

A INFLUÊNCIA DO IROG NA GESTÃO E MELHORIA CONTÍNUA DOS EQUIPAMENTOS E PROCESSOS: ESTUDO DE CASO EM UMA CÉLULA DE MANUFATURA NA EMPRESA MASTER SISTEMAS AUTOMOTIVOS LTDA.

Maichel Chisté¹

Resumo: Este trabalho tem como objetivo descrever e analisar a utilização do índice de rendimento operacional global – IROG como forma de gestão e melhoria contínua de equipamentos. O objetivo geral busca uma forma de focalizar a ação de gestão das rotinas e das melhorias, nos pontos críticos do sistema, que são os recursos gargalos e os recursos com capacidade restritiva e também os pontos que geram refugo e retrabalho. O presente trabalho revisa os conceitos do sistema Toyota de produção, bem como seus objetivos descritos por Onho (1997), seus dois principais pilares de sustentação o *Just in Time* e a automação, seguido das seis grandes perdas de Nakajima, - *Total Productivity Maintenance* (TPM) operação padrão, tipologia de parada e técnicas de coleta de dados para uma melhor acuracidade das informações. Também fizeram parte dessa revisão bibliográfica o desdobramento dos Índices de disponibilidade, *performance* e qualidade que fazem parte da análise e gestão dos postos de trabalho conforme apresentado por Antunes (2008) os modelos de cálculo segundo Hansen (2006), a diferenciação dos recursos gargalos que utilizam a forma de gestão e cálculo *Total Effectiveness Equipment Performance* (TEEP) e os recursos com capacidade restritiva os CCRs que utilizam o cálculo do *Overall Equipment Efficiency* (OEE). O estudo de caso realizado na indutora 02 na célula do eixo expensor, apresentou melhorias significativas no indicador de IROG, sendo que os resultados obtidos neste equipamento deve-se a melhorias no índice de disponibilidade e *performance*.

Palavras-chave: IROG. Gargalos. Sistema Toyota de Produção.

Abstract: This study aims to describe and analyze the use of overall operational income index – IROG as a form of management and continuous improvement of equipment. The overall objective sought a way of focusing the action of management routines and improvements, critical points in the system, with restricted capacities capacity and also the points that generate scrap and rework. The present work reviews the concepts of the Toyota production system, and their objectives described by the just in time, and automation followed by the six big losses the Nakajima, TPM – total productivity maintenance, standard operating, typology of stop and data collection techniques for better accuracy of the information. Also were part the breakdown of literature review of the indices of availability performance and quality that are part of the analysis and management of the jobs as presented by Antunes (2008) The model calculation according Hansen (2006), differentiation of resources bottleneck using the form of management and calculation TEEP – total effectiveness equipment performance and resources with capacity restrictive- CCR's, using the calculation of OEE – overall equipment efficiency. The case study in inductor two, the cell the shaft expander presents significant improvements the IROG indicator, considered and the results obtained in this equipment was due to improvements in the indication of the availability and performance.

Keywords: Indication of overall operation performance. Bottlenecks. Restrictive capacity

1 INTRODUÇÃO

A análise da eficiência dos equipamentos produtivos é um tema relevante no contexto das empresas industriais. Uma discussão consistente deste tema necessita da explicação de um conjunto de conceitos relacionados à eficiência dos sistemas produtivos, tendo como pano de fundo os princípios do Sistema Toyota de Produção, particularmente as noções de mecanismo da função produção e o índice de eficiência operacional global dos equipamentos bem como os conceitos das teorias das restrições em especial os gargalos

produtivos e de Recursos com Capacidade Restrita (CCRs). No caso do presente artigo o trabalho foi realizado em uma empresa do ramo metal mecânico.

Este artigo está estruturado em três partes, sendo a primeira parte a revisão bibliográfica que suporta a fundamentação do objetivo, que, por sua vez, consiste em como focalizar as ações da rotina nos postos de trabalho críticos a partir da análise sistêmica dos indicadores de IROG, considerando os conceitos apresentados por Onho (1997) e Antunes (2008), os objetivos do STP e suas principais ferramentas que auxiliam no combate as perdas conforme definido por Nakajima (1989) e por fim a identificação de recursos produtivos e os modelos de cálculo aplicado a cada recurso. A parte dois descreve o método de pesquisa, que compreende inicialmente pelo delineamento da pesquisa; em seguida serão abordadas as técnicas de coleta de dados e análise dos dados e por fim, as considerações sobre a limitação do método. Em seguida a parte tres onde será realizada a análise dos dados obtidos no período de estudo e os principais índices de forma detalhada e por fim uma análise comparativa com base nos anos anteriores comparando-se ao ano de 2011 e considerações finais.

A principal justificativa para o tema proposto está apoiada na dificuldade de analisar as reais condições atuais de utilização dos recursos produtivos. Estas dificuldades tendem a impedir a adequada utilização dos recursos produtivos que, se comparado a outros países como Estados Unidos e Japão, tem caráter estratégico na busca da redução de custos dos produtos, bem como na melhoria e manutenção da produtividade.

A utilização do indicador de IROG permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus equipamentos. Essas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes nos equipamentos, envolvendo índices de disponibilidade, performance e qualidade. Segundo Jonsson, P. Lesshammar (1999), a medição da eficiência global de equipamentos pode ser aplicada de várias maneiras na fábrica. O IROG permite, a partir de uma medição simplificada, indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias, bem como pode ser utilizado como *Benchmark*, permitindo quantificar as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo. A análise do IROG de um grupo de máquinas de uma linha ou célula de manufatura nos permite identificar o recurso com menor eficiência, possibilitando, desta forma, focalizar esforços neste recurso.

Cabe ressaltar que o problema de pesquisa deste estudo consiste em demonstrar a existência de um indicador capaz de envolver e integrar os diferentes atores que trabalham junto ao posto de trabalho e como este indicador pode auxiliar na lógica de gerenciamento da rotina e das melhorias no posto de trabalho da empresa, sendo objetivo geral focalizar as

ações de gestão das rotinas e melhorias nos pontos críticos do sistema, que são os gargalos, os CCRs e os pontos que geram refugos e retrabalhos e tendo como objetivos específicos utilizar um medidor de eficiência nestes postos de trabalho que permita e estimule a integração entre produção, qualidade, manutenção, processo, avaliando os postos de trabalho críticos levando em consideração os indicadores e os respectivos planos de ação de melhorias e identificar as principais causas de ineficiência dos equipamentos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Os objetivos do Sistema Toyota de Produção

Frequentemente é utilizada a palavra eficiência ao falar sobre o assunto produção. Eficiência nas indústrias de hoje em dia significa redução de custos. Na Toyota, da mesma forma que todas as outras indústrias manufatureiras, o lucro só pode existir com a redução de custos. Quando aplicamos o princípio de custo, preço de venda = lucro + custo real, fazemos o consumidor responsável por todo o custo. Esse princípio não tem lugar na atual indústria automotiva (ONHO, 1997).

Segundo Onho (1997), a redução de custos deve ser o objetivo de todos os fabricantes de bens de consumo que tem por objetivo se manter no mercado atual. Durante um período de crescimento econômico, qualquer fabricante pode conseguir custos mais baixos com um volume de produção maior, porém, em contrapartida, nos períodos de baixo crescimento qualquer forma de redução de custos é mais difícil. Não existe método mágico, ao invés disso, é necessário um sistema de gestão total que desenvolva a habilidade humana até sua mais plena capacidade, para utilizar bem instalações e máquinas, eliminando todos os desperdícios.

2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)

O objetivo principal da TPM é fazer com que os operadores se envolvam e participem mais utilizando toda a experiência para pequenas correções como um simples aperto de parafuso, limpeza de filtros, uma troca de correia entre outros. A essência da TPM é atacar a causa raiz dos problemas e não apenas mascará-lo, pois uma máquina que é acompanhada pelo seu operador tem bem menos chance de sofrer pequenas paradas geradas por defeitos simples.

A TPM envolve não somente a qualidade técnica do equipamento, mas também a busca pela melhoria contínua no sentido de conscientizar o operador da importância do bom desempenho do equipamento para a empresa. (TAVARES, 1996, p. 51 *apud* Chiaradia, 2004) divide os objetivos do TPM em cinco importantes pontos: a) maximização do IROG do equipamento; b) enfoque sistêmico e globalizado, no que diz respeito ao ciclo de vida do próprio equipamento; c) participação e integração de todos os departamentos envolvidos, como PCP, manutenção e produção; d) envolvimento de todos os níveis hierárquicos da empresa; e) colaboração das atividades de voluntariado desenvolvidas pelos grupos; além da criação de um ambiente propício para o desenvolvimento desses trabalhos.

Depois de implementada a metodologia TPM, segundo Nakajima, (1989) os resultados são obtidos após três anos, que é o tempo necessário para implementação completa das 12 etapas da metodologia. Estas doze etapas estão distribuídas em três fases: preparação, implementação e estabilização.

Na etapa dois, aplicam-se os oito princípios do desenvolvimento da TPM: a) desenvolver um programa de manutenção autônoma; b) desenvolver um programa de melhoria específica; c) desenvolver um programa de manutenção planejada; d) desenvolver um programa de educação e treinamento; e) desenvolver um programa de controle inicial; f) desenvolver um programa de manutenção da qualidade; g) desenvolver programa para otimizar a eficiência das áreas administrativas; h) desenvolver um programa de controle da segurança, saúde e meio ambiente.

Na avaliação dos resultados da aplicação da metodologia TPM, são utilizados indicadores divididos em seis categorias: Produtividade (P); qualidade (Q); custo (C); tempo de entrega (E); segurança/saúde/meio ambiente (S) e moral (M) (SHIROSE, 2000). Esses indicadores, que são as saídas do sistema, são maximizados a partir da utilização adequada e eficiente das entradas do sistema que são: homem, máquina, material, dinheiro e método, conhecidos como os cinco M (*Man, Machine, Material, Money, Method*).

2.3 O Índice de Rendimento Operacional Global dos Equipamentos – IROG

Em uma indústria, a capacidade de um determinado equipamento ou posto de trabalho, representa a oferta de tempo disponível para a execução da produção, encontrando-se relacionada à função operação (ANTUNES 2008).

Esta unidade, em unidade de tempo, pode ser genericamente representada pela equação 01.

$$C = T_t \times \mu_g \quad (01)$$

Em que:

C = capacidade do equipamento

T_t = tempo total disponível para a produção

μ_g = índice de rendimento operacional global do equipamento

De acordo com uma forma de raciocínio semelhante, a demanda de um tempo para a realização da produção de produtos, nesse mesmo equipamento, está muito relacionada à função processo, podendo ser calculada a partir da equação 02.

$$D = \sum_{i=1}^n t_{pi} \times q_i \quad (02)$$

Em que:

D = demanda de produtos no equipamento (unidade de tempo)

T_{pi} = taxa de processamento do item i no equipamento (unidade de tempo por unidade de produção)

q_i = quantidade produzida do item i no equipamento (unidade de produção)

Segundo Antunes (2008), para equipamentos que processam apenas uma peça de cada vez, a taxa de processamento do item (tp) é igual ao tempo de processamento ou tempo de ciclo de uma peça. Já que para equipamentos como fornos contínuos ou de batelada, cabines de pintura contínuas, entre outros, em que várias peças ou itens estão sendo processadas simultaneamente, a utilização da taxa de processamento é necessária. Intuitivamente, pode-se dizer que em um recurso-gargalo, a capacidade de produção é igual à demanda por produtos no equipamento, dessa forma C = D e obtém-se a equação 03.

$$T_t \times \mu_g = \sum_{i=1}^n t_{pi} \times q_i \quad (03)$$

Se isolar-se o coeficiente de eficiência, pode-se obter a equação 04, que define o índice de rendimento operacional global do equipamento ou máquina.

$$\mu_g = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi} \times q_i}{T_t} \quad (04)$$

Com base na equação 04, pode-se dizer que o tempo total pode ser estabelecido de acordo com a necessidade de utilização do equipamento. Em outras palavras, esse tempo total deve ser considerado de forma distinta em função de este recurso ser considerado gargalo ou não (ANTUNES, 2008). Se o recurso for gargalo, torna-se necessário considerar a chamada produtividade total efetiva do equipamento, ou na terminologia inglesa *Total Effective Equipment Productivity* (TEEP). Nesse caso, a ideia central é que o tempo total disponível para um recurso crítico gargalo seja o tempo total passível de ser alocado ao equipamento. Dessa forma, é possível afirmar que não deve ser excluído nenhum tipo de parada programada, sendo assim a situação ideal seria considerar as 24 horas diárias

disponíveis, durante sete dias por semana, caso a demanda no mercado justifique (ANTUNES, 2008).

Se o recuso for considerado não gargalo ou recursos não críticos no sistema de produção, torna-se necessário considerar a chamada Eficiência Global do Equipamento, ou na terminologia em inglês, *Overall Equipment Efficiency* (OEE). Para os equipamentos ou recursos não críticos, o tempo total disponível é calculado subtraindo-se o tempo total das chamadas paradas programadas, esta distinção é necessária, pois os recursos não críticos não precisam e não devem funcionar em tempo integral. Caso contrário, isso levaria, segundo o que propõe a teoria das restrições, à constituição de estoques em excessos nos sistemas produtivos (ANTUNES, 2008).

2.4 As Seis Grandes Perdas de Nakajima

Segundo Chiaradia (2004) podemos classificar as perdas em seis grandes grupos que são eles: a) Perdas por Quebra; b) Perdas por *Setup* e Regulagens; c) Perdas por Ociosidade e Pequenas Paradas; d) Perdas por Redução de Velocidade; e) Perdas por problemas de qualidade e retrabalhos; f) Perdas por Queda de Rendimento.

A Eficiência Global dos Equipamentos ou OEE, considerada como a evolução métrica do processo TPM, é mensurada a partir da estratificação das seis grandes perdas, e calculada a partir do produto dos índices de disponibilidade, *performance* e qualidade (CHIARADIA, 2004).

$$OEE = D \times P \times Q \quad (5)$$

Em que: D = Disponibilidade, P = Performance e Q = Qualidade.

As seis grandes perdas dos equipamentos estão relacionadas aos três índices que formam o cálculo de IROG. Em que: Quebra, falhas, *Setup* e regulagens fazem parte do índice de disponibilidade, as perdas relacionadas à Performance são Paradas com tempo inferior a três minutos e perda no ritmo produtivo, enquanto que o índice de qualidade é composto pelas perdas por peça rejeitada.

O Índice de Disponibilidade representa a relação existente entre o tempo total disponível do equipamento, dependendo do período de análise que pode ser diário, semanal ou mensal, também chamado de tempo de carga, com o tempo em que o equipamento efetivamente ficou em operação.

O tempo de carga resulta da diferença entre o tempo de jornada de trabalho e tempo de paradas programadas pela produção representada por manutenções programadas,

manutenções preventivas, tempo de descanso, limpeza do equipamento, treinamentos, entre outras concessões. As paradas programadas não são consideradas no cálculo de eficiência. As paradas não programadas são devido às perdas, quebra e *setups* ou regulagens (CHIARADIA, 2004).

A partir do momento em que se obtenha os dados necessários para a realização dos cálculos de eficiência, algumas equações devem ser consideradas para atingir um número confiável (ANTUNES; KLIPPEL, 2001). A equação 06 apresenta a fórmula do cálculo do IROG dos postos de trabalho:

$$\mu \text{ global} = \frac{\sum_{i=1}^N tp \times q}{T} \quad (06)$$

Em que:

tp = tempo de ciclo ou tempo padrão do produto i

q = quantidade do produto i

T = tempo disponível

Conforme Antunes e Klippel (2001), o IROG não deve ser calculado da mesma forma para todos os postos de trabalho, uma vez que o tempo disponível T , a ser considerado na fórmula, depende do posto de trabalho ser ou não um recurso restritivo no fluxo de produção. Dessa maneira, o cálculo do IROG é feito considerando: a) Se o posto de trabalho é um recurso crítico gargalo: O tempo T considerado na equação 4 é o tempo total – no caso dos recursos críticos gargalo, 24 horas/dia ou 1440 min/dia; b) Se o posto de trabalho é um recurso crítico não gargalo *Capacity Constraints Resources* – Recurso com Restrição na Capacidade (CCRs). Recursos com Problemas de Qualidade (RPQs): O tempo T considerado na equação 4 é o tempo disponível, obtido pela diferença entre o tempo total e o tempo das paradas programadas. Por não se tratar de um posto de trabalho gargalo, é possível programar certas paradas como parada para almoço, ginástica laboral, entre outras.

2.5 Tipologias de paradas e técnicas para coleta de dados

Segundo Hansen (2006), uma boa coleta de dados é o principal fator para o sucesso da estratégia do cálculo de IROG. O sucesso de várias fábricas é afetado enormemente por como a acuracidade das informações são coletadas e analisadas eficientemente.

A coleta de dados pode ser obtida por um método manual ou automático. Conforme abordado por Ljungberg (1998), a coleta dos dados utilizados nos cálculos de eficiência é de acuracidade duvidosa, quando coletados e registrados manualmente em formulários pelos operadores. É necessário um cuidado maior durante a implementação do

cálculo, até que se estabeleça a acuracidade desejada. Além disso, é imprescindível construir uma relação de confiança entre a chefia e os operadores, uma vez que essas coletas podem ser vistas como uma forma de encontrar culpados para os problemas existentes, e não como uma forma de monitoração e melhoria contínua da eficiência global.

Conforme Hansen (2006), deve-se obter a quantidade mínima de informações necessárias por produtos a serem coletadas para iniciar análises do OEE, de modo que seja possível estudar as atividades de melhoria no equipamento, são: quantidade de peças produzidas por produto; quantidade de peças retrabalhadas e sucateadas; informações dos tempos de ciclo atual e de engenharia por produto; tempos de parada do equipamento; tempo de produção por produto; horário de trabalho por produto (início e término); nome dos operadores; data de produção e código do produto.

A forma mais adequada de garantir a acuracidade das informações seria a coleta eletrônica, que minimiza a manipulação dos tempos de parada, visto que o sistema registra os tempos de início e fim das interrupções. Mesmo assim ainda há uma brecha no que se refere à acuracidade das informações que são alimentadas no sistema, pois ainda está na mão do operador registrar os motivos de parada (LJUNGBERG, 1998).

2.6 Gargalos e os CCRs

Um dos pontos centrais para aprofundar o entendimento do comportamento da função processo consiste em diferenciar dois tipos de recursos que restringem os fluxos de materiais no sistema produtivo e, portanto, o desempenho econômico e financeiro da empresa de maneira global: os gargalos e os Recursos com Capacidade Restrita ou os chamados *Capacity Constraints Resources* (CCRs) (ANTUNES, 2008, p.110).

Os gargalos constituem-se nos recursos cuja capacidade disponível é menor que as capacidades necessárias para atender às ordens demandadas pelo mercado, ou seja, são recursos cuja capacidade instalada é inferior à demanda do mercado em um período de tempo, geralmente longo, considerado para análise. Caso existam vários recursos que apresentem capacidade inferior a sua demanda, o gargalo principal será aquele recurso que se encontra com valores de déficit de capacidade mais negativo.

Algumas características relacionadas ao gargalo são:

- a) na prática, se, no curto prazo não forem realizadas atividades de melhorias, os gargalos tendem a permanecer no mesmo lugar, o conceito de gargalo é de cunho estrutural;

- b) os gargalos existentes na fábrica tendem a serem poucos e muitas vezes, podem se reduzir a somente um por um período considerável de tempo;
- c) para que o gargalo seja modificado, são possíveis tanto ações que permitam aumentar a capacidade do recurso, como ações para reduzir a demanda dos produtos que passam por este recurso.

Já os CCRs são aqueles recursos que, em média, têm capacidade superior à necessidade do mercado ou superior a necessária, mas que, em função das variabilidades que ocorrem nos sistemas de produção ou devido a variações significativas da demanda, podem conjuntamente apresentar restrições de capacidade.

Algumas das causas que produzem variabilidades nos sistemas produtivos e que, portanto, são consideradas CCRs são:

- a) problemas associados à deficiência no processo de seqüenciamento da produção e pode ser considerada uma das causas mais frequentes, em função das dificuldades objetivas que as empresas têm de realizar um sequenciamento eficaz de seus recursos produtivos;
- b) *mix* de produção, alterações dos clientes, entre outros;
- c) problemas relativos à manutenção dos equipamentos; questões relacionadas a tempo de *setup*;
- d) problemas associados à falta de matéria-prima e componente;
- e) problemas relacionados à qualidade dos produtos;
- f) variabilidade e sazonalidade de demanda.

As características que definem os CCRs de modo mais direto podem ser compreendidas a partir dos seguintes pontos:

- a) os CCRs são conjunturais. Nesse sentido, tendem a ocorrer ao lado de um conjunto significativo de recursos que, ao longo do tempo considerado, podem mudar com frequência. Este fato intrínseco aos CCRs, é que gera a percepção errônea de que os gargalos estão todo o tempo mudando de lugar na fábrica;
- b) os CCRs estão diretamente relacionados às variabilidades nos sistemas produtivos ou grandes variações de demanda que lhe são impostas.

Conforme Antunes (2008), no caso do recurso CCR, é um equívoco mencionar a necessidade de aquisição de máquinas ou equipamentos, com o objetivo de equacionar os problemas conjunturais que existem nos sistemas produtivos. No caso dos CCRs, a ideia

básica consiste em gerir de forma cada vez mais eficiente os recursos já existentes, uma vez que os problemas existentes normalmente podem ser resolvidos sem a aquisição de novos ativos.

2.7 Teoria das Restrições (TOC)

Claramente a geração da TOC, na área da administração da produção, foi concebida a partir de uma óptica dedutiva, tendo como pressuposto implícito a utilização da teoria geral de sistemas, o que é coerente com a formação profissional da personagem que a formulou, Eliyahu Goldratt, um doutor em física (ANTUNES, 2008). Segundo Antunes (2008), a meta da empresa consiste em ganhar dinheiro hoje e no futuro, porém esta meta é inviável de ser mensurada diretamente. Portanto é necessário inter-relacionar a meta da empresa e os indicadores, tornando necessário a criação e definição de indicadores que possam auxiliar, tanto qualitativamente como quantitativamente, na esfera da tomada de decisões da empresa.

Goldratt e Fox (1989) afirmam que a lógica do Tambor, Pulmão e Corda (TPC) reconhece que esta restrição fornecerá o índice de produção da fábrica inteira. Portanto, os recursos com menor capacidade dos gargalos devem prover o ritmo da produção, ou seja, metaforicamente deve ser considerados o tambor da fábrica. Uma vez identificado o recurso crítico o Tambor, os recursos que antecedem o mesmo serão puxados com um ritmo igual, ou um pouco superior, ao ritmo da restrição. Esta representa a programação para trás. Após os gargalos, os componentes serão empurrados até o final do sistema produtivo, representa a programação para frente (GOLDRATT; FOX, 1989).

É evidente que os recursos restritivos, representados pelos tambores, devem receber um tratamento especial na fábrica. Estes recursos críticos determinam, em grande parte, o desempenho econômico financeiro do sistema como um todo. Assim sendo, o Tambor deve ser protegido quanto aos eventuais problemas que possam ocorrer nas máquinas que o antecedem. Esses problemas podem ser exemplificados como variabilidades de tempos de processo, problemas associados à qualidade, quebra de máquinas, falta de matérias-primas, entre outros (GOLDRATT; FOX, 1989).

O objetivo da Corda consiste em sinalizar a necessidade de entrada de materiais para a alimentação do gargalo e dos pulmões que antecedem as linhas de montagem. Ou seja, consiste na liberação de necessidade de materiais somente na quantidade e na hora certa. Esta lógica assemelha-se ao *Kanban* de disparo. O elemento Corda tem a função de

limitar o índice pela qual a matéria-prima é liberada para a fábrica (GOLDRATT; FOX, 1989). Segundo Antunes (2008, p.112), com o objetivo de atingir a meta nas empresas a Teoria das Restrições define a utilização de cinco passos de focalização para melhoria do gerenciamento do processo produtivo descritos abaixo:

- a) identificar a restrição do sistema;
- b) decidir como explorar, da melhor forma, a restrição do sistema, se a restrição é interna, ou seja, se existe gargalo, a melhor decisão consiste em maximizar o Ganho no gargalo;
- c) subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior à lógica deste passo, independentemente de onde esteja a restrição (externa ou interna);
- d) elevar a capacidade das restrições do sistema;
- e) não permitir que a inércia seja a restrição do sistema.

3 METODOLOGIA

3.1 Método (s) de pesquisa

O método que foi utilizado na pesquisa é o estudo de caso de caráter exploratório, com a utilização de técnicas qualitativas e pesquisa documental. A pesquisa exploratória, como o próprio nome já diz, é a mais apropriada para os estágios iniciais do estudo, quando o pesquisador busca entendimento sobre o tema. Ela visa a prover ao pesquisador maior conhecimento sobre o tema ou problema de pesquisa em perspectiva (MATTAR, 1996).

Conforme Mattar (1996), este tipo de pesquisa é apropriado para os seguintes objetivos: a) auxiliar a desenvolver a formulação mais precisa do problema de pesquisa; b) ajudar no delineamento do projeto final da pesquisa; c) classificar conceitos; d) familiarizar e elevar o conhecimento e compreensão de um problema de pesquisa em perspectiva.

Cada vez mais se chega à conclusão que uma pesquisa associada a um estudo de caso está se tornando um importante método de pesquisa para adequação e customização das hipóteses teóricas de melhorias. Isso porque o estudo de caso objetiva investigar a relação entre os eventos fora dos limites dos estudos do laboratório (YIN, 2005).

De acordo com Yin (2005), o estudo de caso é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de

evidencia. Conforme Yin (2005), os estudos de caso representam a estratégia mais utilizada quando se colocam questões do tipo ‘como’ e ‘por que’, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

A pesquisa qualitativa é apropriada para a avaliação formativa, quando se trata de melhorar a efetividade de um programa, ou mesmo quando é o caso da proposição de planos. A pesquisa qualitativa não mede eventos nem procura medir eventos estudados, nem emprega material estatístico na análise de dados (ROESH, 1999, GODOY, 1995).

De acordo com Gil (1999), a pesquisa documental assemelha-se muito com a pesquisa bibliográfica. A única diferença entre ambas está na natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica utiliza-se fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinados assuntos, a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou, ainda, podem ser modificados de acordo com os objetivos da pesquisa. Assim, como a questão de pesquisa acontece em eventos contemporâneos e não exige controle sobre os eventos, optou-se por desenvolver a pesquisa quanto aos fins em exploratória, quanto aos meios em estudo de caso e quanto à abordagem qualitativa e pesquisa documental.

3.2 Delimitações da população ou do objeto de estudo e amostragem

No projeto não foi avaliada população nem amostra, somente objeto de estudo, uma célula de manufatura composta por 17 equipamentos, sendo três centradeiras, sete tornos, uma conformadora a frio, uma serra fita, duas indutoras e três prensas codificadoras. Na célula operam 14 funcionários por turno, sendo três turnos diferentes. A capacidade atual da célula é de 4500 eixos por dia, considerando os três turnos.

3.3 Técnicas de coleta dos dados

Dados secundários podem ser classificados como dados internos e dados externos no presente estudo é utilizado apenas dados internos. Dados internos são aqueles gerados na organização na qual está sendo realizada a pesquisa. Essas informações podem estar em formato pronto para uso, como as informações fornecidas rotineiramente no sistema de apoio às decisões gerenciais chamado de painel de gestão.

Conforme Hansen (2006), o número mínimo de informações necessárias por produtos para ser coletado e iniciar a análise do OEE, de modo que seja possível realizar um planejamento das atividades de otimização de produção, são: quantidade de peças produzidas por modelo de produto; quantidade de peças retrabalhadas ou mortas; tempo de ciclo atualizado; tempo de parada do equipamento; tempo de produção; horários de trabalho por turnos (início e fim); nome dos operadores; data de produção e código do produto. Os métodos de coleta de dados relativos aos motivos de paradas ou quaisquer anomalias no processo está dividido em automático e manual, são abordados comparativamente, porém o método manual é abordado com maior ênfase por se tratar do método atualmente mais utilizado pela empresa.

3.4 Técnicas de análise dos dados

A análise de dados consiste em examinar, categorizar ou recombinar de outras formas as evidências, de forma a responder às proposições do estudo. A qualidade dos resultados depende em boa parte do rigor do pesquisador, bem como da apresentação suficiente de evidências e considerações (YIN, 2005). Como se trata de uma pesquisa qualitativa, a análise dos dados foi realizada por meio da análise de conteúdo, sempre visando à ligação com os aportes teóricos utilizados para realização deste trabalho. Para se abordar a análise documental é importante classificar alguns conceitos, como dado, documento e análise:

- a) análise: em investigação educativa, de uma forma geral, consiste na detecção de unidades de significado num texto e no estudo das relações entre elas e em relação ao todo (FLORES, 1994);
- b) dado: um dado suporta uma informação sobre a realidade, implica elaboração conceptual dessa informação e o modo de expressá-la que possibilite a sua conservação e comunicação (FLORES, 1994);
- c) documento: impressão deixada em um objeto físico por um ser humano e podem apresentar-se de diversas formas, como gravuras, manuscritos e documentos em geral de forma impressa (BELL, 1993).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Análise Global dos Equipamentos - μ g Indutora 02

O gráfico 1 mostra a evolução dos indicadores de IROG global (μ g) na indutora 02, a meta para esse indicador é de 74%. Nesse índice, o ganho no período avaliado foi de 25 pontos percentuais, isso só foi possível devido a planos de ação realizados, combatendo os principais motivos de perdas no processo e com as análises sistêmicas dos dados que permitiu acompanhar o recurso restritivo da melhor maneira possível, retirando sua capacidade máxima de produção. Os principais ganhos foram no índice e disponibilidade e *performance*, conforme pode-se ver com mais detalhes nas seções seguintes.

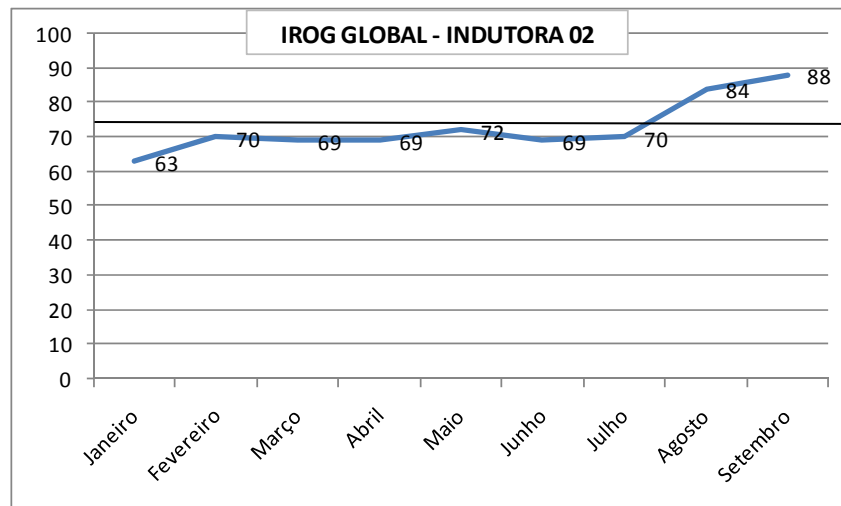


Gráfico 1: Evolução do indicador de IROG global na Indutora 02

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

4.2 Análise dos indicadores de disponibilidade - μ 1- Indutora 02

O índice de disponibilidade como se pode ver no gráfico 02, demonstra a evolução do índice de disponibilidade na indutora 02. Os resultados obtidos foram referentes ao estudo dos gráficos de pareto dos cinco principais motivos de paradas nos últimos nove meses, anotados nos diários de bordo e digitalizados no painel de gestão. A meta para este indicador na indutora 02 é de 84%, e obteve-se um ganho de 14 pontos percentuais no período estudado, conforme se pode ver com mais detalhes nas seções seguintes.

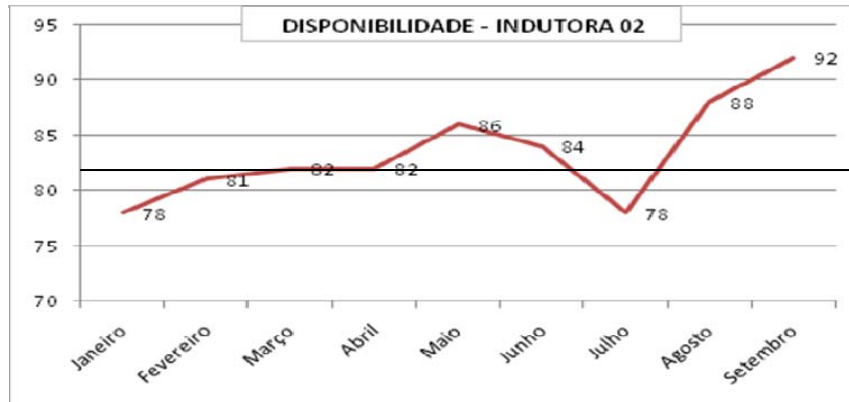


Gráfico 2: Evolução do indicador de disponibilidade da Indutora 02

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

Analisando os paretos de parada, segundo a tipologia utilizada, conforme citado nas etapas anteriores, destacam-se como cinco principais motivos de parada que afetaram o índice de disponibilidade: O motivo 132 – *setup* com 12.163 minutos; o *setup* é bastante elevado em consequência do grande *mix* de produtos em lotes pequenos, porém, teve-se uma redução de 50% nesse índice se comparado a janeiro a setembro 2011, conforme gráfico 3. Obteve-se esta melhoria no *setup* com a realização de planos de ação com a equipe de gestão da unidade de manufatura, realizando treinamento com os operadores no método doutor – enfermeiro vinculado ao método da Troca Rápida de Ferramenta (TRF), *setup* e algumas melhorias na programação do *mix*.

Segundo Antunes, (2008) um dos problemas mais comuns e difíceis de resolver são os problemas relacionados ao *mix* de produção e a sincronização das peças. Na maioria das vezes, é necessário investir em outros tipos de ferramentas como, por exemplo, *softwares* que possam contribuir para o equacionamento do problema.

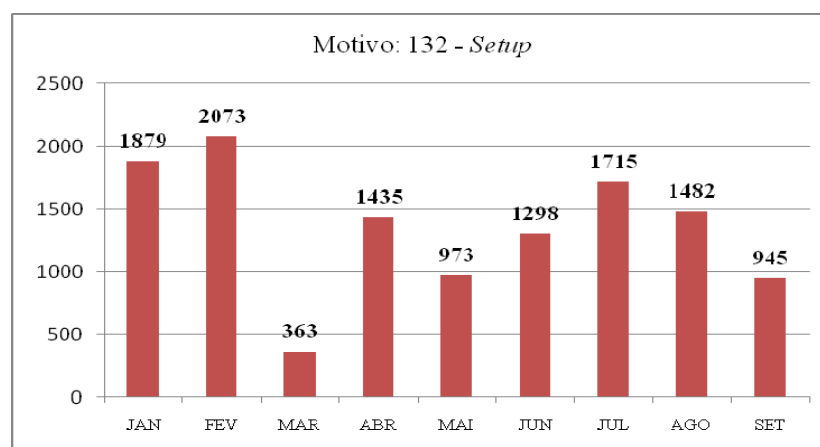


Gráfico 03: Pareto de paradas ocasionadas pelo código 132 – *Setup*, Indutora 02

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

Um das principais causas que geram variabilidade nos sistemas produtivos com restrição de capacidade estão diretamente ligadas a problemas no sequenciamento da produção, que acabam por elevar o número de *setups* devido a falhas na programação (ANTUNES, 2008). Em média são realizados 310 *setups* por dia, conforme analisado no período de janeiro a setembro de 2011, com um tempo médio de 4 minutos cada *setup*.

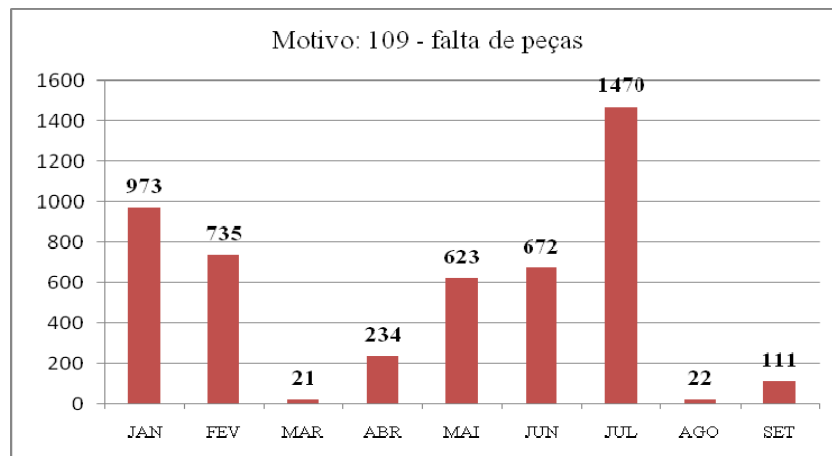


Gráfico 04: Pareto de paradas ocasionadas pelo código 109 – Falta de peça, Indutora 02
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

O motivo de parada código 109 – Falta de peças, representa o não abastecimento de forma contínua de peças por parte das operações 01,02 e 03. De posse desses dados, a gestão desta unidade de manufatura analisou o indicador de IROG dos equipamentos que compõem as operações anteriores, gerando planos de ações, quando aplicáveis. O gráfico 4 apresenta o motivo de parada de código 109 – Falta de peças, que apresentou redução no percentual de paradas nos últimos dois meses da análise. Essa variação ocorre devido a manutenções corretivas nas operações 01 e 02, que é a usinagem dos eixos nos tornos CNC, algumas máquinas estão bem desgastadas devido ao tempo de uso, sendo que para o próximo ano de 2012, já está aprovada o investimento em novos equipamentos que contribuirão significativamente para redução deste indicador.

Segundo Antunes (2008), conforme os cinco passos da TOC, visando a atingir a meta, o passo 04 aponta que, se a restrição for interna, a ideia consiste em aumentar a capacidade de produção dos gargalos ou reduzir a demanda de tempo dos produtos. Esse passo pode ser levado adiante pela adoção de uma série de ações físicas sobre o sistema, como por exemplo, compra de máquinas, redução de tempos na preparação, entre outros.

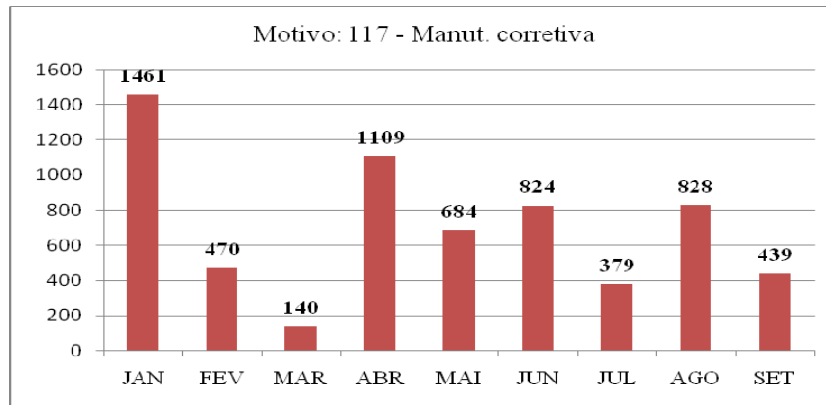


Gráfico 05: Pareto de paradas ocasionadas pelo código 117 – Manutenção corretiva, Indutora 02
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

Conforme demonstrado no gráfico 5, o motivo 117 – manutenção corretiva, permanece instável todo o período da análise, isso ocorre por não haver um plano de manutenção preventiva efetivo, a manutenção ocorre somente no momento da quebra. Por mais que tenha reduzido em mais de mil minutos este indicador comparado janeiro/11 a setembro/11, pode-se constatar nitidamente a falta de um planejamento de manutenção preventiva, no mês que ocorre um valor elevado de manutenção automaticamente no mês seguinte esse valor diminui, assim, sucessivamente.

Segundo Antunes (2008), a manutenção preventiva deve ocorrer de forma programada ou planejada, evitando assim interrupções de emergência, visando a colocar as máquinas em condições satisfatórias de funcionamento. Na prática isso implica ações tais como: inspeção periódica dos equipamentos; lubrificação programada; substituição periódica de componentes críticos e a implementação da manutenção autônoma.

É impossível dizer que sem a Manutenção Produtiva Total (MPT), o sistema Toyota de produção pode não funcionar. De forma geral, isso pode ser observado pela relação entre as seis perdas propostas na MPT e as características básicas do STP, com menos perdas por paradas, isso implica melhoria da sincronização da produção, e os padrões operacionais estabelecidos (ANTUNES, 2008).

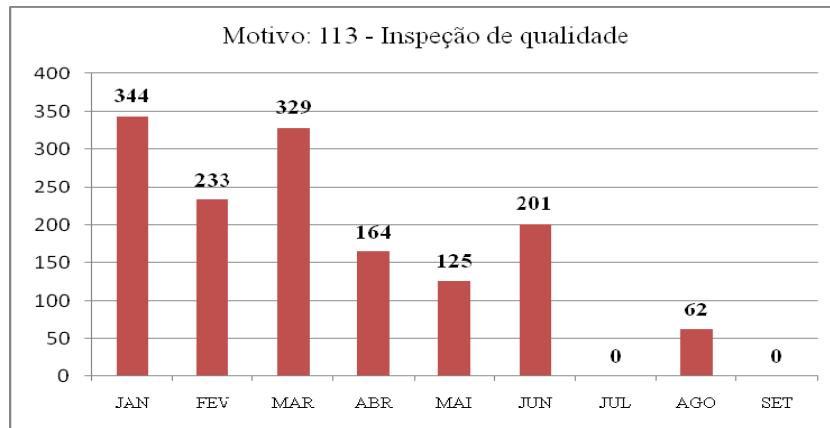


Gráfico 06: Pareto de paradas ocasionadas pelo código 113 – Inspeção de qualidade, Indutora 02
 Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

O motivo de parada 113 – inspeção da qualidade, ocorre quando o operador para o processo de produção para efetuar a medição da peça, conforme determina o plano de controle: uma peça a cada 150 produzidas. A redução deste motivo ocorreu devido à implementação de mais um operador no equipamento exercendo a função de coringa, evitando assim que a indutora fique parada no momento da medição das peças, isso implicou também redução de outros índices como, por exemplo: a tipologia 132 – *setup*; 115 – limpeza; 110 – falta de operador, entre outros. Outro fator relevante que contribuiu de forma positiva foi a implementação da operação padrão, definindo exatamente o que cada operador irá fazer de forma balanceada sem sobrecarga de tarefas.

Segundo Antunes (2008), a operação-padrão objetiva balancear a carga de trabalho na manufatura e estabelecer uma sequência de trabalho padrão, e controlar o inventário visando a manter a menor quantidade para executar uma determinada sequência de trabalho.

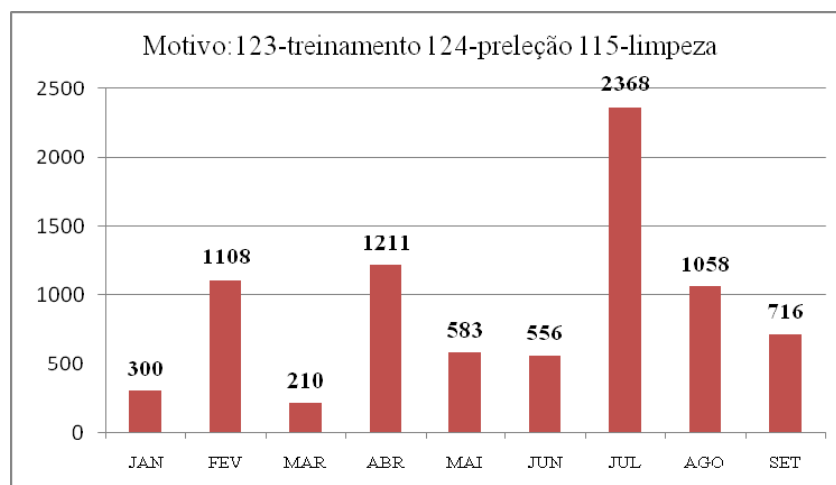


Gráfico 07: Pareto de paradas ocasionadas pelo código 123 – treinamento / 124 – preleção / 115- limpeza
 Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

Os motivos de parada 123 – treinamento; 124 – preleção e 115 – limpeza ficaram com seus valores percentuais considerado aceitáveis, conforme estipulado pela empresa pelo fato de serem atividades fundamentais para manter vários resultados como o indicador de 5`s e informações entre turnos (preleção).

4.3 Análise do Indicador de Performance - $\mu 2$ - Indutora 02

O índice de *performance* foi um dos grandes responsáveis pelo aumento do indicador de IROG na célula do eixo expensor. A meta para este índice é de noventa e três pontos percentuais, sendo que o mesmo índice apresentou uma melhora de 14 pontos percentuais no período estudado, conforme apresentado no gráfico 8.

A maneira com que se analisa a *performance* é um pouco diferente da maneira com que se analisa a disponibilidade, que está embasada nas tipologias de parada. Ao ser feita a análise da *performance*, o cuidado deve ser bem maior no momento da coleta de dados relacionados a perdas por pequenas paradas e diminuição do ritmo de trabalho. Esses cuidados são necessários devido aos apontamentos dessas perdas não serem até então, uma prática regular por parte dos operadores, bem como por não haver todas as tipologias específicas para cada item.

Segundo Antunes (2008, p.134), deve-se atentar para o fato de que o tempo de processamento ou tempo de ciclo de uma peça em um equipamento é composto por um tempo de máquina e por um tempo manual, como, por exemplo: o abastecimento e desabastecimento do equipamento. Para calcular a eficiência da mão de obra torna-se necessário separar o tempo manual do tempo de máquina, para tanto o conceito de automação passa a ser significativamente importante a fim de se determinar o quanto do tempo de ciclo é representado pelo tempo manual do operador.

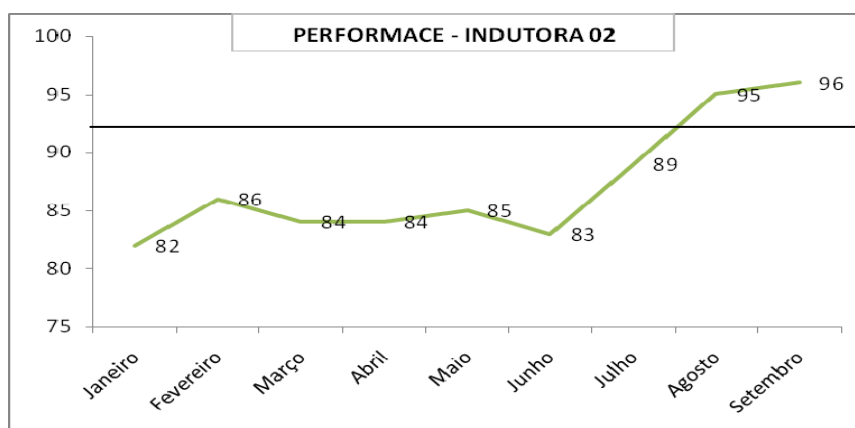


Gráfico 08: Evolução do indicador de performance na Indutora 02

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

As melhorias obtidas no índice de performance relativas às perdas por queda de velocidade estão vinculadas a correções e novas cronoanálises de tempos de ciclo das peças e otimizações dos parâmetros de indução, balanceamento das atividades, conforme proposto pela metodologia da operação-padrão e abertura e fechamento das portas dos equipamentos. Com essas ações, foi possível reduzir as perdas por queda de velocidade, reduzindo-se a diferença entre os tempos de ciclo reais com os tempos de ciclo de engenharia, eliminando essa diferença a partir do mês de junho/11, como apresentado no gráfico 8. Nos meses seguintes, as perdas por *performance* continuaram aumentando, ultrapassando a meta no mês de agosto e setembro.

4.4 Análise dos Indicadores de Qualidade - μ_3 – Indutora 02

Segundo Antunes (2008, p. 209), a perda por fabricação de produtos defeituosos consiste na fabricação de peças, subcomponentes e produtos acabados que não atendem às especificações de qualidade requeridas pelo projeto, ou seja, que não atendem aos requisitos vinculados à qualidade do ponto de vista da conformidade.

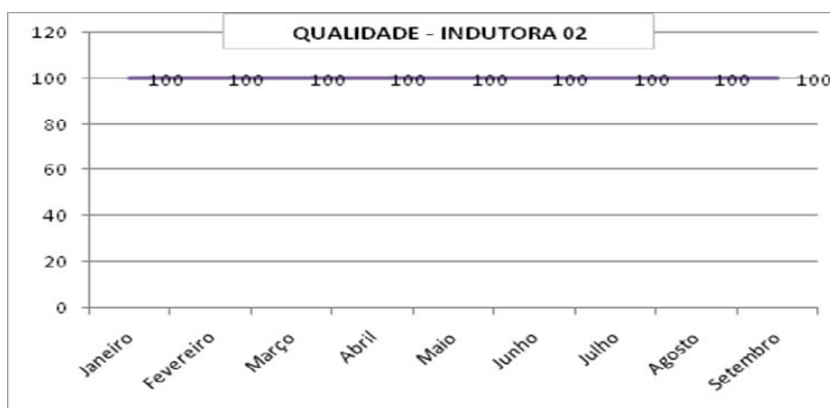


Gráfico 09: Evolução do indicador de qualidade na Indutora 02

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da empresa do ano de 2011

O índice de peças aprovadas, o μ_3 , está relacionado à qualidade das peças boas produzidas, sendo calculado em função do tempo de operação real e do tempo gasto com refugos ou retrabalhos. O índice de qualidade tem como base as informações de sucata e retrabalho registradas em cartões vermelhos que são destinados às peças mortas durante o processo produtivo, os quais são lançados no sistema corporativo da empresa pelos analistas da qualidade semanalmente, após análise realizada pelo analista da área.

No sistema Toyota de produção, a resolução de problemas de qualidade é uma exceção e deve ser tratado como tal. As rotinas de operação-padrão são montadas de maneira que o avanço da produção de acordo com o *take-time*, seja garantido. Qualquer ruptura, como o surgimento de defeitos, deve ser prontalmente solucionada, de modo a não comprometer o fluxo dos materiais (ANTUNES, 2008).

Mesmo não havendo um ganho potencial representativo para o IROG, tendo em vista que a média do índice de qualidade no período é de 100 % conforme gráfico 9, isso se deve ao fato de não haver peças refugadas nessa etapa do processo. As peças podem sofrer variação no dimensional somente no momento da usinagem operação 01, 02 e 03, raro os casos na operação 04, que é o equipamento em estudo as peças são retrabalhadas e seguem fluxo normal sem gerar refugo.

4.5 Ganhos obtidos após a implementação do IROG

A partir do cálculo e monitoramento contínuo da eficiência produtiva dos recursos, pode-se ter o real conhecimento da eficiência do recurso produtivo como demonstra o gráfico 10. Avaliou-se os índices antes e depois da implementação efetiva do IROG na Indutora 02 na célula do eixo expensor, em que os ganhos foram bem significativos nos três índices, isso representa que se analisada de forma sistêmica e tomadas as devidas ações consegue-se obter ótimos resultados e aumentar a eficiência da utilização dos ativos industriais.

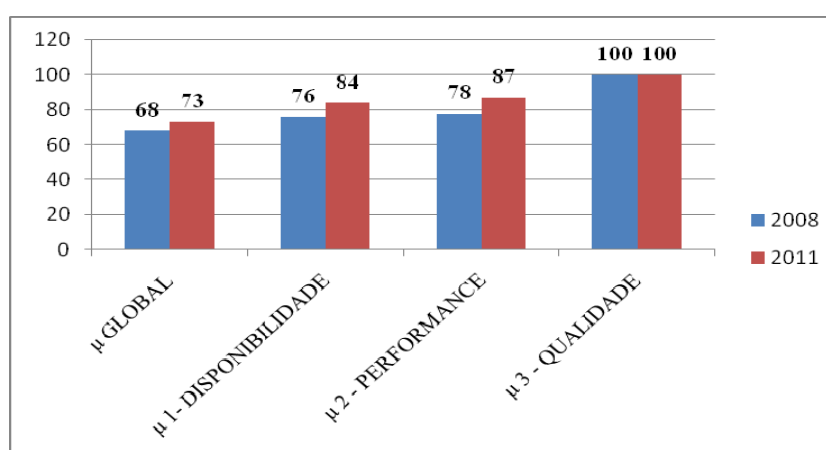


Gráfico 10: Gráfico comparativo do ano de 2008 e 2011

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do sistema de produção Master 2011

Conforme o gráfico 11, pode-se verificar que após três anos de implementação do IROG na célula os resultados obtidos foram bem satisfatórios, conseguiu-se com o mesmo recurso dobrar a produção no ano de 2011 se comparado ao ano de 2008. A partir da análise

sistêmica dos indicadores de disponibilidade, *performance* e qualidade, conseguiu-se avaliar as principais perdas no processo e tomar ações que se converteram em ganhos na produção, sem necessitar investir em novas máquinas para atender à demanda crescente do mercado.

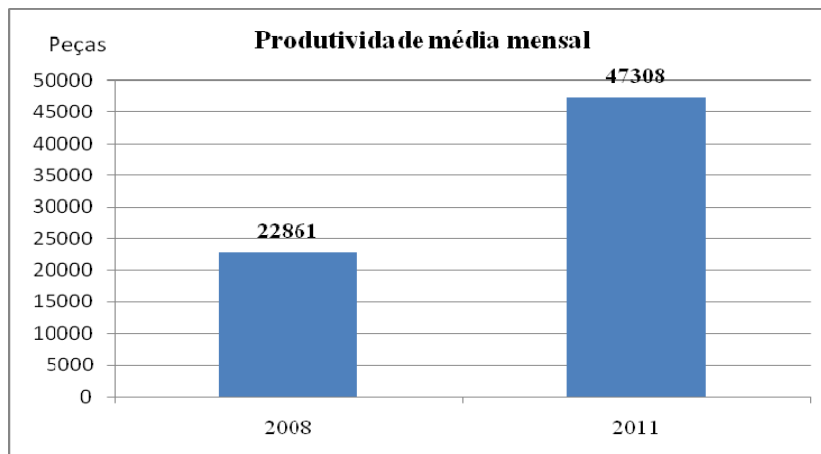


Gráfico 11: Gráfico de produtividade comparativo entre os anos de 2008 e 2011
 Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do sistema de produção Master 2011

Outro indicador importante que contribuiu muito no aumento da disponibilidade foi a redução do tempo médio de *setup* que baixou mais de 50% no ano de 2011, se comparado ao ano de 2008, sendo que o mais contribuiu para o sucesso desse resultado foi a implementação do método doutor-enfermeiro. Além da inclusão de mais um operador na célula, exercendo a função de coringa que auxilia no momento da realização do *setup*, balanceando as atividades, dentre outras melhorias vinculadas à troca rápida de ferramentas – TRF.

Cabe ressaltar que se diminuído o tempo de *setup*, deixa de existir a necessidade de otimização dos tamanhos do lote, ou seja, os lotes de produção começam a corresponder ao tamanho da demanda diária dos clientes e também contribuindo na redução dos estoques.

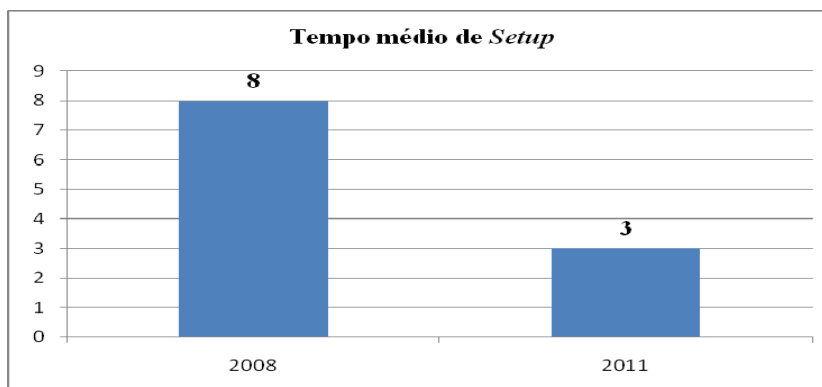


Gráfico 12: Gráfico de tempo médio de *setup*, em minutos comparando-se os anos de 2008 e 2011
 Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do sistema de produção Master 2011

Conforme análise realizada e demonstrada pelo gráfico 12, os tempos de *setup* da Indutora 02 estão abaixo de dois dígitos o que é considerado padrão em empresas de classe mundial, porém devido ao alto número de *setups* que ocorrem no equipamento esse índice ainda é um dos mais relevantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho utilizou o Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), como indicador de eficiência e como forma de gestão e melhoria dos equipamentos e processos produtivos. Teve como objetivo geral focalizar as ações de gestão das rotinas e das melhorias nos pontos críticos do sistema, que são os equipamentos gargalos e os equipamentos com capacidade restritiva os CCRs e também os pontos geradores de refugo e retrabalho.

A utilização do IROG, na Master Sistemas Automotivos LTDA. ocorreu em 2009. Até então não havia uma forma de controle eficiente nos equipamentos e processos que viabilizava realizar melhorias na gestão do posto de trabalho de maneira sistêmica. A implementação do IROG na empresa partiu de uma diretriz da alta direção, vendo como objetivo o aumento da produtividade para os próximos anos, o investimento em novas máquinas e mudança de *layout* na fábrica. Hoje as reuniões semanais fazem parte da rotina da Master, sendo analisados de forma sistêmica todos os resultados obtidos em todas as unidades de negócio, a partir das informações coletadas pelos diários de bordo e digitalizadas no painel de gestão.

O estudo de caso desenvolvido na Master Sistemas Automotivos Ltda. englobou o estudo dos indicadores de IROG aplicado a um equipamento com capacidade de produção restritiva. A análise dos resultados aconteceu a partir do desdobramento dos índices de disponibilidade, *performance* e qualidade, analisando a real utilização do equipamento, causas da não produção e atingimento das metas.

O estudo de caso realizado na Indutora 02 na célula do eixo expensor, apresentou melhorias significativas no indicador de IROG. O equipamento analisado aumentou em 25% o indicador global de IROG, no período de janeiro a setembro de 2011, conforme apresentado no gráfico 1. A meta para esse indicador é de 70%, sendo ultrapassado no mês de agosto quando atingiu 84%, mantendo-se em crescimento no mês de setembro, chegando a 88%. Os resultados obtidos neste equipamento deve-se a melhorias no índice de disponibilidade que aumentou em 14%, obtido a partir de ações de melhorias na redução dos

tempos de *setup*, conforme demonstrado no gráfico 3 e 12 e implementação do método doutor-enfermeiro.

Outro índice que contribuiu para o aumento do IROG global foi a *performance* operacional aumentando em 14 % no período analisado, que foram obtidas por meio de ajustes nos tempos de ciclo e balanceamento das atividades com a implementação de mais um operador na célula. Portanto, a utilização do IROG como ferramenta de gestão se analisada de forma sistêmica possibilita a tomada de ações mais assertivas na solução de problemas, otimização no uso dos recursos tangíveis industriais e uma maior integração entre as diversas áreas que englobam a manufatura de forma direta ou indireta.

6 REFERÊNCIAS

ANTUNES, José Antonio Valle. **Sistemas de produção**. Porto Alegre: ARTMED, 2008.

ANTUNES, José Antonio Valle; KLIPPEL, Marcelo. – **Uma Abordagem Metodológica para o Gerenciamento das Restrições dos Sistemas Produtivos: A Gestão Sistêmica, Unificada/Integrada e Voltada aos Resultados do Posto de Trabalho**, Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Salvador , BA, 2001.

BELL, J, **Como realizar um projeto de investigação**. 3. ed. Lisboa: Gradiva, 1993.

CHIARADIA, AUREO, **Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos na Gestão e melhoria Contínua de Equipamentos: Um estudo de caso na indústria automobilística** (Dissertação de mestrado Unisinos) Porto Alegre, 2004.

FLORES, J. **Análise de dados Qualitativos e Quantitativos** – Aplicação na investigação educativa. Barcelona: PPU, 1994.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 1999.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção: Mais do que simples *just-in-time*- automação e zero defeito**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GODOY, Arilda S. **Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades**. Revista de Administração de Empresas, v 35, n 2, p. 57-63, São Paulo, 1995.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **A Corrida pela Vantagem Competitiva**. São Paulo: Editora Educador, 1989.

HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos**. Porto Alegre: Artmed-Bookman, 2006.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. *Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE. International Journal of Operation & Production Management*, 1999.

MATTAR, Fauze N. **Pesquisa de Marketing**. São Paulo: Atlas, 1996

NAKAJIMA, Seiichi. **TPM Development Program – Implementing Total Productive Maintenance. Productivity Press, Cambridge. Massachusetts, 1989.**

ONHO, T, O. **Sistema Toyota de Produção – Além da produção em alta escala. Bookman, Porto Alegre, RS, 1997.**

ROOS, Daniel. *Changing contexts and the motor vehicle industry. IMVP Research Briefing Meeting, may. 1992.* Disponível em: <<http://imvp.mit.edu/papers/9092/Imvp012a.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2011.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudo de caso.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MALDEGAN, Ronaldo. **Estudo de caso de implementação de troca rápida de ferramenta em uma empresa metal mecânica.** Outubro de 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR450301_7971.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.

SILVA, Edson Zilio. **Um modelo de guia para a preparação da implementação da produção enxuta baseado na aprendizagem organizacional.** (Tese de doutorado pela UFRGS, 2008).

SHIMOKAWA, Koichi. *From the Ford system to the just-in-time production system: a historical study of international shifts in automobile production systems, their connection, and their transformation. Japanese Yearbook on Business History, 1993.* Disponível em: <<http://imvp.mit.edu/papers/94/Imvp055a.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2011.

SHIROSE, K. **TPM for Workshop Leaders Productivity.** Portland: OR, 2000.

SHINGO, Shingeo. **O sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção.** Tradução Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, Robert k. **Estudo de Caso – Planejamento e Métodos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.