



APLICAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF) EM INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

APPLICATION OF QUICK CHANGE OVER IN STOPS FOR PREVENTIVE MAINTENANCE

Silvia Regina Diniz Carneiro Leão
E-mail: silvia.carneiroleao@yahoo.com

Maurílio José dos Santos
Professor
Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Engenharia Mecânica
Rua Acadêmico Hélio Ramos S/Nº CEP 50740-530 Recife, PE - Brasil.
Telefone: 81-2126 8231 / FAX: 81-2126 8232

RESUMO

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é uma técnica do Sistema Toyota de Produção que permite reduzir o tempo de intervenções realizadas em equipamentos de um processo e aumentar a utilização dos mesmos. Tradicionalmente, é utilizado nos *set-up* de câmbio de produto, mas é possível extrapolar o conceito de *set-up* e aplicá-lo a outros tipos de paradas, como no caso estudado: paradas para manutenção preventiva. O objetivo do presente trabalho foi aplicar a TRF em uma interrupção da produção para manutenção a fim de reduzir o tempo de máquina parada, ao mesmo tempo em que se desenvolvia uma metodologia mais detalhada e eficiente para esta aplicação. O caso prático descrito neste trabalho ocorreu em uma siderúrgica e obteve redução de 63% do tempo de máquina parada para manutenção preventiva. Este resultado mostra a eficácia da utilização da ferramenta TRF em diferentes tipos de *set-ups* aumentando a disponibilidade dos equipamentos.

Palavras-chave: manutenção preventiva, *set-up*, troca rápida de ferramentas, disponibilidade.



ABSTRACT

The Quick Change Over (TRF) is a technique of Toyota Production System that allows to reduce the time of interventions in equipments of a process and increase their utilization. TRF is commonly applied for set-up times, between the manufacture of different kinds of products, but it is possible to overstep set-up meaning and apply it to different kinds of stops, as in this studied case: stops for preventive maintenance. The purpose of this work was to apply TRF in a production pause for maintenance in order to obtain a reduction in their realization time as well as to develop a more detailed and efficient methodology for this application. The real case described in this essay took place in a steelworks and achieved the reduction of 63% of the stopped machine time to preventive maintenance. This result shows the TRF utilization efficacy in different kinds of set-ups increasing the availability of equipments.

Key-words: preventive maintenance, set-up, quick change over, availability.

1. INTRODUÇÃO

A filosofia do *Just-in-time* (JIT) geralmente é apontada como um sistema “total”, pois visa o fornecimento de diretrizes que abrangem todos os processos e funcionários de uma organização (SLACK et al, 2002, p.488), motivo pelo qual a cultura do JIT é algumas vezes vista como sinônimo da “qualidade total”. Campos (2004, p.15) define *Total Quality Control* (TQC) como “o controle exercido por todas as pessoas para a satisfação das necessidades de todas as pessoas”. Deming, considerado no Japão o pai do controle da qualidade (SLACK et al, 2002, p.662), afirma que ocorre aumento da qualidade e da produtividade à medida que o processo adquire maior previsibilidade ou estabilidade (SLACK et al, 2002, p.662).

Uma forma de garantir a estabilidade do processo é evitar que as máquinas quebrem ou gerem variação na produção. Para isso, a equipe de manutenção tem que fazer um bom trabalho preventivo e de controle da máquina. Pensando nisso, é de se esperar que empresas que buscam um processo de qualidade total, ou estabilizado, e se baseiem no STP, disponibilizem tempo da produção para as paradas de máquina para realização da manutenção preventiva. Ocorre que, à medida que se avança ao encontro da administração da qualidade total e de um sistema de Produção Enxuta, percebe-se que, ainda que o tempo de interrupção para manutenção venha a prevenir um tempo ainda maior de parada devido a uma quebra advinda de uma falta de atuação preventiva, ele reduz a utilização da máquina, e pode ser visto como perda por tempo de espera, devendo ser perseguido e reduzido.



Ohno (1997, p.113), referindo-se à força necessária de uma linha de produção e à relação entre o Just-in-Time e a Autonomia, afirma: “a força da Toyota não vem dos seus processos de recuperação, mas sim da sua manutenção preventiva”. Desta forma, pode-se perceber a relação existente entre o STP, a Qualidade Total e a Manutenção.

A missão da manutenção é “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado” Pinto (2001, p.95). Quando um equipamento não desempenha a função requerida a ele, diz-se que ocorreu uma falha. Confiabilidade é “a probabilidade que um item possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso” Pinto (2001, p.96). Disponibilidade é “o tempo em que o equipamento ... está disponível para operar ou em condições de produzir” Pinto (2001, p.103) em relação ao tempo total que o equipamento poderia ficar disponível para operação. A disponibilidade é função da confiabilidade e da manutenibilidade (grau de facilidade de manutenção do equipamento) (PINTO, 2001, p.89 e 104).

Para aumentar a disponibilidade de um equipamento é preciso aumentar a confiabilidade ou reduzir o tempo médio de reparo, ou os dois, simultaneamente. Neste trabalho, o ponto focado foi a redução do tempo médio de reparo. Essa redução depende da manutenibilidade, da capacitação profissional de quem faz a intervenção e da característica de organização e planejamento da manutenção (PINTO, 2001, p.103).

A equipe de manutenção da siderúrgica onde ocorreu o estudo de caso prático associado a este trabalho atua através da avaliação dos equipamentos classificando-os quanto à importância para o processo produtivo. Esta classificação varia entre A, B e C, sendo da classe A os equipamentos mais críticos, ou seja, aqueles que, se parados, interrompem o processo produtivo ou que causam transtornos ao mesmo. Os equipamentos escolhidos prioritariamente para aplicação do TRF na manutenção preventiva são os de Classe A. Alguns destes equipamentos são o gargalo da fábrica, ou seja, aquele que mesmo utilizando 100% da capacidade, não acompanha o ritmo das outras operações, limitando o volume de saída de um processo (DAVIS et al, 2001, p.133) atrasando o processo e gerando estoque de sua matéria-prima. É o caso do equipamento estudado: a máquina de empacotamento. Este equipamento tem a função de receber os itens produzidos e separá-los quantidades adequadas, despejando o



peso correto em sacos plásticos (a embalagem dos itens), que são então selados e separados para empacotamento em caixas.

Os equipamentos de classe A já tiveram os tempos de *set-up* de câmbio de produto reduzidos pela aplicação da TRF, de tal forma que as maiores paradas destas máquinas passaram a ser as paradas para manutenção preventiva. Com isso, além de ferramentas como o Jidoka (Autonomação), através da manutenção autônoma, a TRF tem sido explorada pela equipe de manutenção para que ela cumpra a sua missão de aumentar a disponibilidade dos equipamentos, com o foco na organização e planejamento da manutenção, que é a justificativa de realização deste trabalho.

1.1 Justificativa

A redução do tempo de reparo ou de manutenção de um equipamento aumenta a disponibilidade do mesmo, permitindo sua máxima utilização, e depende, dentre outros fatores, da organização e do planejamento da atividade de manutenção, que por sua vez, pode ser melhorada através da aplicação de técnicas de TRF. Como esta aplicação da TRF ainda é um trabalho incipiente, a preparação de uma metodologia detalhada de realização é de grande importância e utilidade para empresas dos mais diversos ramos.

1.2 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho consistiu na aplicação da TRF para redução do tempo de parada para manutenção de um equipamento crítico do processo, aumentando, com isso a sua disponibilidade. Para isso, foi necessário também o desenvolvimento de uma metodologia detalhada e eficiente desta aplicação, de forma a facilitar a sua utilização e permitir a obtenção de resultado mais rapidamente. Assim, o objetivo geral do trabalho consistiu na aplicação da TRF, simultaneamente, ao desenvolvimento da metodologia de aplicação.

1.3 Objetivos específicos

- Levantamento teórico sobre a TRF
- Listagem das atividades realizadas durante a parada para manutenção antes da melhoria
- Identificação das atividades internas e externas
- Conversão de atividades internas em externas, preparando uma nova seqüência



- Realização de um mapa de deslocamento (percursos e distâncias percorridas pelos mantenedores) antes da melhoria
- Redução de ferramentas utilizadas pelos mantenedores e organização das mesmas
- Análise da forma de aplicação da TRF
- Realização da operação com a seqüência otimizada desenvolvida
- Descrição de cada etapa de aplicação da TRF para preparação da metodologia

2. REVISÃO DA LITERATURA

O Sistema Toyota de Produção (STP), sistema de produção fundado por Taiichi Ohno e desenvolvido na Toyota Motor Company, busca a eliminação de todas as perdas do processo produtivo (SHINGO, 1996, p.101) e é a base para a realização de uma Produção Enxuta (LIKER, 2005, p.29). Para isso, conta com os seus dois pilares de sustentação fundamentais: o *Just-in-time* (JIT) e a Autonomia (ou Jidoka) (OHNO, 1997, p.25). Produzir de acordo com o *Just-in-time* significa a fabricação de peças, e a passagem das mesmas para as próximas etapas do processo, apenas no momento em que serão utilizadas e na quantidade necessária (SHINGO, 1996, P.103; SLACK et al, 2002, p.482). Autonomia é a autonomia dada ao operador e à máquina para parar o processo ao perceberem alguma anomalia (OHNO, 1997, p.28). O STP utiliza muitas técnicas e ferramentas para alcançar seus objetivos. Uma delas é a Troca Rápida de Ferramentas, conhecida por TRF, cuja aplicação pretende diminuir o tempo de *set-up* das máquinas e aumentar a utilização das mesmas. O *set-up* é o conjunto das tarefas necessárias para a mudança de produção de um lote de produtos X para a produção de um lote de produtos Y, desde o momento em que se termina de produzir a última peça de X até o momento de produção do primeiro Y nas condições de qualidade determinadas (BURGER, 2004, p.40).

A aplicação da TRF permite a redução do *Lead Time* de fabricação (tempo entre o recebimento da matéria-prima até a expedição dos produtos acabados para os clientes) (BURGER, 2004, p.65) e o nivelamento da produção ou Heijunka (a produção das mesmas quantidades dos vários tipos de produto todos os dias) (OHNO, 1997, p. 108, 133 e 134)

O sistema de TRF foi desenvolvido por Shingo, que percebeu a existência de dois grupos de atividades durante um *set-up*: **atividades internas**, aquelas que exigem uma



interrupção do processo de produção por só poderem ser executadas com a máquina desligada ou com ritmo de produção reduzido, e as **atividades externas**, aquelas que não interrompem o processo, pois podem ser realizadas com a máquina em operação normal (SHINGO 1996, p.79; SHINGO, 2000, p.44). Esta classificação tem importância primordial para a implantação da TRF. Shingo percebeu também a possibilidade de conversão de atividades internas em atividades externas, o que melhoraria o *set-up* por diminuir o tempo de máquina parada (SHINGO, 2000, p.50). Este processo de conversão das atividades é dividido por Shingo (1996, p.89; 2000, p.48) em quatro estágios conceituais: no início, não há distinção entre **set-up interno** (das atividades internas) e **set-up externo** (das atividades externas), depois há a separação entre eles, em seguida há a conversão de *set-up* interno em externo e por fim, ocorre a racionalização das atividades de *set-up* interno e externo. Ele propõe um método redução do tempo de *set-up* que consiste nas oito principais técnicas de TRF (SHINGO, 1996, p.82) e busca a otimização de cada um do quatro estágios conceituais. São elas:

- 1-Separação das operações de *set-up* internas e externas
- 2-Conversão *set-up* interno em externo
- 3-Padronização de peças necessárias para o *set-up*
- 4-Utilização de grampos funcionais (substituição de parafusos com roscas longas)
- 5-Utilização de dispositivos intermediários padronizados facilitando a centragem e o posicionamento de peças
- 6-Realização de operações paralelas (com o uso de mais de um operador realizando atividades simultâneas)
- 7-Eliminação de ajustes (aplicação de dispositivos que padronizem a operação de ajustes reduzindo o tempo de start-up)
- 8-Mecanização

Das oito técnicas, as de número 1, 2 e 6 são de análise e organização das atividades, e não de mudanças estruturais, como são as outras. Apesar de exigirem menos investimento em dinheiro, a aplicação já traz grande retorno. Mesmo a aplicação apenas da técnica 1, já reduz o tempo de *set-up* interno entre 30% e 50%. (SHINGO, 1996, p.82)

Shingo considera também os tempos de preparação de atividades de inspeção, transporte ou estocagem como *set-ups* (SHINGO, 2000, p.33), não estando, no entanto, relacionados a utilização das máquinas.



3. DESCRIÇÃO DA ÁREA

Este trabalho foi realizado numa siderúrgica. A atividade analisada foi a parada de uma das máquinas de empacotamento para manutenção preventiva.

4. MATERIAIS E MÉTODO

A base teórica foi realizada por uma revisão bibliográfica e treinamentos desenvolvidos na empresa onde ocorreu o caso prático.

A aplicação da TRF aconteceu simultaneamente ao desenvolvimento da metodologia para a aplicação. A nova metodologia de aplicação foi desenvolvida pela análise de execução do projeto de TRF, quando foram observadas diversas oportunidades de melhoria, e tomando como base a teoria desenvolvida por Shingo. Foram utilizados os passos do PDCA, ferramenta que se refere a um ciclo de melhoria contínua bastante utilizada nas empresas. Por essa ferramenta, uma operação deve ser dividida em quatro etapas, formando um ciclo contínuo de aperfeiçoamento: Plan (*planejar* a atividade), Do (*realizar* a atividade, inclusive treinar os participantes), Check (*checar* os resultados obtidos pelos meios planejados), Act (*agir* corretivamente no caso de ter se chegado a um resultado diferente do planejado ou melhorando o que já foi conseguido). Após a etapa “A”, recomeça-se da etapa “P”, caracterizando um ciclo (CAMPOS, 2004, p. 33). A figura 1, abaixo, mostra um diagrama do Ciclo PDCA com cada etapa da metodologia desenvolvida.

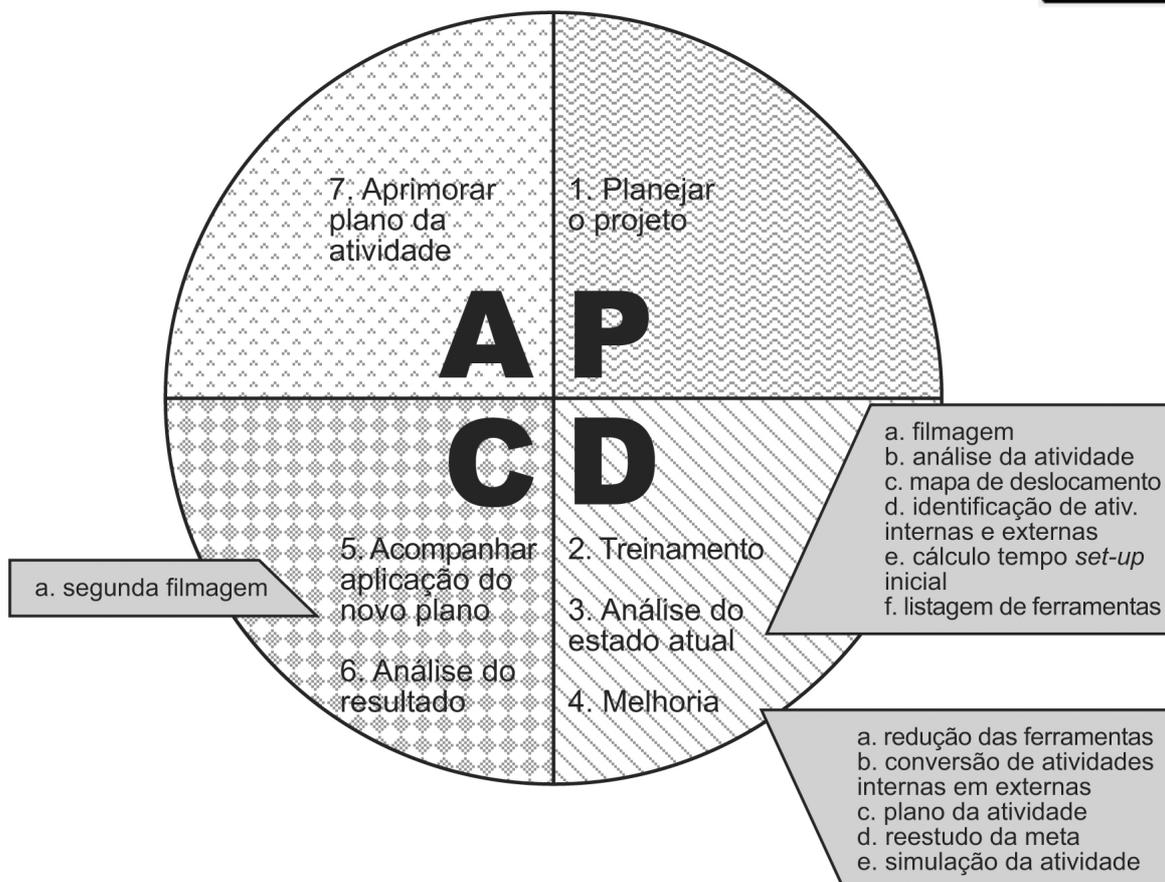


Figura 1: Ciclo PDCA com a descrição de cada etapa da metodologia desenvolvida.

As etapas propostas para a nova metodologia serão aqui descritas ao mesmo tempo em que o será o método utilizado no projeto prático. A metodologia proposta aparece em *itálico*.

Planejamento

1. Planejar o projeto. Nessa etapa, são definidos os participantes do projeto, tanto da equipe de implantação da TRF como da equipe de mantenedores e operadores que realizarão as atividades analisadas. Mesmo numa atividade de manutenção, em um Sistema de Manutenção bem elaborado, o operador da máquina também tem participação no set-up, devendo também fazer parte da equipe do projeto. Nessa etapa também é definida qual a máquina em que será realizado projeto. É importante que sejam definidos prazos para as etapas do projeto, possibilitando acompanhar o andamento do mesmo. Com base na experiência existente da equipe, pode-se definir uma meta inicial para a redução de tempo de



parada que o projeto deverá alcançar. Esta meta deverá ser reavaliada na etapa “4. Melhoria”.

Para a realização do projeto prático, foi estabelecido um grupo responsável pelo mesmo composto por nove profissionais, tanto da Manutenção, como da Produção e da área de implantação de projetos de TRF, que, na empresa, faz parte do Departamento de Qualidade, incluindo chefes e profissionais operacionais. A meta de redução foi estabelecida em 50%.

Realização

2. Treinamento. Todos os envolvidos devem receber um treinamento sobre a ferramenta TRF para conhecer quais as suas etapas, quais os objetivos e que benefícios a aplicação dessa ferramenta trará para o seu trabalho e para a empresa. A conscientização da importância do projeto deve ser trabalhada, assim como a motivação dos participantes.

No projeto prático, não houve um treinamento formal da ferramenta TRF com todos os envolvidos no projeto, mas houve uma repassagem dos principais conceitos para todos os participantes em algumas reuniões. A equipe da manutenção já havia sido treinada na ferramenta de TRF e já tinha uma experiência de aplicação em outra área da fábrica.

3. Análise do estado atual. Definida a máquina, realiza-se uma análise do estado atual, através de uma filmagem da operação da maneira como ela é realizada até o momento.

a. Realização da filmagem da atividade

Antes da filmagem, é importante que seja realizada uma reunião com a equipe de implantação da TRF para definição da equipe de filmagem e do dia de realização da mesma.

A filmagem deve ser programada para um dia comum de intervenção. Os mantenedores e operadores da máquina devem estar cientes que devem seguir seu ritmo normal de trabalho e que o objetivo do filme é prover recursos e organizar o trabalho de forma que seus esforços sejam reduzidos e a atividade possa ser realizada em menos tempo. Deve ser afastada a idéia de punição por erros que possam ocorrer durante a atividade de manutenção. Os mantenedores devem se sentir livres para atuar da forma como atuam normalmente. É importante que os erros que costumam ocorrer nas atividades de manutenção ocorram durante a filmagem, pois esta é a hora de consertá-los. Se eles não acontecerem durante a filmagem, será mais difícil detectá-los. É comum acontecerem erros pela tentativa dos



mantenedores de driblarem dificuldades que surgem por falta de recursos como ferramentas, tempo, pessoas etc. Se a indisponibilidade de recursos necessários for filmada, ela possivelmente será remediada com maior empenho pela gerência, pois ficará claro o prejuízo que está causando.

Para a filmagem, devem ser utilizadas, no mínimo, duas câmaras: uma fixa, que foque todo o ambiente da máquina e outra para acompanhar o mantenedor. No caso de haver mais de um mantenedor, é aconselhável utilizar uma câmera para cada um, de forma que possam ser vistas as atividades simultâneas dos mantenedores, mesmo que ocorram em locais diferentes, que não poderiam ser captados por uma única câmera. Além disso, a sincronia das imagens na edição será mais fácil de ser conseguida com a maior quantidade de câmeras, ficando também mais precisa. Os últimos preparativos para a filmagem devem ser realizados no dia anterior a ela, como identificação dos pontos de energia e posição da câmera fixa, para que esteja tudo preparado para o dia da filmagem.

A equipe de filmagem deve ser orientada para filmar todas as ações dos mantenedores e operadores: nenhuma ação deve ser desprezada. O início da filmagem deve ser marcado para alguns minutos antes da chegada dos mantenedores à máquina, pois o isolamento da área e o bloqueio da máquina, como parte do tempo de set-up, também devem ser analisados. Caso a intervenção seja interrompida por qualquer motivo, a câmera fixa deve continuar gravando, a fim de captar qualquer intervenção na máquina. A filmagem só deve acabar quando a equipe de mantenedores deixar a área, pois o desbloqueio e a retirada dos instrumentos de isolamento da área também fazem parte da intervenção, devendo ser analisados.

Vale lembrar que em muitas indústrias, os profissionais terceirizados devem fazer uma integração de segurança, periodicamente. É importante checar com antecedência de pelo menos um mês se todos os terceiros envolvidos (em geral, a equipe de filmagem) estão com a integração de segurança em dia, pois caso não estejam, será necessário providenciar a integração e, geralmente, alguns exames médicos, o que pode levar certo tempo.

No projeto prático, a análise do estado atual foi feita através de uma filmagem da operação, realizada por uma equipe terceirizada, composta por três operadores de câmera: dois móveis (uma acompanhando todos os passos do mantenedor mecânico e outra acompanhando o mantenedor eletricitista) e um responsável pelo suporte dos outros e da câmera fixa.



b. Análise da atividade pelos filmes produzidos

Após a filmagem, o filme é editado de modo que as imagens de todas as câmeras apareçam, simultaneamente, em uma única tela e de forma sincronizada.

Para analisar as atividades, são convidados todos os envolvidos na operação: os mantenedores, os chefes da manutenção, os operadores de câmera, os operadores da máquina e a equipe responsável pela implantação da TRF.

Deve ser criada uma planilha que será alimentada durante todo o andamento do projeto e, ao final, servirá como plano da intervenção, ou seja, terá todas as etapas da seqüência de atividades que devem ser realizadas pela equipe. Essa planilha pode ser criada em programas de controle de projetos. Deve ter colunas como: atividade, relação de precedência das atividades, tipo da atividade (será visto mais adiante), início, término, duração, observações, recursos, executante, responsável e melhorias.

Na etapa de análise, os mantenedores e os operadores devem identificar cada atividade que estão desenvolvendo no filme, assim como o momento de início e fim de cada atividade, de forma que todas possam ser listadas, junto com o tempo de duração de cada uma.

Um ponto importante para ser discutido é o grau de detalhamento das atividades listadas. Se, por um lado, não é necessário listar micro-movimentos, como para um trabalho de estudo de tempos e métodos, por outro, também não é proveitoso resumir um grupo de atividades em uma única, pois muitos detalhes serão perdidos.

As atividades são então listadas em uma coluna da planilha e o nome do executante também é colocado em outra coluna, para identificar quem executa cada atividade. A listagem das atividades de cada um pode ser feita simultaneamente ou um executante de cada vez.

Essa análise dura aproximadamente três vezes o tempo da filmagem da operação real, pois o filme precisa ser totalmente visto, além de ser pausado em muitos momentos para identificação da atividade pelos mantenedores e operadores. Quanto mais próxima do dia da filmagem for realizada a análise, mais rápida ela será, pois os mantenedores e operadores terão as atividades mais claramente na memória. Shingo aconselha a realização da análise imediatamente após a filmagem (SHINGO, 2000, p.49).

Durante o momento da descrição das atividades, já são percebidas oportunidades de melhoria e são dadas sugestões iniciais. É muito importante a presença da liderança nas



reuniões, pois eles conhecem as atividades dos mantenedores e operadores e podem identificar falhas, possibilidades de melhoria ou ações exemplares que devem ser passadas para outras áreas.

No projeto prático, o filme foi editado e gravado em CD-ROM, de modo a poder ser analisado em qualquer sala com computador, sem depender de equipamentos específicos como aparelhos de DVD.

As imagens das três câmeras foram gravadas de forma a aparecerem simultaneamente na tela, sincronizadamente. Os recursos utilizados nessa fase, durante as primeiras reuniões de análise das atividades, foram dois computadores e dois canhões de luz. Um computador reproduzia o filme, que era projetado por um canhão de luz e o outro computador foi utilizado para listagem das atividades em uma planilha de um software de controle de projetos, que era projetada pelo segundo canhão de luz.

A listagem das atividades foi feita pela identificação, através da filmagem, das atividades que cada participante da manutenção realizou na intervenção, que foram anotadas numa planilha com as seguintes colunas: atividade, relação de pré-requisito das atividades, tipo da atividade (interna ou externa), início, término, duração, observações, recursos, executante, responsável e melhorias. Foi acertado que o grau de detalhamento das atividades seria entre um e dez minutos: atividades com duração menor que um minuto deveriam ser unidas a outras, formando um grupo com no mínimo um minuto, assim como, uma atividade que durasse mais de dez minutos, deveria ser desmembrada em “sub-atividades”.

c. Realização de um mapa de deslocamento dos mantenedores

Fazer o mapa de deslocamento dos mantenedores consiste em desenhar sobre o layout da fábrica todo o percurso que eles realizam durante a intervenção e em seguida contabilizar a distância que eles caminham. As subidas em escadas devem ser destacadas, pois geram um maior esforço. O objetivo do mapa de deslocamento é encontrar meios de que eles possam se deslocar menos, o que reduz o esforço e o tempo gasto. O deslocamento dos operadores não agrega valor ao produto ou ao serviço, e constitui perda por movimentação, devendo ser reduzido.

Antes de traçar o deslocamento, deve-se assistir o filme da intervenção e anotar os locais para onde eles se deslocam e quantas vezes fazem esse percurso. Por exemplo, muitas vezes eles saem da máquina em que estão fazendo a intervenção e se deslocam para a oficina.



Deve ser anotado cada vez que eles fazem esse caminho. Deve-se também estipular um espaço mínimo percorrido a ser considerado um movimento, por exemplo: 5 metros. Os movimentos em torno da máquina devem ser contados, pois no caso da máquina ser muito grande, uma volta em torno dela utiliza tempo e esforço, e se for percebida como desnecessária, deve ser eliminada.

Após essa contagem inicial, deve-se partir para traçar o movimento sobre o layout, podendo, para isto, utilizar programa gráfico ou mesmo um programa de planilhas eletrônicas que permita o desenho de figuras e traços. É necessário um desenho da área, com medidas em escala, para que sobre ele sejam desenhados os deslocamentos. As principais áreas para onde os mantenedores se deslocam devem ser identificadas e os caminhos que fazem podem ser marcados com traços de uma cor para cada mantenedor e operador, para facilitar a identificação. Muitas vezes o deslocamento para um mesmo local é feito por caminhos diferentes, mas todos os caminhos devem ser traçados, pois cada um terá um comprimento diferente. Todos os caminhos devem então ser medidos e multiplicados pela quantidade de vezes que foram percorridos, resultando na distância total de cada caminho, de tal forma que, somadas estas distâncias totais, será obtido o deslocamento total de cada um durante a operação.

No projeto prático, para realização o mapa de deslocamento, os filmes foram analisados novamente e os locais onde os mantenedores exerciam alguma atividade foram anotados. Também foi anotado o número de vezes que faziam o percurso até os locais. Foi definido que apenas os movimentos com mais de 5m seriam contabilizados: menos do que isso levaria a um detalhamento irrelevante nesse momento de estudo. Com esses dados, foi traçada a movimentação sobre o layout da fábrica, usando cores diferentes para cada mantenedor e operador, o que ajudou a diferenciar o caminho de cada um. Este trabalho foi feito em um programa de planilha eletrônica, pois não havia um programa gráfico disponível. Depois de traçados todos os deslocamentos, o mapa foi impresso em uma folha de tamanho A3, para melhor visualização, e com a ajuda de um compasso, todos os caminhos que utilizaram foram medidos. Em seguida, a distância de cada caminho foi multiplicada pela quantidade de vezes que se deslocaram por ele. Somando todas essas distâncias, obtivemos o deslocamento total de cada mantenedor.



d. Identificação das atividades internas e externas

Como já visto, as atividades internas são aquelas realizadas enquanto a máquina está parada e as atividades externas são realizadas com a máquina em funcionamento normal, sem nenhuma perda de produtividade.

Todas as atividades, em um estado antes da aplicação da TRF, terão sido realizadas internamente, no entanto, o que se objetiva é identificar aquelas que poderiam ter sido realizadas externamente, ou seja, com a máquina funcionando e produzindo normalmente.

A etapa de identificação das atividades internas e externas é muito importante para a aplicação da TRF. É aqui que se identificam quais as atividades que poderiam ser realizadas com a máquina em movimento, ou seja, aquelas atividades que não exigem a interrupção da produção para serem realizadas.

Geralmente, essa etapa já fornece grande ganho na redução do tempo do set-up, pois é comum a falta de planejamento nas operações que não sofreram a aplicação da TRF. Essa falta de planejamento faz com que as operações sejam freqüentemente interrompidas para realização de atividades que não estão relacionadas à operação, como procurar uma ferramenta, um recurso de segurança ou mesmo consertar um problema de outra máquina. Com isso, a identificação e assimilação de que determinadas atividades deveriam ser realizadas antes da máquina ser desligada ou depois de ter voltado ao funcionamento normal já reduz o tempo de máquina parada de forma clara.

Para a realização desta etapa, as atividades identificadas e listadas na planilha do projeto são avaliadas, tanto pelo seu executante como pela liderança, e classificadas em internas ou externas. Essa classificação deve ser colocada em uma coluna ao lado da descrição da atividade, a coluna “tipo da atividade”.

Serão percebidas algumas atividades que deveriam ser excluídas da programação, por não fazerem parte operação que se está trabalhando, como por exemplo, atender um chamado de um operador de outra máquina. Nesses casos, a atividade não é interna e nem mesmo externa, pois apesar de dever ser realizada com a máquina funcionando (o que a classificaria como externa) ela não faz parte da operação e, portanto, não deve entrar na seqüência que está sendo montada na planilha do projeto.



No projeto prático, para avaliação das atividades, foram reunidos todos os envolvidos que classificaram as atividades em internas, externas ou “excluir” (as que não deveriam aparecer na seqüência).

e. Cálculo do tempo de set-up inicial

Após a listagem de todas as atividades e do tempo de realização de cada uma, podemos ter, pelo somatório dos tempos das atividades, o tempo total da intervenção no estado inicial, ou seja, do set-up antes da TRF. Todas as atividades listadas são consideradas nesse cálculo, tanto as internas quanto as externas e mesmo as que serão excluídas. Esse tempo vai servir de referência para análise do resultado alcançado, pois representa o tempo utilizado para a intervenção na situação atual.

No projeto prático, os valores de tempo de realização no estado inicial foram obtidos pela análise da planilha de atividades e somatório do tempo de execução de cada uma e colocados em uma planilha para posterior comparação com os tempos obtidos depois da implantação da TRF.

f. Listagem das ferramentas e recursos utilizados pelos mantenedores

É importante listar, junto aos mantenedores e operadores, quais as ferramentas e recursos que eles costumam, no estado atual, levar para a intervenção, sendo aconselhável fotografar cada uma delas para a comparação posterior. Por recurso, entenda-se os materiais de apoio utilizados durante a intervenção que não sejam ferramentas, tais como flanelas, luvas e canetas. Essa listagem inicial será comparada posteriormente com a listagem das ferramentas e recursos realmente necessários.

No projeto prático, foi feita a listagem inicial das ferramentas e recursos carregados com os mantenedores para as intervenções antes da melhoria e também fotografados.

4. Melhoria

a. Redução do número de ferramentas utilizadas nos carrinhos dos mantenedores

Após a identificação das atividades realizadas pelos mantenedores e operadores na intervenção, são listadas as ferramentas e recursos realmente utilizados em cada atividade, anotando na mesma planilha. Também são tiradas fotos das ferramentas realmente



utilizadas. Dessa forma, após a organização das atividades em internas e externas, será possível conhecer as ferramentas e recursos realmente necessários nessas etapas, o que permitirá um planejamento para aquisição dos recursos e melhor organização das ferramentas, de modo que fiquem sempre próximas aos mantenedores e operadores, evitando que eles tenham que se deslocar desnecessariamente para consegui-las e perder tempo com isto.

É possível que os mantenedores defendam que precisam de inúmeras ferramentas, pois gostam de ter todas por perto para o caso de virem a precisar. Ter todas as ferramentas que podem ser necessárias por perto é exatamente o que se procura nessa etapa, por isso é importante analisar cada atividade detalhadamente, a fim de que nenhuma ferramenta ou recurso necessário deixe de ser listado. No final da análise, geralmente se percebe que são poucas as ferramentas realmente usadas em comparação com as que costumavam levar para a intervenção. Com a redução do número de ferramentas, é possível organizar um carrinho, uma bolsa ou mesmo um cinto, em que eles podem carregá-las e encontrá-las facilmente.

A comparação das ferramentas levadas pelos mantenedores com as ferramentas utilizadas é ressaltada quando se mostram as fotos do “antes e depois”.

No projeto prático, com a planilha das atividades realizadas, foram listadas, junto aos mantenedores e operador, as ferramentas e recursos que eles precisavam para cada atividade. Desta forma, tivemos a listagem das ferramentas e recursos realmente necessários para essa parada preventiva.

b. Conversão de atividades internas em externas

Após a classificação das atividades em externas e internas, assim como aquelas que devem ser eliminadas do plano, são listadas em outra coluna quais as melhorias necessárias para que algumas atividades internas passem a ser externas, podendo ser realizadas antes ou depois da parada da máquina. Algumas não precisarão de investimento, pois são questão de conscientização, ou mesmo de bom-senso. No entanto, algumas delas são realizadas com a máquina parada por falta de recurso. Por exemplo, algumas vezes uma peça é consertada enquanto a máquina está parada por não haver uma peça substituta reserva. Caso houvesse uma peça reserva, a atividade interna seria “substituir a peça ‘x’ danificada”, enquanto que a atividade de conserto da peça danificada seria realizada depois da máquina ter voltado a



funcionar, como atividade externa. Percebe-se que, nesse caso, é necessário um investimento e este deve ser registrado na coluna de “melhorias” da planilha.

No projeto prático, para a conversão de atividades internas em externas, cada atividade listada foi analisada por toda a equipe. Muitas não precisavam de nenhum investimento financeiro para serem realizadas externamente, precisando apenas de organização, sendo logo classificadas como “externas”. Outras, no entanto, precisavam de melhorias que envolviam investimento financeiro, e neste caso continuaram como “internas”, mas com a melhoria necessária descrita na coluna correspondente. Algumas atividades que não tinham sido filmadas foram incluídas.

c. Elaboração do plano da atividade

Após todas essas etapas, são preparadas duas novas planilhas: uma apenas com as atividades internas e outra apenas com as externas. Com isso, será possível ter uma seqüência das atividades que devem ser realizadas enquanto a máquina estiver parada e outra das que devem ser realizadas com a máquina em movimento, sem interrupção da produção.

A seqüência de ocorrência das atividades é, então, melhorada, com a ajuda da equipe, considerando-se o layout da máquina, o menor deslocamento, assim como as partes da máquina que não podem ser verificadas ao mesmo tempo por mais de uma pessoa, por falta de espaço ou qualquer outra restrição. Dessa forma, teremos a melhor seqüência para a intervenção para manutenção, tanto de atividades externas quanto de atividades internas.

Como também foram listados os executantes de cada atividade, é possível observar as planilhas com atividades de cada executante separadamente, como também é possível intercalar as atividades de modo a ter a seqüência da operação à medida que as atividades serão desenvolvidas.

Essa seqüência listada, atividade por atividade, já é uma grande melhoria para a manutenção, pois em geral, eles não adotam uma seqüência padronizada, o que gera desperdício de tempo e de esforço. Com a seqüência, eles devem seguir cada atividade na ordem em que estão listadas, de forma que todas sejam realizadas e na melhor seqüência encontrada.

Uma cópia das duas planilhas, de atividades internas e externas, deve ser entregue para cada componente do grupo.



A primeira planilha em que foi listada a atividade da forma como era realizada deve ser guardada sem alteração, pois é o retrato da situação antes da aplicação da TRF.

No projeto prático, a nova seqüência foi feita com a criação de duas novas planilhas: uma para atividades externas e outra para atividades internas. A ordem de execução das atividades da planilha de atividades internas foi analisada por todo o grupo e algumas foram trocadas, para que a seqüência pudesse fluir sem falhas. A planilha de atividades externas teve o foco voltado para separação das atividades que deveriam ser realizadas antes da intervenção, como por exemplo, o isolamento da máquina, e as que deveriam ser realizadas depois, como o recolhimento de peças danificadas. Para uma melhor visualização dos executantes, cada um teve suas atividades em uma cor específica na planilha. Cada integrante recebeu uma cópia da seqüência planejada para estudar a sua atuação e a interação com a atuação do restante da equipe.

d. Reestudo da meta

Com essas planilhas de atividades internas e externas, pode-se avaliar, já nesse primeiro momento, se a meta definida está adequada ou não (ela pode estar muito difícil ou muito fácil de ser atingida). Caso esteja inapropriada, deve ser alterada nesse momento.

No projeto prático, a meta de redução foi mantida em 50%.

e. Simulação da atividade

De posse das planilhas com as seqüências ótimas definidas, cada integrante da equipe (mantenedores e operadores) deve estudar a seqüência, de modo que sejam capazes de saber em que momento começará a fazer cada atividade, assim como o que estarão fazendo os outros integrantes. Isso é importante para que a atividade flua naturalmente.

Após alguns dias da entrega da seqüência à equipe, é marcada uma simulação da filmagem, durante a qual, cada componente cita a atividade que irá realizar, na seqüência definida, de forma simultânea. Essa simulação permitirá os últimos retoques na seqüência, pois torna possível a percepção de programação de atividades em momentos inadequados, como por exemplo, alguma atividade de um mantenedor pode ser pré-requisito para a atividade do outro mantenedor, e, no entanto, estão na ordem inversa na seqüência. Durante a simulação, fica mais fácil para os mantenedores e operadores perceberem essas discrepâncias, permitindo que sejam consertadas antes do dia da próxima intervenção.



No projeto prático, a simulação da intervenção não foi realizada a tempo para aproveitamento no projeto.

Checagem do resultado

5. Acompanhamento da aplicação do novo plano de atividade

a. Segunda filmagem

A intervenção realizada com a nova seqüência de atividades deve ser analisada para checagem dos resultados. Para isso, pode-se realizar uma nova filmagem da operação. Ela permitirá que se calculem os tempos de cada atividade e o tempo total da intervenção. Além disso, será possível analisar se a própria seqüência e a atuação da equipe estão de acordo com o esperado ou se devem ser feitas alterações na seqüência, nos recursos e ferramentas da equipe ou qualquer outro fato que venha a ser percebido.

Para a segunda filmagem, todas as etapas de planejamento devem ser refeitas, como definição da equipe de filmagem, instrução da equipe, câmeras utilizadas, programação para o dia da filmagem, assim como todos os procedimentos de segurança.

No projeto prático, não foi realizada a segunda filmagem na mesma máquina estudada.

6. Análise do resultado obtido. Nesta etapa, são analisados os tempos previstos para a intervenção, obtidos pela organização da seqüência das atividades nas planilhas. Esse tempo previsto é comparado com o obtido na situação real, através da análise do segundo filme, que também deve seguir as recomendações da primeira análise, ou seja, todos os participantes devem estar reunidos para acompanhar a atuação deles e a seqüência planejada. O tempo de realização de cada atividade deve ser anotado na planilha. Ao final da contagem do tempo, faz-se a comparação com a meta projetada e com o tempo previsto.

No projeto prático, como não foi realizada a segunda filmagem, também não foi feita a análise do resultado para a mesma máquina.

Ação corretiva

7. Aprimorar o plano da atividade. O plano da atividade deve passar por um processo de melhoria contínua. Caso a meta inicial não tenha sido atingida, deve-se analisar se ela estava realmente adequada e então analisar o plano desenhado a fim de encontrar as causas



das falhas. Para isso, podem ser utilizadas ferramentas como diagramas de causa e efeito e utilização dos 5 porquês.

Mesmo no caso da meta ter sido atingida, melhorias sempre serão possíveis e devem ser feitas a cada intervenção. Em geral, surgem aspectos de segurança para serem considerados e planejamento de recursos. A cada intervenção, alguém deve ser responsabilizado por acompanhar a operação anotando o tempo de execução das atividades. Novas metas podem ser definidas. Cada recorde batido deve ser comemorado e divulgado, motivando a equipe a continuar buscando o melhor caminho.

No projeto prático, o plano da atividade não chegou a ser aprimorado.

5. RESULTADO

O projeto de implantação da TRF na parada para manutenção preventiva de uma das máquinas de empacotamento teve início em agosto de 2005, com as fases de levantamento bibliográfico e planejamento. A filmagem da atividade de manutenção foi realizada no dia 26/10/2005. O projeto se estendeu além do esperado e algumas etapas não puderam ser realizadas e analisadas a tempo de serem incluídas neste trabalho, que foi finalizado em maio de 2006.

O grupo formado para a implantação do projeto foi diversificado, abrangendo participantes de todas as áreas envolvidas: manutenção, produção e qualidade (responsável pela implantação de projetos de TRF).

A etapa de treinamento foi negligenciada, pois não houve um treinamento formal, com todos os participantes para nivelar o conhecimento e trabalhar a motivação de todos, apenas a repassagem de conceitos.

Houve diversos imprevistos durante a filmagem, como a equipe de filmagem ter desligado a câmera durante a parada para o almoço, apesar de terem sido instruídos para mantê-la gravando, fazendo com que algumas atividades não tenham sido filmadas e os tempos de realização de cada uma terem que ser estimados pelos mantenedores. Outros imprevistos foram: a saída do operador para realizar um treinamento (enquanto deveria acompanhar a operação dos mantenedores), o treinamento de um mantenedor novato durante a intervenção (o que acabou gerando um atraso na operação), a procura de recursos em outras áreas, além de muitas paradas para atender a solicitação de operadores de outras máquinas.



Como a operação real durou, aproximadamente, 6 horas, foi previsto que a análise total duraria 18h, que seriam divididas, então, em sete encontros: quatro encontros de 2 horas para cada mantenedor (totalizando 16 horas para os mantenedores) e mais um encontro de 2 horas para análise da atividade do operador. No entanto, foram necessárias mais reuniões de análise e mais tempo do que planejado foi utilizado, indo de novembro a janeiro, com 15 encontros e 39h.

Pela análise da planilha montada, o tempo total de realização do set-up inicial, contadas as atividades internas, externas e as que serão excluídas foi **410 minutos, ou 6h50**. Neste momento, todas as atividades são classificadas como “internas”, pois antes da TRF todas são realizadas após o desligamento da máquina. A meta de redução foi fixada em 50%.

Com a conversão das atividades internas em externas, o tempo de set-up interno teórico já apresentou grande redução, de **74,4%, passando para 105 minutos ou 1h45**. Vale ressaltar que o tempo total continua o mesmo, uma vez que as atividades apenas foram transpostas de internas para externas, ou seja, 410 minutos ou 6h50.

Com a elaboração do novo plano de intervenção, a melhoria na seqüência e o acréscimo de algumas atividades que tinham ficado de fora, foi obtido um novo valor teórico para o tempo de intervenção, de **120 minutos, ou seja, a redução seria de 70,7%, passando de 6h50 para 2h de parada** para a preventiva.

O tempo total da intervenção, ou seja, o somatório de atividades externas e internas também sofreu redução, de 24,4%, uma vez que algumas atividades foram excluídas.

Com a realização do mapa de deslocamento, foi visto que o mantenedor mecânico se deslocava **921 m** e o mantenedor eletricitista **2.258 m**.

A aplicação da seqüência otimizada na máquina inicial não foi realizada a tempo de ser incluída neste trabalho, pelo tempo de execução do projeto de TRF ter se estendido além do esperado. No entanto, a nova seqüência obtida foi utilizada em uma parada para manutenção preventiva numa máquina empacotadora equivalente à que estava sendo analisada. O resultado obtido foi de **150 minutos de intervenção, ou 2h30, ou seja, uma redução de 63,4% do tempo de atividades internas**, o que significa um aumento de disponibilização de 260 minutos ou 4h20 por máquina.

A metodologia de aplicação, desenvolvida com base na análise das oportunidades de melhoria de aplicação da TRF, também foi um objetivo do trabalho, de forma que segue abaixo o resultado obtido com o desenvolvimento da metodologia, no quadro 1, abaixo.



Quadro 1: Metodologia desenvolvida para implantação da TRF em paradas de manutenção preventiva.

METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA TRF EM PARADAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA
<u>Planejamento</u>
1. <u>Planejar o projeto</u>
<u>Realização</u>
2. <u>Treinamento</u>
3. <u>Análise do estado atual</u>
a. <i>Realização da filmagem da atividade</i>
b. <i>Análise da atividade pelos filmes produzidos</i>
c. <i>Realização de um mapa de deslocamento dos mantenedores</i>
d. <i>Identificação das atividades internas e externas</i>
e. <i>Cálculo do tempo de set-up inicial</i>
f. <i>Listagem das ferramentas e recursos utilizados pelos mantenedores</i>
4. <u>Melhoria</u>
a. <i>Redução do número de ferramentas utilizadas nos carrinhos dos mantenedores</i>
b. <i>Conversão de atividades internas em externas</i>
c. <i>Elaboração do plano da atividade</i>
d. <i>Reestudo da meta</i>
e. <i>Simulação da atividade</i>
<u>Cheragem do resultado</u>
5. <u>Acompanhamento da aplicação do novo plano da atividade</u>
a. <i>Segunda filmagem</i>
6. <u>Análise do resultado obtido</u>
<u>Ação corretiva</u>
7. <u>Aprimorar o plano da atividade</u>



6. DISCUSSÃO

A forma como a TRF é aplicada na empresa nas paradas para manutenção preventiva apresenta resultados expressivos, mas o modelo de implantação ainda é variado. No projeto de implantação da TRF analisado, as etapas foram realizadas de forma diferente de outros projetos já realizados na mesma empresa, o que vem a reforçar a justificativa da elaboração desse trabalho, com o qual se pretende a padronização dos projetos de implementação da TRF, de forma que os próximos projetos sejam implantados de forma cada vez mais eficiente.

A extensão da duração do projeto além do esperado, assim como os diversos imprevistos ocorridos durante a filmagem mostraram a falta de padronização da operação e o problema gerado pela falta de um treinamento formal com todos os envolvidos.

O tempo dedicado à análise do filme foi de 39h, enquanto havia sido planejado utilizar apenas 18h para esta etapa. Isso se deveu à programação das reuniões com muito tempo de intervalo entre uma e outra, pela dificuldade de todos saírem da área de produção. O longo tempo entre uma seção e outra acabava dificultando a lembrança, pelos integrantes da equipe da intervenção, do que estavam realizando nas atividades mostradas no filme. Esse problema pode ser atacado pela maior conscientização dos gerentes de produção e de manutenção das áreas de produção da importância do projeto.

Foi percebido que os mantenedores levavam para a manutenção da máquina uma grande quantidade de ferramentas, mas as que eles realmente precisavam eram em quantidade muito inferior. Já o operador, apesar de precisar de ferramentas e recursos, não os tinha com ele, precisando conseguir emprestadas no momento em que precisasse, durante a intervenção.

O deslocamento dos mantenedores é, provavelmente, maior do que o necessário, dadas as atividades realizadas que foram depois excluídas da seqüência. No entanto, como não houve a filmagem da aplicação da seqüência otimizada, não foi possível analisar a redução de deslocamento efetuado para comprovar esta hipótese.

A redução do tempo teórico de máquina parada de 70,7%, ou 120 minutos de intervenção, obtida com a elaboração da seqüência otimizada, foi inferior à alcançada com a separação das atividades internas e externas (74,4%), porque, como dito anteriormente, algumas atividades que não foram filmadas tiveram que ser incluídas, aumentando o tempo de realização das atividades internas.



O tempo total da intervenção também foi reduzido, em 24,4%, embora este não fosse o foco do trabalho. Esse valor foi alcançado pela eliminação de atividades desnecessárias e não pela melhoria de atividades externas, pois isso será realizado numa etapa posterior, para o ganho da equipe de manutenção e não para uma maior produção pela utilização das máquinas. O foco da aplicação da TRF foi a redução do tempo de máquina parada.

Embora se tenha alcançado uma redução teórica prevista de 70,7%, a meta inicial de redução de 50% foi mantida, pois, como foi visto, houve algumas anomalias durante a filmagem, inclusive o tempo em que a câmera foi desligada, durante o almoço. As atividades realizadas durante esse tempo tiveram o tempo estimado e não cronometrado.

O resultado obtido de **150 minutos de intervenção, ou 2h30** representou uma redução de **63,4% do tempo de atividades internas**, um valor superior à meta especificada (50%) e apenas um pouco abaixo do valor teórico previsto (70,7%). Esta discrepância em relação ao resultado previsto foi atribuída ao fato desta intervenção ter sido realizada antes da validação final das seqüências de atividades e do conhecimento total das etapas de realização por parte de cada integrante, obtida durante a etapa de simulação, que ocorreu depois desta intervenção. No entanto, mostra que o resultado previsto tem grandes chances de ser o resultado real obtido na máquina trabalhada quando todas as etapas finais forem realizadas.

A diversidade do grupo de implantação, com representantes das áreas de produção, manutenção e qualidade (implantação da TRF) garantiu a utilização de diferentes pontos de vista no projeto e contribuiu para o envolvimento de todos, permitindo grande quantidade de sugestões de melhoria da atividade de *set-up* analisada.

A metodologia de aplicação foi desenvolvida com a análise das oportunidades de melhoria de aplicação da TRF. Tem como base o ciclo de melhoria PDCA, para deixar clara a seqüência de etapas a serem seguidas e o que deve ser feito em cada uma delas, a fim de permitir o acompanhamento do processo. Ao mesmo tempo em que é detalhada, a metodologia não se prende a peças, equipamentos ou atividades específicas, podendo ser facilmente aplicada em qualquer parada de manutenção preventiva.



7. CONCLUSÃO

A aplicação da Troca Rápida de Ferramentas às paradas de manutenção preventiva apresentou resultados positivos esperados, aumentando a disponibilização de equipamentos para a produção e garantindo a realização da atividade de manutenção preventiva.

O projeto de aplicação é complexo, envolvendo vários setores, como a produção, a manutenção e a equipe responsável pela aplicação, que no caso estudado foi a de Qualidade. O envolvimento de todos e o conhecimento da ferramenta é essencial para o sucesso do trabalho. O desenvolvimento do projeto inclui diversas etapas, devendo seguir uma metodologia clara e padronizada, a fim de possibilitar uma melhor previsão do resultado e do prazo de obtenção deste resultado. A metodologia proposta, desenvolvida neste trabalho, foi realizada pela análise de oportunidades de melhoria percebidas durante a prática do projeto. Ela apresenta a seqüência de aplicação de forma clara, pormenorizada e pode ser facilmente aplicada a diversos projetos de implementação da Troca Rápida de Ferramentas.

REFERÊNCIAS

BURGER, Marcos. **O Balanced ScoreCard no monitoramento do Desempenho do processo de implementação da Produção enxuta**: um estudo de caso. Recife: UFPE, 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, 2004. p.11 – 47.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC- Controle da Qualidade Total**: no estilo japonês. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas; CHASE, Richard. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

LIKER, Jeffrey. **O Modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção** - além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Júlio Aquino. **Manutenção** - função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta** – uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.



SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção**, do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

Artigo recebido em 2007 e aceito para publicação em 2008