3 dias, então o TPT real deste item é de 3 dias.

Desvios do TPT real em relação ao TPT projetado podem ocasionar fortes distúrbios no comportamento do sistema puxado da empresa como um todo.

Pode-se citar como exemplo o seguinte caso: foi medido que determinado item está obtendo um TPT real de 1 dia ao invés de 3 dias como projetado. Nesta situação, este item está realizando mais *setups* do que foi projetado inicialmente (caso este item apresente uma produção que envolva máquinas ou processos dependentes de preparação na troca entre produtos diferentes no mesmo recurso). Como consequência deste giro indevido, o item passa a ocupar mais tempo no carregamento de máquina do que o projetado. Se a máquina for um gargalo (recurso mais exigido do fluxo), este excesso de carregamento pode acarretar em falta de carga máquina para o processamento de outros itens da fábrica, inclusive deste mesmo item, gerando atrasos ao longo de toda a cadeia de valor da empresa.

Pode-se relevar como causa principal do desvio de TPT real em relação ao TPT projetado a variação na demanda do item referido. Repetindo o exemplo demonstrado no item anterior desta monografia, temos o seguinte para o cálculo do supermercado:

- Faixa verde: $\text{TPT projetado} \times (\text{demanda} + \text{desvio padrão}) = 3 \times (5+2) = 21$ peças
- Faixa amarela: *Lead time* de reposição projetado $\times (\text{demanda} + \text{desvio padrão}) = 2 \times (5+2) = 14$ peças
- Faixa vermelha: *Lead time* de segurança estabelecido $\times (\text{demanda} + \text{desvio padrão}) = 1 \times (5+2) = 7$ peças

Supondo que a demanda média deste mesmo produto em um determinado período fosse 15 peças ao invés de 5. Neste caso, a faixa verde (correspondente a 21 peças) seria consumida em $21 / 15 = 1,4$ dias, ou seja, o supermercado daquele item teria girado 1,6 dias antes do previsto no cálculo. Como mencionado anteriormente, tal desvio traria problemas indiretos, como a falta de capacidade para a produção da demanda total dos itens que passam por determinado recurso, já que o número de *setups* executados neste estaria acima do projetado.

Além da variação da demanda, podem-se identificar outras possíveis causas para a variação do TPT real, como o consumo inadequado das peças do supermercado por parte do processo consumidor. Isso pode acontecer nas situações as quais o supermercado fica distante do consumidor e este é obrigado a transportar os itens necessários à sua seção até esta. Caso o consumidor transporte de maneira adiantada à suas necessidades, estará levando cartões até o quadro *kanban* de maneira precoce, antecipando, assim, o disparo destes mesmos cartões para a produção, diminuindo desta maneira o TPT real deste item, mesmo sem consumir o item de maneira efetiva.

A fórmula geral de cálculo deste indicador é descrita pela equação 5.

$$\text{TPT Real Médio} = \sum (\text{TPT Real de cada cartão no período}) / \text{número total de cartões disparados no período} \quad (5)$$

3.2. Desenvolvimento do sistema de análise periódica dos indicadores

Primeiramente deve ser definida a frequência a partir da qual os indicadores mencionados serão analisados e as ações serão tomadas. Existem dois principais fatores a serem considerados nesta questão. O primeiro é a variabilidade da demanda, que como já demonstrado pode ocasionar em variações críticas no TPT de alguns itens do supermercado. O segundo fator é a confiabilidade dos processos internos da empresa, os quais influem de maneira negativa tanto no TPT real da peça (como já discutido) quanto no *lead time* real de reposição (máquinas quebradas, cartões perdidos, dentre outros problemas internos).

Depois de definida a frequência de análise, devem-se definir os seguintes critérios de análise:

- Qual o critério a ser utilizado para definir atraso (não conformidade), ou seja, a qual distância *lead times* de reposição e TPT's reais devem estar do valor projetado para que sejam considerados fora do padrão?
- Qual a porcentagem de amostras não conformes que um item deve possuir para que seja considerado crítico?
- Quais os critérios para ordenação dos itens críticos?

Exemplos de critérios de ordenação: maior desvio médio em relação ao padrão, maior custo unitário, menor TPT e sistema de controle (*kanban* de produção ou 2 gavetas de produção).

- Qual a quantidade total de itens a ser selecionada para análise e possível reajuste do supermercado?

É importante ressaltar que a definição de todos os critérios acima é de caráter particular para cada empresa e deve ser analisado caso a caso. Recomenda-se avaliar

características da empresa como pessoal disponível para realização do procedimento (caso o número de mão de obra qualificada e disponível seja suficiente, a frequência e o número de itens analisados em cada rodada de análise podem ser maiores, aumentando, assim, a eficiência do reajuste no sistema em geral), valor total dos itens em estoque (estoques mais caros justificam análises mais severas, pois geram ganhos relativamente consideráveis para a empresa em que o método está sendo aplicado).

3.3. Aplicação do sistema de análise periódica dos indicadores

Após definidos todos os parâmetros relativos à análise periódica, deve-se agora aplicá-la de maneira prática.

A análise do método em questão deve seguir os seguintes passos:

- Geração do resultado das medidas operacionais de *Lead Time* Real Médio de Reposição e TPT Médio Real. O meio como essas medidas são coletadas e compiladas foi definido anteriormente e deve ser seguido.
- Tratar os resultados obtidos, compilando os resultados necessários para análise dos critérios de seleção de itens críticos previamente estabelecidos (tal procedimento, assim como todos os posteriores, deve ser realizado de maneira separada para os indicadores de TPT Real e *Lead Time* de reposição real)
- Ordenação dos itens críticos, baseado nos critérios definidos. Em seguida, é feita a seleção dos itens a serem analisados naquela rodada (baseado no número total de itens que a empresa definiu e que possivelmente tem mão de obra necessária para avaliar no período do ciclo)

- Realizar uma reunião com os responsáveis pelo fluxo de valor do item (supervisores, gerentes de operações, pessoal de logística, almoxarifado, dentre outros cargos envolvidos) a fim de serem identificadas as principais causas dos desvios detectados (TPT e *Lead Time* de Reposição). Nesta reunião, devem ser identificados quais das causas ocasionadoras de desvio podem corrigidas (evitando, desta maneira, o reajuste do supermercado) e quais causas são realmente intrínsecas ao processo e deveriam ter sido consideradas no TPT e *Lead Time* de Reposição projetados do item desde o início (acarretando, desta forma, em um reajuste no dimensionamento do supermercado do item).
- Ao fim desta reunião, deve haver a geração de um Plano de Ação para que sejam estabelecidas datas limites e pessoas responsáveis por corrigir as falhas detectadas.

3.4. Reajuste do sistema puxado baseado nos resultados da análise periódica dos indicadores operacionais

Neste momento, já se definiu quais dos itens selecionados e analisados realmente devem ter seus parâmetros de cálculo do supermercado (TPT e *Lead time* de reposição) alterados, haja vista que as fatores causadores do desvio das medidas reais em relação às projetadas foram identificados como intrínsecos ao processo e, conseqüentemente, não elimináveis à curto prazo.

O método de cálculo a ser utilizado no redimensionamento do sistema puxado é rigorosamente o método tradicional de cálculo de supermercado já apresentado. A única

definição neste ponto do método é qual o critério a ser utilizado para escolha dos novos parâmetros a serem incluídos nos dimensionamento de reajuste. Algumas sugestões de critério são: parâmetro real médio, média interna dos parâmetros ou menor parâmetro repetido.

3.5. Levantamento das medidas de desempenho relativas à empresa

Após o reajuste do sistema de dimensionamento, é necessário que se aguarde um período mínimo de tempo antes que sejam levantados os resultados referentes às medidas de desempenho gerais da empresa e às medidas de desempenho operacionais que desejam ser analisadas. Tal período é necessário para que as alterações provocadas pelo redimensionamento do sistema puxado possam influenciar as medidas de resultado gerais da empresa, já que são necessários alguns giros no supermercado para que melhorias de ajuste neste possam acontecer de maneira efetiva.

É requisito para método que um sistema de medição de desempenho já tenha sido desenvolvido e implementado anteriormente na empresa na qual o método está sendo aplicado. O objetivo deste trabalho não inclui desenvolver tal sistema, contudo, ao final do método, este sistema de medição de desempenho será brevemente analisado através da validação do desdobramento dos objetivos estratégicos da empresa até as medidas de desempenho operacionais.

3.6. Análise da influência do redimensionamento do sistema puxado nos indicadores operacionais e globais da empresa estudada

A partir dos dados identificados na fase anterior, faz-se necessário neste momento uma análise crítica da influência da melhoria implementada nos indicadores operacionais e globais da empresa em questão.

Deve-se atentar ao fato de que evoluções positivas ou negativas nestes indicadores não são influenciadas somente pelo redimensionamento realizado mas por outros fatores como implementação de novas melhorias.

Contudo, alguns indicadores operacionais estão mais diretamente ligados à correta adequação do dimensionamento do supermercado às condições reais de demanda e produção. Desta forma, supõe-se que seja mais clara a evolução destes mesmos indicadores após decisões acertadas de redimensionamento do sistema puxado.

4. Estudo de Caso

4.1. Apresentação da empresa

A empresa escolhida para implementação prática do método proposto fica localizada no interior de SP, na região de Piracicaba. Esta pertence ao setor metal mecânico e é considerada uma empresa de médio para grande porte, pois possui cerca de 1200 colaboradores. A empresa realiza os processos de: corte de chapas de metal em máquinas de corte plasma e oxicorte, operações de usinagem (conhecidas na empresa como Primeiras Operações), caldeiraria e pintura.

Foi feito um grande investimento prévio em tecnologia da informação, sendo instalado um sistema de controle *ERP* para gestão geral da empresa. Além disso, a leitura via código de barras passou a ser atividade comum em qualquer local, participando de forma ativa na implementação dos indicadores operacionais estudados. Sendo assim, cerca de 95% dos processos internos da empresa estão interligados via sistema informatizado. Tal característica foi de fundamental importância para a implementação do método aplicado, constituindo esta, portanto, uma das justificativas para a escolha desta empresa como objeto de estudo do trabalho.

No mesmo ano da implementação prática deste trabalho, foi detectada pelos gestores da empresa a necessidade de mudanças nas técnicas de gestão de produção e logística da fábrica, visto que esta apresentava claros problemas como excesso de atrasos no atendimento do pedido do cliente (baixa performance de entrega), estoques altos e desbalanceados (grande *work-in-process*) e baixa produtividade geral. Na empresa

estudada, a produtividade é medida a partir da relação entre o total de horas orçadas vendidas sobre o total de horas trabalhadas (apenas mão de obra direta).

Como consequência deste cenário, os gestores decidiram contratar uma consultoria externa especializada na implementação e sustentabilidade de sistemas de manufatura enxuta em empresas de pequeno, médio e grande porte.

O método utilizado pela empresa para implementação práticas das melhorias estudadas é o *Kaizen*. Durante o estudo realizado para esta monografia foram realizados 2 eventos *Kaizen* na empresa.

O primeiro evento foi de fundamental importância para a implementação do sistema de produção puxada (*Pull System*) na seção de Primeiras Operações (usinagem) em detrimento do, até então, sistema de produção empurrada utilizado pela empresa. Já o objetivo do segundo evento *Kaizen* foi introduzir o sistema de produção a partir de células em uma das linhas de montagem da caldeiraria da fábrica. As principais ferramentas de produção enxuta utilizadas neste evento foram Padronização de Atividades, balanceamento de operações da linha e desenvolvimento de layout celular. Tais ferramentas não serão detalhadas pois não fazem parte do escopo desta monografia.

Ambos os eventos geraram resultados satisfatórios, no entanto, com o tempo, foi notado que o ambiente em que a empresa estava inserida (demanda variável, sistema de produção *job shop*, melhorias recém implementadas) fazia com que as medidas de resultado operacionais e gerais apresentassem pequena piora ao longo do tempo.

A fim de reverter este processo de leve declínio, e beneficiado pela implementação tecnológica do sistema *kanban*, decidiu-se por implementar um método que, utilizando esta vantagem tecnológica, diagnosticasse a situação atual dos itens em supermercado (sistema puxado) e corrigisse possíveis desvios em relação à situação inicialmente projetada como ótima.

4.2. Aplicação do método

4.2.1. Desenvolvimento das Medidas Operacionais necessárias

Como já foi mencionado, a empresa apresenta grandes avanços da área da tecnologia de informação, sendo assessorada por uma equipe externa, responsável pelo desenvolvimento de qualquer melhoria no sistema de informação da empresa.

Primeiramente, foram definidos pela equipe todos os parâmetros para a criação das medidas operacionais de TPT Real Médio e *Lead Time* Real Médio de Reposição.

Tais parâmetros foram apresentados em forma de slides para a equipe de tecnologia de informação, a qual ficou responsável pela implementação prática dos indicadores no prazo de um mês. Todas as definições apresentadas estão ilustradas pela figura 11 (*Lead Time* de Reposição Médio Real) e figura 12 (TPT Médio Real).

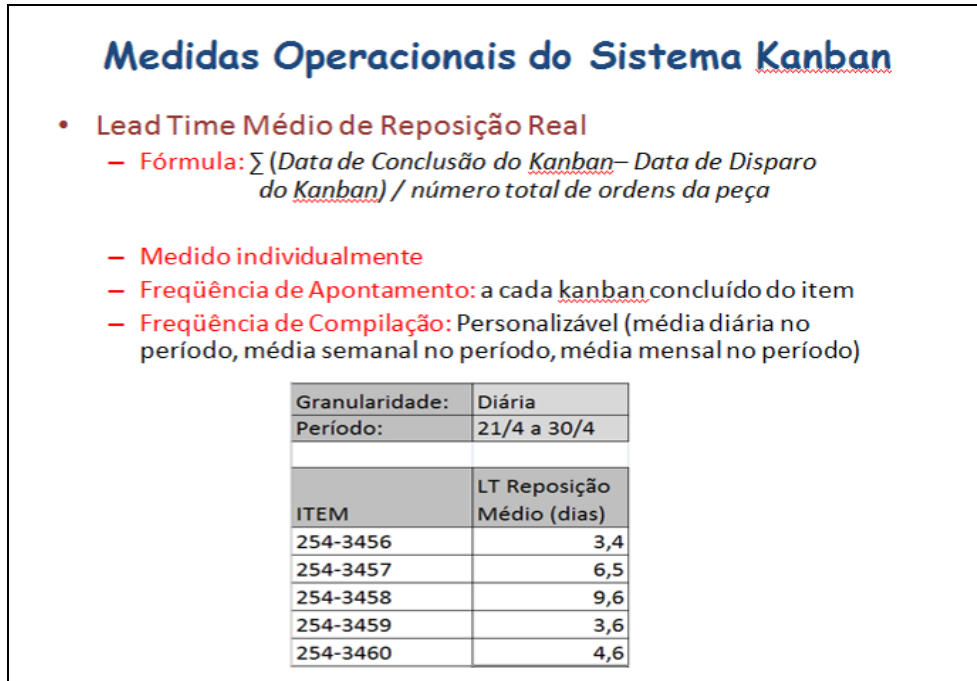


Figura 3 – Parâmetros utilizados na definição do indicador operacional de Lead Time Médio de Reposição Real na empresa estudada.

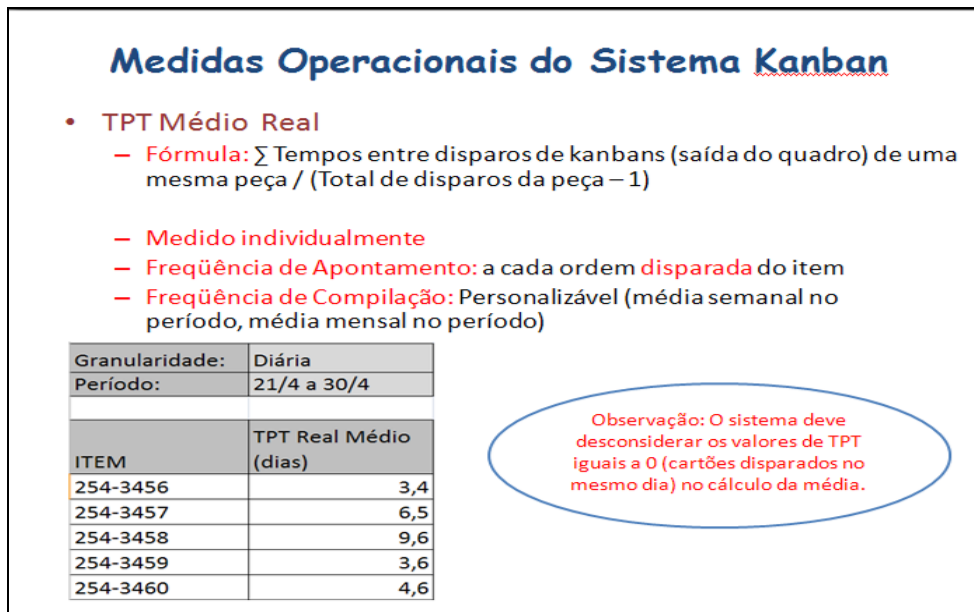


Figura 4 – Parâmetros utilizados na definição do indicador operacional de TPT Médio Real na empresa estudada.

4.2.2. Desenvolvimento do sistema de análise periódica dos indicadores

A primeira decisão a ser tomada nesta etapa do método é a frequência de aplicação da análise periódica. Um dos fatores a ser analisado nesta questão é a variabilidade da demanda, sobre a qual, para a empresa mencionada, foram observadas grandes variações ao longo do tempo. O segundo fator é a confiabilidade dos processos internos da empresa, os quais influem de maneira negativa tanto no TPT real da peça (como já discutido) quanto no *lead time* real de reposição (máquinas quebradas, cartões perdidos, dentre outros problemas internos). No caso desta empresa, a confiabilidade nos parâmetros projetados ainda não pode ser considerada alta, haja vista que as implementações de melhoria foram introduzidas recentemente e auditorias internas mostraram que tais problemas ainda ocorrem com frequência relevante. Portanto, a frequência de análise foi definida como semanal.

A seguir, foram definidos os seguintes critérios propostos pelo método:

- Qual o critério a ser utilizado para definir atraso (não conformidade), ou seja, a qual distância *lead times* de reposição e TPT's reais devem estar do valor projetado para que sejam considerados fora do padrão?

Utilizado: Todas as medições com 1 dia ou mais de diferença em relação ao padrão são considerados não conformes (tanto para não conformidades de atraso quanto para não conformidades de adiantamento).

- Qual a porcentagem de amostras não conformes que um item deve possuir para que seja considerado crítico?

Utilizado: Para este projeto este critério foi definido como 40% das amostras, sendo que o período a ser analisado será correspondente às últimas 10 semanas, ou seja, a partir de 4 semanas de não conformidades, o item é considerado crítico e sujeito à análise por parte do responsável.

- Quais os critérios para ordenação dos itens críticos?

Utilizado: Neste caso foram estabelecidos três listas de critérios de ordenação diferentes. A primeira delas refere-se à itens críticos devido a possuírem *Lead time* de Reposição Real maior que o projetado (itens com atraso):

1. Ocorrência dos atrasos
2. Itens kanban (o lead time dos itens 2 gavetas não influi no tamanho do supermercado no caso desta empresa)
3. Maior desvio médio (lead time real médio do período – lead time padrão)
4. Menor TPT (desvios na reposição de itens com baixo TPT prejudicam o giro do supermercado de maneira mais crítica)

A segunda lista de critérios é referente aos itens críticos devido à *Lead time* de Reposição Real menor que o projetado (itens adiantados com frequência):

1. Ocorrência dos adiantamentos
2. Itens kanban (o lead time dos itens 2 gavetas não influi no tamanho do supermercado no caso desta empresa)
3. Maior custo unitário por peça (este indicador detecta excesso de peças no supermercado. Assim, como peças de alto valor acarretam grande capital imobilizado para a empresa, é importante que volumes de estoque desnecessários para o giro ideal do supermercado sejam eliminados

sistematicamente por menores que sejam, pois tal ação gerará resultados financeiros relevantes para o fluxo de caixa da empresa)

4. Maior desvio médio (lead time real médio do período – lead time padrão)
5. Menor TPT (desvios na reposição de itens com baixo TPT prejudicam o giro do supermercado de maneira mais crítica)

Por fim, a terceira lista de critérios é referente aos itens críticos devido à TPT's

Reais menores ou maiores que o projetado:

1. Ocorrência de não conformidades
 2. Itens kanban (com exceção de casos mais críticos, os itens 2 gavetas representam menor custo e maior TPT projetado, sendo, assim, mais robustos à variações)
 3. Maior desvio médio (lead time real médio do período – lead time padrão)
 4. Itens controlados a partir da política de ciclo constante
- Qual a quantidade total de itens a ser selecionada para análise e possível reajuste do supermercado?

Utilizado: foi definido que esse número será de 10 itens, pois a análise e reajuste demandam uma grande parte da mão de obra disponível para tal. Assim, inicialmente, a equipe preferiu manter um número relativamente baixo de itens a fim de realizar a análise da maneira mais adequada.

4.3. Aplicação do sistema de análise periódica dos indicadores

O próximo passo do método é a geração do resultado das medidas operacionais de *Lead Time Real Médio de Reposição* e *TPT Médio Real*. Como já mencionado, essas

medidas são compiladas com o auxílio do sistema de informação da empresa, o qual não compete ao escopo deste trabalho detalhar.

Os resultados gerados após 10 semanas de coleta de dados para *Lead Time* Médio de Reposição Real estão mostrados na tabela 1. Ressalta-se que o total de itens controlados por sistema puxado pela empresa até então era de 616 itens. Assim, os resultados do indicador são mostrados de maneira parcial, haja vista que o resultado é individual para cada um dos itens. As datas representam a semana na qual os dados foram coletados.

Tabela 1 – Resultados para o indicador de Lead Time de Reposição Médio Real após 10 semanas

Lead Time de Reposição Médio Real											
Código	Descrição da Peça	12/4	19/4	26/4	3/5	10/5	17/5	24/5	31/5	7/6	14/6
75261616	ANEL SUPERIOR DA TORRE		1,2	3,5	5			1,2	3,5	5	
75261618	ANEL INFERIOR DA TORRE										
000013	MATA JUNTA SOLDADA DO CJ75261615	2					2				
000030	BOSS	2	2,5	1,5			2	2,5	1,5		
000081	TOP										
000082	TOP										
000097	CHAPA			1,5	3,5	1			1,5	3,5	1
103-7378	PLATE										
104-4522	PLATE		2	6				2	6		
106-1134	BOSS	1	4	8	3,33		1	4	8	3,33	
106-1138	PLATE		4					4			
106-1142	BOSS		2,5	2	30	3		2,5	2	30	3
106-1143	BOSS					1					1
106-1188	BOSS		1,17	10	0			1,17	10	0	
106-3674	PLATE		3,25	0,5	2,67			3,25	0,5	2,67	
106-3676	PLATE		0,33	3	1			0,33	3	1	
109-6606	PLATE										
113-3849	BARRA	4,75	4	1,8	2,5		4,75	4	1,8	2,5	
113-3908	MOSS-OUTSOURCING		3,2	3,25	2,6			3,2	3,25	2,6	
117-0986	BAR										

Na tabela 2 são mostrados os resultados obtidos para o indicador de TPT Real Médio.

Tabela 2 – Resultados para o indicador de TPT Real Médio após 10 semanas

TPT Real Médio											
Código	Descrição da Peça	12/4	19/4	26/4	3/5	10/5	17/5	24/5	31/5	7/6	14/6
9W-7435	PLACA			15	4				20	3	
9W-7436	PLACA	1,5		0	2		1,5		0	2	
C101-3758	PLATE		5	6	3			4	5	6	
C101-3759	PLATE		3	4	2			15	2	3	
C101-8091	PLACA	2	5	5	5		2	4	5	5	
C102-6292	PLATE	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1
C112-6330	PLATE										
C117-5363	ANEL	3	6	6	4		11	5,5	6	6	
C118-7541	PLACA	4,2	3,1		10		3	6		12	
C118-7542	PLACA	3	5		11		11	4		3	
C118-9099	PLACA	6			16		12			16	
C123-5569	PLATE		10	4	3			12	3	3	
C133-1845	PLACA	1,5	2,2	2	1,4		10	2	3	2	
C133-3389	PLATE	4	2,1	1,2		7	1,1	1,6	2,3		8
C134-1079	BRACO	4	3	2,3	1		8	4,5	3	1,2	
C141325A1	BRACO LEVANTAMENTO										
C141-8823	CHAPA		10	6,4				20	4		
C142-9406	CHAPA			15	5				21	2,3	
C154-3232	PLATE	3	2,2	1,5	2,3		10	2,3	3,1	1,1	

Segundo o método proposto, o próximo passo é o tratamento dos dados obtidos. A partir deste tratamento serão verificadas quais peças apresentam-se como críticas. No caso estudado, os dados obtidos são transportados para uma planilha eletrônica previamente preparada. Nesta planilha são verificados os critérios propostos e é feita a ordenação dos itens. Na tabela 3 são mostrados os resultados obtidos para o *Lead Time* de Reposição Médio Real dos itens que apresentam desvio positivo em relação ao projetado. Já na tabela 4 são mostrados os itens que se apresentaram críticos devido a um desvio

negativo (*lead time* de reposição real menor que o projetado). Enquanto que na tabela 5, são apresentados os itens dados como críticos na análise de TPT Real Médio

Tabela 3 – Itens críticos com desvio positivo selecionados para análise baseados nos critérios pré-estabelecidos (tabela para Lead Time de Reposição Real)

Lead Time de Reposição Médio Real								
Código	Descrição da Peça	Sistema de Control	TPT	% atraso	Lead Time Médio	Lead Time Projetado	Desvio Médio	
C7T-3758	PLATE	KANBAN	1	80%	16,25	3	13,25	
C253-4658	PLATE	KANBAN	1	80%	13,82	3	10,82	
C240-7010	PLATE	KANBAN	1	80%	13,335	3	10,335	
C117-5363	ANEL	KANBAN	5	80%	11,375	4	7,375	
C252-0879	PLATE	KANBAN	5	80%	10,25	4	6,25	
134-0824	PLATE-OUTSOURCING	KANBAN	5	80%	6,6375	3	3,6375	
9W-7432	PLATE	KANBAN	5	80%	5,522	2	3,522	
237-8225	PLATE-OUTSOURCING	KANBAN	5	80%	5,98	3	2,98	
C9R-0374	PLACA	KANBAN	5	60%	25,9025	6	19,9025	
C189-4043	PLATE	KANBAN	1	60%	19,375	3	16,375	
C260-7458	BRACO	KANBAN	1	60%	17,92	3	14,92	
4V-2921	PLATE	KANBAN	5	60%	17,875	3	14,875	
C262-2275	PLATE	KANBAN	1	60%	15,8333	3	12,833333	
8J-7020	PLATE	KANBAN	5	60%	10,3325	2	8,3325	
8X-2880	PLATE	KANBAN	5	60%	8,3225	2	6,3225	
9W-3145	PLATE	KANBAN	5	60%	7,93333	2	5,9333333	
8X-2391	PLATE	KANBAN	5	60%	8,295	3	5,295	
6Y-1107-P	BOSS	KANBAN	5	60%	7,8325	3	4,8325	
C8W-8885	PLATE	KANBAN	1	60%	6,915	3	3,915	

Tabela 4 – Itens críticos com desvio negativo selecionados para análise baseados nos critérios pré-estabelecidos (tabela para Lead Time de Reposição Real)

Lead Time de Reposição Médio Real								
Código	Descrição da Peça	Sistema de Controle	TPT	adiantamentos	Lead Time Médio	Lead Time Projeta	Desvio Médio	Custo Unitário
C262-3845	PLACA DE DESGASTE	KANBAN	1	80%	1,626	3	-1,374	86,2619
C216-3078	PLACA	KANBAN	1	60%	3,05	3	0,05	2297,06
C101-3759	PLATE	KANBAN	5	60%	0,81333	3	-2,18667	1039,08
C203-7181	PLATE	KANBAN	5	60%	1,925	4	-2,075	595,218
8X-2383-1	PLATE	KANBAN	5	60%	1,835	5	-3,165	277,288
8X-2383-2	PLATE	KANBAN	5	60%	3	5	-2	277,288
C201-3045	PLATE	KANBAN	5	60%	0,99	3	-2,01	244,041
C189-4131	PLATE	KANBAN	5	60%	1,30667	3	-1,69333	244,003
248-1327	PLATE	KANBAN	5	60%	1,4	3	-1,6	243,35
8X-2384	PLACA	KANBAN	5	60%	3,1	5	-1,9	207,842
154-3238	PLATE LH-OUTSOURCING	KANBAN	5	60%	1,625	3	-1,375	201,369
C290-5904	PLATE - HINGE LH	KANBAN	1	60%	3,466	3	0,466	197,496
C217-3587	PLACA	KANBAN	5	60%	3,5425	5	-1,4575	152,915
106-3674	PLATE	KANBAN	5	60%	2,14	6	-3,86	92,0264
C7T-4610	PLATE	KANBAN	1	60%	2	3	-1	78,7488
248-1328	PLATE	KANBAN	5	60%	4,2925	6	-1,7075	64,8724
106-3676	PLATE	KANBAN	5	60%	1,44333	4	-2,55667	56,8024
C142-9406	CHAPA	KANBAN	3	40%	2	3	-1	1893,17
119-6177	PLATE	KANBAN	5	40%	1,5	4	-2,5	133,621
1347261671	PLATE	KANBAN	10	40%	0,925	2	1,155	20,1104

Tabela 5 – Itens críticos selecionados para análise baseados nos critérios pré-estabelecidos (tabela para TPT Real)

TPT Real Médio							
Código	Descrição da Peça	Sistema de Controle	TPT	% NC	TPT Médio Real	TPT Projeta	Desvio
9W-7432	PLATE	KANBAN	5	90%	3,74	2	1,74
C117-5363	ANEL	KANBAN	5	70%	5,9375	5	0,9375
C101-3759	PLATE	KANBAN	5	60%	4,83333	5	-0,16667
C102-6292	PLATE	KANBAN	1	60%	2	1	1
C133-1845	PLACA	KANBAN	1	60%	3,0125	1	2,0125
C134-1079	BRACO	KANBAN	1	60%	3,375	1	2,375
C154-3232	PLATE	KANBAN	1	60%	3,1875	1	2,1875
C118-7541	PLACA	KANBAN	5	50%	6,38333	5	1,383333
C118-7542	PLACA	KANBAN	5	50%	6,16667	5	1,166667
C133-3389	PLATE	KANBAN	1	50%	3,4125	1	2,4125
9W-7435	PLACA	KANBAN	5	40%	10,5	5	5,5
9W-7436	PLACA	KANBAN	5	40%	1,16667	5	-3,833333
C101-3758	PLATE	KANBAN	5	40%	4,83333	5	-0,166667
C118-9099	PLACA	KANBAN	5	40%	12,5	5	7,5
C141-8823	CHAPA	KANBAN	5	40%	10,1	5	5,1
C101-8091	PLACA	KANBAN	5	30%	4,125	5	-0,875
C123-5569	PLATE	KANBAN	3	30%	5,83333	3	2,833333
C142-9406	CHAPA	KANBAN	3	30%	10,825	3	7,825
9W-7434	PLACA	2 GAVETA	10	0%	0	3	sem dados
C112-6330	PLATE	KANBAN	1	0%	0	1	sem dados

Em seguida, foram escolhidos os 10 primeiros itens de cada lista para serem submetidos à análise conforme o critério de seleção previamente definido.

O próximo passo foi a convocação de uma reunião na qual estavam presentes os seguintes cargos: supervisores de todos os setores produtivos da fábrica, chefe do PCP e equipe interna de melhoria contínua. Nesta reunião, foram discutidas as possíveis causas dos desvios em relação ao sistema puxado inicialmente projetado. Todos os itens foram analisados em caráter particular e as principais causas detectadas na reunião foram a variação da demanda de alguns itens devido a mudanças internas realizadas pelo cliente e a quebra recorrente de algumas máquinas de usinagem. Assim, foi gerado um pequeno plano de ação no qual a manutenção preventiva destas máquinas foi detalhada e explicitada, diminuindo posteriormente a probabilidade de quebra das mesmas, evitando, assim, desvios no tempo de reposição dos cartões de certos itens nos quais o processo de usinagem envolve tais máquinas. No caso dos itens adiantados, foi acordado que certos itens estavam efetivamente com seus tempos de reposição acima do necessário.

Foi consenso geral também o fato de que, no caso particular do TPT, a maioria das peças analisadas estava girando acima do tempo projetado, pois a demanda apresentava picos recorrentes no seu comportamento. Tais picos já eram esperados e o sistema de supermercado apresenta robustez em relação a eles, pois o desvio padrão diário da demanda já foi considerado no cálculo do supermercado. Contudo, verificou-se que houve uma queda na demanda média desses itens ao longo do tempo, fazendo com que a quantidade disponível no supermercado fosse freqüentemente maior do que a necessária.

4.4. Reajuste do sistema puxado baseado nos resultados da análise periódica dos indicadores operacionais

Neste momento, já se definiu quais dos itens selecionados e analisados realmente devem ter seus parâmetros de cálculo do supermercado (TPT e *Lead time* de reposição) alterados. Ressalta-se que serão detalhados os cálculos apenas uma vez, sendo que os outros itens terão apenas seus resultados explicitados e comentados.

Cada setor do quadro kanban semáforo será indicado com sua respectiva cor, ou seja, mesmo que todos os cartões pertencentes ao supermercado sejam rigorosamente iguais, eles serão organizados na mesma lógica com que o supermercado é calculado.

Foi constatado que os itens 8x-2384, 8x-2383-1 e 8x-2383-2 estavam com seus *lead times* de reposição superestimados. Assim, decidiu-se reduzir esse parâmetro de 5 para 3 dias. Os dois últimos itens apresentavam demanda média diária de 3,75 peças e desvio padrão diário de 3,28 peças. Seu TPT era de 5 dias e cada cartão representava 18 peças. O *lead time* de segurança é de 1 dia. Dessa forma, a situação pré ajuste do supermercado era a seguinte:

Total de cartões Verdes= (demanda diária + desvio padrão)*(TPT) / tamanho do cartão = 7,03 * 5 / 18 = 1,95 = 2 cartões

Total de cartões amarelos = (demanda diária + desvio padrão)*(LT de Reposição) / tamanho do cartão = 7,03 * 5 / 18 = 1,95 = 2 cartões

Total de cartões vermelhos = (demanda diária + desvio padrão)*(LT de Segurança) / tamanho do cartão = $7,03 * 1 / 18 = 0,39 = 1$ cartão

Após o ajuste do novo *lead time* de reposição, a quantidade relativa aos cartões amarelos ficou da seguinte maneira:

Total de cartões amarelos = (demanda diária + desvio padrão)*(LT de Reposição) / tamanho do cartão = $7,03 * 3 / 18 = 1,17 = 1$ cartão

Portanto, a quantidade total de cartões para estes itens passou de 4 para 3, ou seja, o estoque máximo circulante projetado diminuiu 18 peças em ambos os casos. O mesmo procedimento foi seguido para o item 8x-2384, o qual passou de 9 cartões de 6 peças para 7 cartões de 6 peças.

Para os itens com desvio positivo no *Lead Time* de Reposição Real, foi definido que o 4 primeiros itens da lista teriam seus *lead times* padrão aumentados, pois dependiam de um recurso escasso na fábrica e frequentemente tinham sua produção atrasada devido a grandes filas. Assim, decidiu-se por aumentar para cinco dias o *lead time* de reposição, gerando mais segurança para o processo cliente, já que estes produtos haviam estado em falta várias vezes durante o período estudado. Dessa maneira, garante-se que mais peças estarão disponíveis para consumo no momento em que a ordem de reposição for disparada. Segue abaixo a nova situação de reajuste para estes itens:

- C117-5363: aumentou um cartão (8 para 9)
- C253-4658: aumentaram dois cartões (5 para 7)

- C240-7010: aumentou um cartão (5 para 6)
- C7T-3758: aumentaram dois cartões (5 para 7)

Por fim, para os itens cujo TPT Real apresentava maior desvio em relação ao projetado foi constatado que apenas os itens de TPT igual a 1 deveriam ter seus supermercados redimensionados pois, como mencionado anteriormente, estavam com a demanda superestimada no cálculo inicial do supermercado. Assim, tais produtos vinham representando um custo de capital imobilizado desnecessário para a empresa.

Após terem suas demandas revisadas, o supermercado desses itens ficou da seguinte maneira:

- C102-6292: total de cartões passou de dez para seis (mudança de 45% em relação à demanda anterior)
- C133-1845: total de cartões passou de cinco para três (mudança de 48% em relação à demanda anterior)
- C134-1079: total de cartões passou de nove para seis (mudança de 38% em relação à demanda anterior)
- C154-3232: total de cartões passou de quatro para três (mudança de 25% em relação à demanda anterior)

Nota-se que apesar do corte no número de cartões, o supermercado destes itens continua robusto a picos de demanda, pois o redimensionamento foi feito de maneira que o desvio padrão da demanda continua sendo considerado, servindo como estoque pulmão contra o desabastecimento de peças.

4.5. Levantamento e análise das medidas de desempenho relativas à empresa

Um mês após o redimensionamento do supermercado, levantaram-se as medidas de desempenho referentes à empresa, a fim de analisar a influência da ação corretiva nos resultados gerais.

Ressalta-se que apenas as duas últimas métricas analisadas foram implementadas após o início do processo de produção enxuta na fábrica. As primeiras métricas (globais) já haviam sido desenvolvidas anteriormente pela empresa, baseadas no alinhamento direto com os objetivos estratégicos da empresa.

As medidas de desempenho analisadas foram as seguintes:

- Performance de Entrega (Métrica Global)
- *Lead Time* Total Médio (Métrica Global). Mede o *work in process* (WIP) da fábrica
- Aderência ao ritmo de produção na célula de escarificadores (Métrica Operacional)
- Atendimento dos Kanbans (Métrica Operacional). Mede a eficiência do supermercado em atender o cliente

A Performance de Entrega é calculada a partir do número de pedidos entregues no prazo e é o principal indicador de desempenho da fábrica, pois a fidelidade dos clientes depende diretamente do cumprimento das metas estabelecidas por eles para este indicador. Os dados são apontados e compilados diariamente e o resultado pode ser

analisado *on-line* a qualquer hora do dia. A base utilizada para este trabalho será mensal.

Os resultados são demonstrados na figura 5.

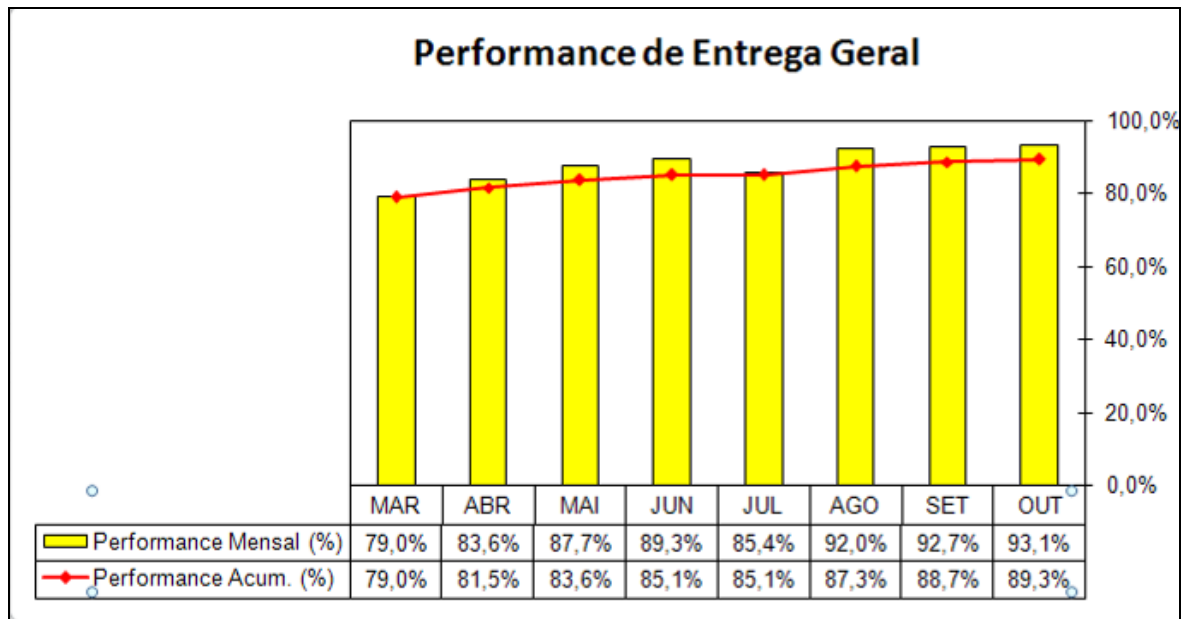


Figura 5 – Performance de Entrega Geral

A influência de um bom projeto de supermercado neste indicador é o fato deste disponibilizar os itens de maneira eficiente para que sejam expedidos ou utilizados por processos internos de montagem. Neste caso, os itens que apresentavam cartões além do necessário não influenciam neste resultado, pois ele não tem o objetivo de detectar desperdício de excesso de inventário. Contudo, os itens cujo supermercado estava abaixo do necessário provavelmente vinham contribuindo de maneira negativa neste índice, pois eram alvos de sucessivos *stock-outs*. Certamente, outros fatores contribuíram para a evolução positiva deste índice, como todo o conjunto de melhorias implementadas pelo

Lean Manufacturing, contudo, a influência positiva do redimensionamento do supermercado não pode ser descartada como fator de auxílio à evolução da performance de entrega geral da fábrica.

O próximo índice analisado é o Lead Time Total Médio, que representa o total de inventário presente na fábrica, desde peças cortadas e semi-processadas até produtos acabados em estoque. Ele é calculado dividindo-se o total de toneladas de peças ao final de cada dia pela demanda diária média do mês. Sua unidade de medida é o dia, ou seja, ele mede quantos dias de demanda há em forma de estoque na fábrica. A figura 6 representa os resultados obtidos.

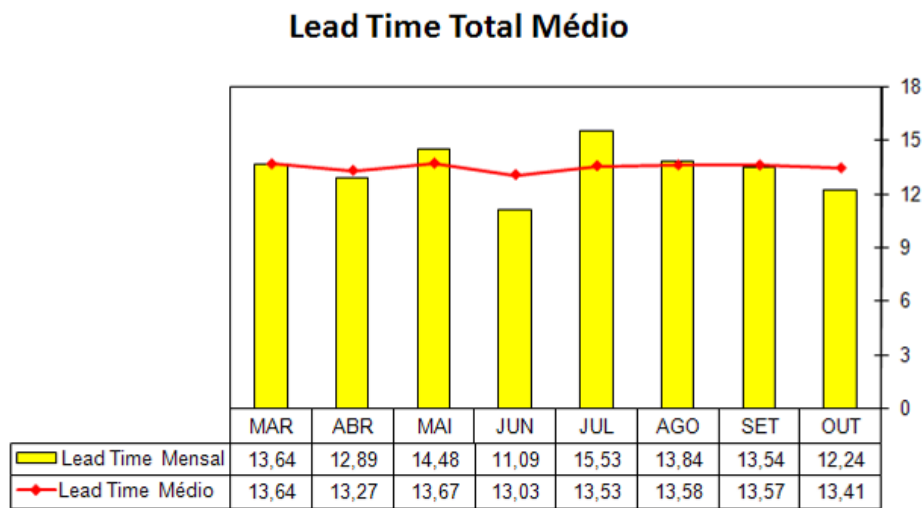


Figura 6 – Lead Time Total Médio

Observa-se pela figura 6, que o índice analisado melhorou consideravelmente no mês da aplicação do método. Novamente, lembra-se que fatores externos ao método, como melhora no fluxo contínuo dentro da fábrica e melhorias na gestão visual também

impactam muito fortemente neste resultado. Contudo, não pode ser descartada a hipótese de que correções para um *lead time* de reposição e TPT's mais adequados à realidade projetada contribuem positivamente para esta evolução, através da redução dos estoques necessários para atendimento da demanda durante o ciclo de reposição do produto e do ajuste do TPT para atender a nova demanda (menor que a anterior) de determinados itens (itens projetados para TPT de 1 dia que, na realidade, tinham seus cartões disparados com menor frequência).

O próximo indicador a ser analisado é um indicador de caráter operacional referente à uma das células de caldeiraria da empresa. Tal célula representa 2% do faturamento total da empresa e cerca de 95% dos componentes utilizados são provenientes do processo de Primeiras Operações (processo no qual o sistema de produção puxada de reposição foi implementado), ou seja, o abastecimento adequado por parte do supermercado dos componentes utilizados na célula é de fundamental importância no correto funcionamento enxuto da célula. Dois meses antes do início do estudo, foi realizado um evento *Kaizen* nesta célula, no qual as atividades de padronizar e balancear o trabalho e otimizar o fluxo de pessoal e materiais foram realizadas.

Esta célula foi escolhida para ter seu indicador analisado pois já havia passado por um processo anterior de melhoria, portanto um ajuste fino no setor de abastecimento de componentes começa a tornar-se necessário, já que após as implementações *lean*, o ritmo de trabalho torna-se mais compassado e sensível a problemas. Outra justificativa para a escolha desta célula é o fato de duas das peças redimensionadas pelo método serem componentes da célula em questão (8x-2383-1 e 8x-2383-2).

O indicador em questão é a Aderência ao Ritmo de produção, que mostra quão nivelada e próximo do *takt-time* do cliente está o ritmo de trabalho na célula. O ritmo de produção estabelecido a partir do balanceamento e nivelamento das operações para a célula foi de 6 conjuntos por dia. Todos os dias em que o número total de conjuntos produzidos no dia é diferente de 6, esse dia conta como não conforme. O indicador funciona em bases semanais e é calculado da seguinte forma:

Aderência ao Ritmo = 1 – (Número de dias não conformes / Total de dias trabalhados na semana)

Esse indicador é uma adaptação do indicador *Day by the hour*, proposto por Maskell (1991). No caso de Maskell, o ritmo de produção é verificado hora a hora e apresenta-se muito útil para produções de alto volume e baixos tempos de ciclo. No caso desta célula, que possui *takt time* de uma hora e meia, não faz sentido medir o ritmo de produção hora a hora, pois variações da ordem de minutos não causam distúrbios da magnitude daqueles causados quando células de alto volume sofrem esses tipo de problema. Assim, a granularidade escolhida para este indicador foi de um dia, no entanto, fracionar o dia em mais algumas partes não poderia ser considerado inadequado neste tipo de situação.

A figura 7 mostra os resultados obtidos para esta métrica.

Aderência ao Ritmo - célula de Escarificadores

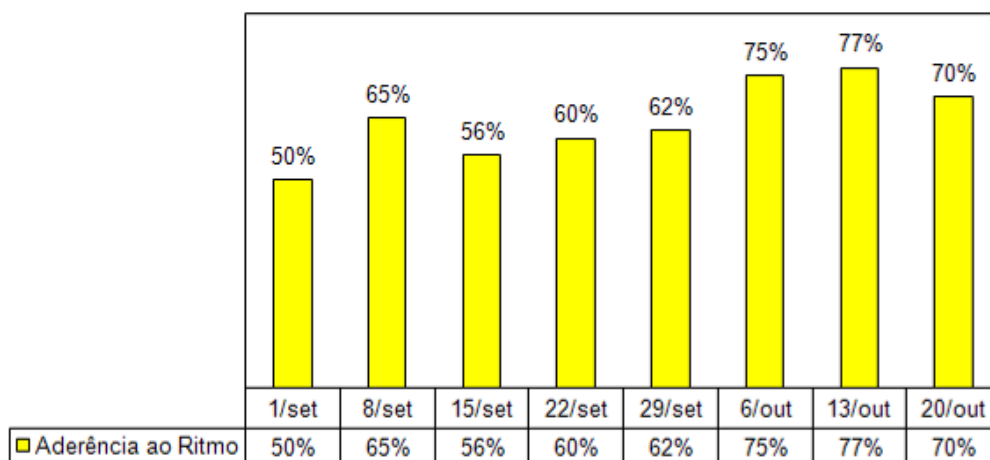


Figura 7 – Aderência ao Ritmo

Diferentemente das outras métricas, esta foi coletada por apenas 2 meses, pois foi quando o trabalho enxuto foi implementado na célula em questão. Neste caso, o primeiro mês foi anterior à aplicação do método de redimensionamento e o segundo mês foi após o método. Nesta métrica, a influência do método é vista de maneira muito mais clara do que nos casos anteriores, pois o volume ajustado pelo método representa uma proporção muito maior do que comparado às 10 peças alteradas em um universo de 616. Além disso, as principais causas dos baixos resultados deste índice estavam diretamente relacionadas com o método em questão, sendo a principal delas a falta de componentes disponíveis devido ao cartão ainda estar em produção. Assim, percebe-se que o trabalho influenciou os resultados de maneira muito positiva, com o segundo mês apresentando resultados realmente expressivos.

Contudo, assim como nas métricas anteriores, fatores externos não deixam de influenciar os resultados e devem ser lembrados neste tipo de análise crítica. Podemos citar alguns como: melhoria no índice de quebra de máquinas e pequenas mudanças de processo referentes à qualidade.

Por fim, o último indicador operacional a ser analisado é o Atendimento dos Kanbans. Este índice mede a eficiência do supermercado em funcionar como fornecedor de peças, tanto para a expedição quanto para processos internos de caldeiraria. Cada vez que um destes clientes mencionados necessita de uma peça em supermercado e esta não está disponível, o processo conta como não conformidade. Este indicador é apontado pelo próprio cliente e é calculado da seguinte maneira:

Atendimento dos Kanbans = 1 – (total de não conformidades no mês / total de requisições de peça)

Como já mencionado, este é um indicador de granularidade mensal. Seguem na figura 8 os resultados obtidos.

Atendimento dos Kanbans - Geral

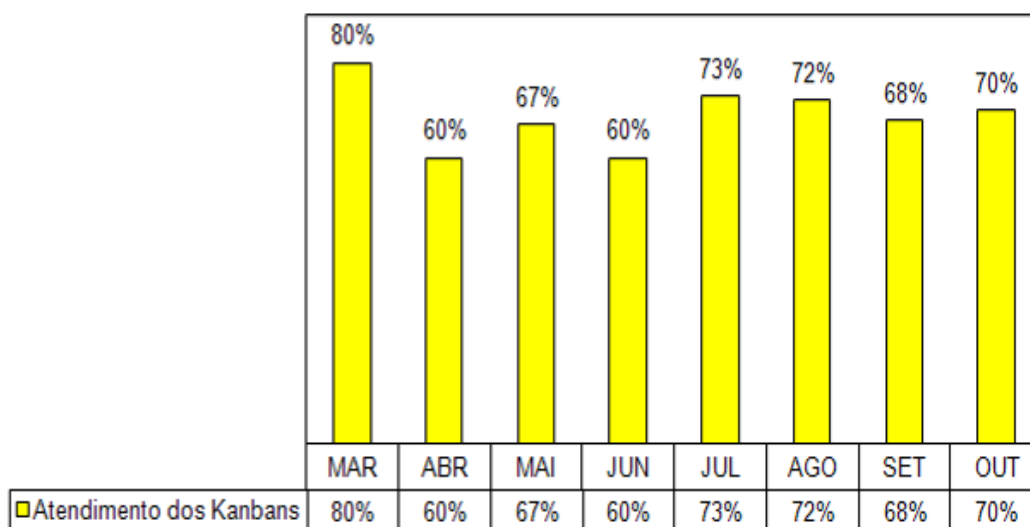


Figura 8 – Atendimento dos Kanbans

Nota-se pelo gráfico que este índice, apesar de diretamente relacionado com as melhorias do método, sofreu apenas uma pequena evolução, assim como já havia ocorrido em menor escala ainda no primeiro indicador analisado. Isso se deve ao fato do volume ajustado ser relativamente pequeno em relação ao universo total de peças em *kanban*.

Assim como já mencionado nas análises anteriores, vários fatores podem influenciar os resultados obtidos, sem, no entanto, descartar totalmente a influência do redimensionamento na evolução, haja visto que o correto dimensionamento do estoque necessário para a reposição dos itens e o acerto do giro inicialmente projetado estão diretamente ligados a esta mesma evolução.

5. Conclusão

Com o desenvolvimento avançado dos sistemas de informação das empresas, a obtenção das medidas de desempenho operacionais utilizadas neste trabalho tornou-se viável, e o redimensionamento do supermercado a partir destas surgiu como mais um passo na eliminação sistemática de desperdícios em empresas de manufatura enxuta, como foi comprovado pela aplicação do método proposto por este autor. Ressalta-se que o sistema de informação avançado da empresa foi de fundamental importância no desenvolvimento deste método.

A aplicação pode ser considerada como positiva, visto que ao longo do método foram identificados os itens cujo comportamento apresentava-se fora do projetado e estes foram corretamente ajustados. É importante notar que o redimensionamento não é a única alternativa para que os itens possam ter seu desvio reduzido, e deve ser usado apenas como uma das opções. Assim como descrito no método e observado na prática, a identificação e solução de problemas que possam estar desviando os itens do padrão devem ser utilizadas como primeira opção sempre. Desta maneira, as causas raízes são eliminadas e o processo de melhoria contínua e sustentabilidade fortalecem-se. Ao alterar cegamente os parâmetros identificados, a empresa estará sendo conivente com os erros praticados.

A escolha de poucos itens para análise apresentou-se correta, pois a análise de problemas discutida acima demanda tempo e atenção de vários envolvidos e deve ser de caráter particular.

Foi feita a análise de alguns indicadores de desempenho globais e operacionais da empresa e procurou-se estudar a influência do método de redimensionamento proposto nos seus resultados. Para os indicadores de resultado globais e um dos indicadores operacionais, foi notada uma pequena evolução dos seus índices. No entanto, ressalta-se que o apesar do volume dos itens envolvidos no redimensionamento ser pequeno em relação ao universo total das peças em circulação e produção na empresa, acredita-se que a melhoria em determinados itens críticos é amplificada para uma quantidade maior de peças, visto que a capacidade de alguns recursos estratégicos passa a ser melhor aproveitada e reposições críticas de emergência deixam de ser rotina na empresa.

Nota-se também que vários fatores externos, como outras melhorias implementadas, também respondem por grande parte da evolução dos índices analisados.

Por fim, para o indicador operacional específico de uma célula estudada, os resultados positivos puderam ser claramente observados, haja visto que a participação das peças cujo supermercado foi redimensionado é extremamente maior do que no caso dos indicadores globais. Além disso, uma dos grandes fatores responsáveis pelo relativamente baixo nível inicial do indicador foi diretamente eliminado pela aplicação do método, fazendo com que o resultado, neste caso, tenha sido tão claro e acima das expectativas do trabalho.

6. Bibliografia

CARPINETTI, L.C.R. (2000). *Proposta de um Modelo Conceitual para o Desdobramento de Melhorias Estratégicas Gestão & Produção*, v.7

CORRÊA, H. L., GIANESI, I. G. N. (1993) *Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico*. 2 ed. São Paulo: Editora Atlas

FORZA, C. ; SALVADOR, F. (2000) . *Assessing Some Distintive Dimensions of Performance Feedback Information in High Performing Plants Int. J. of Operations & Production Management* , v.20.

FUJIMOTO, T. (1999) *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. New York: Orford University Press.

GODINHO FILHO, M., FERNANDES, F. C. F. (2004) *Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. Gestão e Produção*, São Carlos, v.11

IMAI M.. (1996) *Gemba Kaizen: estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica*. São Paulo: IMAM

LIKER, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.

MASKELL, B.H. (1991). *Performance Measurement for World Class Manufacturing*. New York, Productivity Press.

MASKELL, B.H. (2004). *Practical lean accountings*. New York, Productivity Press

MARTINS, R.A. (1999) . *Sistema de Medição de Desempenho: um modelo para estruturação do uso* São Paulo, Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

- MONDEN, Y. (1998). *Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time*. 3. ed. Industrial Engineering and Management Press.
- MORAES NETO, B.R. (1998) *Fordismo e Ohnoísmo: Trabalho e Tecnologia na produção em massa. Estudos Econômicos*,
- NAZARENO, R. R. (2003). *Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta* . São Carlos, 2003. 167p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- NEELY, A. ; GREGORY, M. e PLATTS, K. (1995) . *Performance Measurement System Design - A Literature Review and Research Agenda*. Int. J. of Operations & Production Management , v.15,
- NEELY, A. ; RICHARDS, H. ; MILLS, J. ; PLATTS, K. ; BOURNE, M. (1997) . *Designing Performance Measures: a structured approach* Int. J. of Operations & Production Management , v.17
- OHNO, T. (1997). *O sistema Toyota de produção – além da produção em larga escala*. Bookman.
- RENTES, A. F.; VAN AKEEN, E. M.; ESPOSTO, K. F. (2001). *Processo de desenvolvimento de um sistema de medição de desempenho baseado em uma metodologia de transformação organizacional*. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP 2001, 21º, Salvador.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. (2002). *Criando fluxo contínuo*. Versão 1.0. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. (1998). *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. 1. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil.

SILVA, T. F. A. *Estudo sobre Sistema de Medição de Desempenho Baseado nas Ferramentas da Produção Enxuta*. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2007.

SLACK, N. (1993), *Vantagem Competitiva em Manufatura - atingindo competitividade nas operações industriais* São Paulo, Editora Atlas.

SLACK, N. et al. (2002). *Administração da Produção*. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas*. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. (1990) *A máquina que mudou o mundo*.

Tradução de Ivo Korytovski. Rio de Janeiro: Campus