

Aplicação da metodologia Methods-time Measurement (MTM) em uma empresa metal-mecânica

Guilherme Gorgulho (UNIMEP) ggorgulho@gmail.com
Carlos Roberto Camello Lima (UNIMEP) crclima@unimep.br

Resumo:

O maior desafio das empresas consiste no desenvolvimento de recursos que visam a eliminação de desperdícios, aumento de produtividade, redução de custos e a utilização correta da mão-de-obra. Com intuito de minimizar a ocorrência destes problemas, as ferramentas do lean manufacturing e a metodologia Methods-time Measurement (MTM) são utilizadas frequentemente nas empresas, com finalidade de obtenção imediata de melhorias. Na condução da aplicação MTM para atingir os objetivos propostos, é essencial que a escolha do sistema seja da forma mais correta possível, pois a escolha errada acarretará na condução de forma incorreta da aplicação. Os desperdícios geram maiores problemas para as empresas, tais como: atraso na entrega de peças para os clientes, baixa produtividade e ineficiência da produção gerando custos adicionais não planejados, como, por exemplo, hora extra. O presente estudo foi realizado em uma empresa de autopeças classificada como metal-mecânica, que tem como objetivo analisar e aplicar a metodologia MTM no chão de fábrica, e posteriormente, propor uma avaliação referente a esta aplicação. Os resultados indicaram que o comprometimento da equipe foi imprescindível para almejar o objetivo proposto e que a aplicação da metodologia MTM é uma boa solução para enfrentar os desperdícios encontrados no chão de fábrica, trazendo como benefício o aumento de produtividade. A conclusão que se chegou é que a aplicação do MTM é uma solução para enfrentar problemas oriundos do chão de fábrica, e as flutuações de demanda, trazendo para as empresas inúmeros benefícios, como: produtividade; redução de custos e melhoria ergonômica dos colaboradores.

Palavras chave: Tempos e Métodos, Tempos Pré-determinados, Manufatura Enxuta.

Application and Review of Methods-time measurement (MTM) in a metalworking company

Abstract

The biggest challenge for companies is to develop resources aimed at eliminating waste, increasing productivity, reducing costs of production processes and the proper use of hand labor. In order to minimize the occurrence of these problems, lean manufacturing tools and the Methods-Time Measurement methodology (MTM) are often used in business, in order to obtain immediate improvements. In the conduct of MTM application to achieve the proposed objectives, it is essential that the system of choice is the most correct way possible, because the wrong choice will result in driving incorrectly applying. Waste generate major problems for businesses, such as late delivery of parts to customers, low productivity and inefficiency of production generating additional unplanned costs, such as, overtime. This study was conducted in an auto parts company classified as metal-mechanics, which aims to analyze and apply the MTM methodology on the shop floor, and subsequently propose an evaluation concerning this application. The results indicated that the team commitment was essential to target the proposed objective and that the application of the MTM method is a good solution to address the waste found on the factory floor, bringing benefits as increased productivity. The conclusion reached is that the application of MTM is a solution to tackle problems arising from the plant floor, and demand fluctuations, bringing numerous benefits to companies, such as: productivity; cost reduction and ergonomic improvement of employees.

Key-words: Methods-time Measurement (MTM), Predetermined Time, Lean Manufacturing.

1. Introdução

A realidade na qual as organizações estão incluídas nos dias de hoje é de um mercado competitivo acirrado, que exerce inúmeros desafios atrelados ao aumento de produtividade, redução de custos, inovação, desenvolvimento de novos produtos e prazos de entrega mais curtos. Em paralelo, deve-se verificar a condição de trabalho dos colaboradores que estão inseridos neste processo, com o intuito de proporcionar aumento de produtividade e de qualidade. Devido à alta competitividade entre as empresas, a eliminação dos desperdícios presentes no processo produtivo faz com que o nível de exigência por parte dos gestores se torne cada vez mais alto.

Womack e Jones (1998) corroboram que Taiichi Ohno é considerado o gestor mais crítico em relação ao desperdício, pois passava seu tempo avaliando o sistema de produção, com o intuito de identificar desperdícios, ou ainda potenciais do mesmo. Com isto, Ohno identificou sete tipos de desperdícios: superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, deslocamento e refugo/retrabalho.

Neste sentido, a utilização da filosofia Lean Manufacturing (manufatura enxuta) e suas ferramentas têm como foco a eliminação de quaisquer tipos de desperdícios presentes no processo, sendo considerada uma cultura difundida em diversas empresas ao redor do mundo. A utilização destas ferramentas adequadamente traz como benefícios: i) redução de custos ii) aumento de produtividade iii) otimização do processo iv) mapeamento do fluxo e v) qualidade contínua. Os benefícios advindos do Lean Manufacturing tornam-se requisitos obrigatórios para a sobrevivência das empresas.

Na literatura, existem diversas aplicações da metodologia MTM sob inúmeras circunstâncias, tais como análise de carga de trabalho ergonômico (Laring; Forsman; Kadefors e Örtengren, 2002); suporte ao projeto de células de manufatura (Sugai; Lobo; Novaski e Lima, 2003); avaliações ergonômicas (Törnström; Amprazis; Christmansson e Eklund, 2008); simulação de movimentos humanos e tempos pré-determinados (Kuo e Wang, 2009); redução de lead-time (Kuhlang; Edtmayr e Sihn, 2011); balanceamento de linha de produção (Oliveira; Bento Da Silva e Helleno, 2011); definição de tempo embasado em movimentos em um posto de trabalho-montagem (Cho e Park, 2014); e redução de custos para usinagem enxuta (Seifermann; Böllhoff; Metternich e Bellaghnach, 2014).

Neste artigo, será abordado um estudo de caso, utilizando ferramentas do lean manufacturing e sistemas de Tempos e Métodos Pré-determinados, com intuito de otimizar o processo de produção e redução de custos em uma célula de produção.

2. Revisão Bibliográfica

A análise minuciosa da decomposição do tempo em processos de manufatura possibilita a eliminação de movimentos inúteis, podendo simplificar, racionalizar e combinar movimentos úteis, proporcionando economia de tempo e esforços para os colaboradores. De acordo com Meyers (1999) e Barnes (2013), Taylor pode ser considerado o precursor da utilização de cronômetros na produção.

Maynard (1977), Meyers (1999) e Barnes (2013) definem o estudo de movimentos e de tempos em um estudo sistemático dos sistemas de trabalho, almejando as seguintes finalidades: i) desenvolver o sistema e o método preferido (usualmente o de menor custo); ii) padronizar este sistema e método; iii) determinar tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, para executar em um ritmo normal uma tarefa ou operação específica; e iv) realizar um treinamento com os colaboradores, sob o método escolhido.

Nos dias de hoje, a ênfase é na definição de sistemas e métodos de trabalho, ou seja, determinar o modelo ideal ou o mais próximo possível para ser utilizado na prática. Em contrapartida no, passado, a ênfase era em relação aos métodos existentes, em vez de definir o problema e buscar a solução. Portanto, pode-se dizer que os estudos de movimentos e de tempo se complementam, ou seja, analisando separadamente cada um dos estudos não é possível analisar e realizar melhorias nas operações.

O Methods-time Measurement ou MTM surgiu em 1948 por meio dos pesquisadores H. B. Maynard; G. J. Stegernerten e J. L. Schawab, sendo que este método utiliza tempos pré-determinados, sendo amplamente reconhecido como uma ferramenta importante para os engenheiros e analistas de tempos e métodos, entre outros profissionais que estão inseridos nas organizações (MAYNARD, 1977).

Neste cenário, o MTM destaca os pontos positivos e negativos oriundos do processo de produção, referindo-se às atividades que são influenciadas pelo homem e a sua relação movimento x tempo. A aplicação desta metodologia pode se dar em diversas áreas, tais como análise de ergonomia, aumento de produtividade, redução de lead-time, realização de balanceamento em linhas de produção, dentre outros.

Segundo MTM (2005), esta metodologia pode ser caracterizada como um instrumento de descrição, estruturação, concepção e de planejamento de trabalho utilizando métodos definidos, resultando em um trabalho padrão para sistemas de produção de alta capacidade. Os objetivos desta metodologia são: criar processos transparentes, identificar potenciais economias de custo, planejar o trabalho almejando resultados, aplicar os princípios de ergonomia e documentar o processo de trabalho adequadamente.

Com o auxílio da metodologia MTM, é possível definir o tempo padrão para cada movimento; posteriormente, é possível compor o tempo do movimento completo. Obtendo estes dados, é possível determinar a capacidade de produção de uma máquina ou uma linha de montagem, avaliando com maior precisão o espaço físico necessário e mensurar a quantidade de pessoas para realizar a operação. Em contrapartida, em uma linha de produção já instalada, o MTM auxilia a diminuir a influência negativa das restrições de produção.

A metodologia MTM deve ser utilizada de modo uniforme em qualquer atividade presente nas operações industriais que necessitam de planejamento, organização e execução de determinada operação. Esta metodologia abrange um conjunto de conhecimentos sobre o trabalho nas organizações e, se bem realizadas, tendem a estabelecer um ritmo de trabalho atrelado a uma ótima produtividade, com a minimização de problemas ergonômicos.

Dentre os movimentos que o MTM abrange, pode-se afirmar que os movimentos básicos são: alcançar, pegar (agarrar), mover, posicionar e soltar. Estes movimentos básicos compõem entre 80% e 85% dos procedimentos totalmente influenciáveis pelos seres humanos. Além dos movimentos básicos, a metodologia MTM reconhece outros movimentos que são utilizados para descrever os movimentos, dentre eles: aplicar pressão, girar, desengatar (separar), soltar carga, andar, passo lateral, girar o corpo, inclinar, abaixar, ajoelhar sobre um joelho, ajoelhar sobre ambos os joelhos, sentar e levantar de uma posição sentada, sentar e funções visuais (MAYNARD, 1977 e MTM, 2005).

O tempo para cada um destes movimentos é determinado não somente pelas condições físicas envolvidas na execução, mas também levam-se em consideração sob quais condições os movimentos são realizados. Para a realização dos movimentos descritos da metodologia MTM, é ideal considerar as influências: i) distância do movimento e ii) grau de dificuldade.

A aplicação da metodologia MTM está diretamente atrelada ao processo de melhoria contínua nos postos de trabalho, pois as alterações nas atividades de sequenciamento de movimentos,

melhoria nas operações industriais, aquisição de novas máquinas ou ferramentas, reestruturação de layout na produção evidenciam uma melhoria substancial no tempo de produção.

É importante ressaltar que a unidade de tempo utilizada nos sistemas MTM para realizar a mensuração dos movimentos básicos é denominada TMU (Time Measurement Unit), podendo ser chamada também de unidade de medida de tempo, sendo a unidade usual da metodologia. Como referência, 1 TMU é igual a 0,036 segundos.

A capacidade de medir o desempenho das operações pode ser vista como um pré-requisito importante para a melhoria e, por isso, as empresas têm aumentado os recursos de seus sistemas de medição de desempenho ao longo dos últimos anos.

3. Estudo de Caso

O presente trabalho foi realizado em uma empresa multinacional de autopeças, classificada como metal-mecânica. Esta empresa pode ser considerada com uma das líderes mundiais nos produtos que desenvolve, possuindo milhares de colaboradores espalhados pelo mundo. O pensamento da empresa é aliar tecnologia, inovação e criatividade com foco no cliente para a resolução solução de problemas.

Na organização da empresa, tem-se presente a utilização de programas de melhoria contínua, que têm como intuito eliminar quaisquer desperdícios presentes nas áreas de fabricação. Por questão de privacidade, a empresa estudada não terá seu nome mencionado.

O gerenciamento da metodologia de tempos pré-determinados fica a cargo do setor denominado Melhoria Contínua, além de ser responsável também pela elaboração e preparação de workshops, kaizens, shop floor management, projetos Six Sigma, em suma, o setor é responsável por ministrar treinamentos sobre estas técnicas para que os processistas de todas as áreas de produção possam aplicar esta técnica. A primeira atividade foi realizar um treinamento em conjunto com a empresa MTM do Brasil, para todos os engenheiros de melhoria contínua da fábrica e alguns outros colaboradores e, no fim deste treinamento, receberam a certificação do sistema MTM-1.

O presente estudo de caso é referente a uma aplicação da metodologia MTM em uma célula de usinagem e montagem, com o intuito de aumentar a produtividade de peças por hora, atrelado à redução de custos no processo de produção. O engenheiro de melhoria contínua da área escolhida no desenvolvimento deste trabalho é incumbido de montar a equipe para realizar a aplicação MTM. Procura-se, como proposta, conciliar os conhecimentos dos técnicos e funcionários indiretos com os funcionários diretos.

4. Aplicação da metodologia MTM

A Figura 1 apresenta o processo de melhoria contínua da aplicação da metodologia MTM. O processo da aplicação da metodologia MTM será embasado em Sugai (2003).



Figura 1 – Processo de melhoria contínua na aplicação MTM

As cinco fases para realizar melhorias nas atividades industriais da empresa analisadas, são caracterizadas como:

a) Selecionar atividade: a alta administração, ou o setor incumbido por realizar as melhorias na

fábrica, deve estabelecer e indicar em qual posto de trabalho a aplicação de MTM será realizada. Porém, deve-se escolher as atividades em que os desperdícios estão presentes, ou ainda máquinas que são consideradas gargalo;

- b) Sequenciar operações: após a escolha da atividade, o próximo passo é definir qual o sistema da metodologia MTM será empregado na atividade. Decidiu-se utilizar o sistema MTM-1, pois é o mais adequado às condições de trabalho em que se encontra a atividade selecionada;
- c) Identificar movimentos: o grupo de melhoria que desenvolveu este trabalho deveria identificar todos os movimentos envolvidos na atividade, levando em consideração o comprimento do movimento e o grau de dificuldade;
- d) Associar valores de tempo: após a escolha do sistema MTM a ser utilizado, deve-se coletar as tabelas correspondentes desenvolvidas pela Associação MTM e associar unidades de tempos para cada movimento básico de trabalho;
- e) Definir padrão de tempo: composição do tempo global das atividades, resultante do tempo padrão de cada movimento;
- f) Melhorias nas atividades: durante a análise dos movimentos, são identificadas possíveis melhorias a serem consideradas nos postos de trabalho, com o propósito de melhorar e adequar os postos aos colaboradores.

Na Figura 2, o layout da célula na qual este artigo foi aplicado é esquematizado, tanto para a área de usinagem, como para a montagem final do produto.

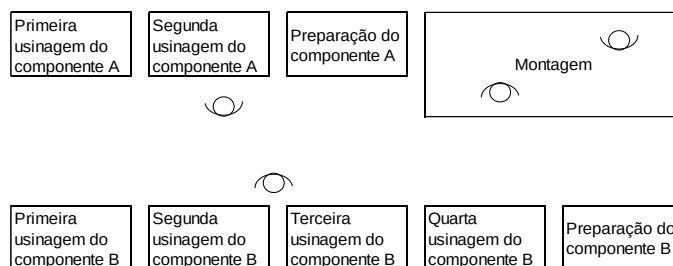


Figura 2 – Layout da célula de produção

Nota-se que a célula piloto consta de dois componentes (A e B), que são utilizados na montagem para realizar a junção entre eles. Além disto, esta célula possui quatro colaboradores, sendo que o operador do componente A é responsável pelos três postos de trabalho, enquanto que o operador do componente B é responsável pelos outros cinco postos de trabalho. Para realizar a montagem do produto que é fabricado nesta célula, o mesmo tem que necessariamente passar por todas as etapas do processo anteriores à montagem, levando em consideração aspectos de qualidade.

Porém, os dois colaboradores situados na montagem realizam a unificação dos componentes, além de uma série de testes de qualidade para minimizar a ocorrência de reclamações oriundas de clientes, e, por fim, embalar as peças de acordo com o cliente. A aplicação MTM foi realizada em toda a célula de usinagem e montagem, que terá um maior foco na aplicação, pois o alto índice de handling (manuseio de peças) entre os colaboradores torna-se um potencial de melhoria no processo.

Em contrapartida, as células de usinagem que produzem os componentes a serem montados necessitam de melhorias ergonômicas, atualização da tecnologia utilizada em ferramentais e insumos, além das intervenções nos componentes de máquinas por parte da manutenção, a fim de garantir a estabilidade do processo.

Antes de realizar a análise dos tempos e movimentos na célula, tomou-se o cuidado de analisar todas as peças que são produzidas nesta célula, com o intuito de avaliar se todos os produtos possuem as mesmas características geométricas e dimensionais.

Na Figura 3, está ilustrada a análise atual da aplicação do sistema MTM, que foi dividido em quatro fases: i) montagem dos componentes ii) testes de qualidade iii) embalagem de acordo com o cliente e iv) abastecimento de componentes.

MTM-1 Análise da aplicação - Situação Inicial			
Centro de Trabalho Montagem			
#	Descrição	Etapas	TMU
1.	Montagem dos componentes	1	541,6
2.	Testes de qualidade	2	387,6
3.	Embalagem de acordo com o cliente	3	141,4
4.	Abastecimento de componentes	4	54,2
Tempo Básico		t_b in TMU:	1.124,8
Tempo Básico		t_b in seg:	40,5

Figura 3 – Análise situação atual (montagem)

Na aplicação da metodologia MTM, percebeu-se a realização de movimentos desnecessários, sendo que todas as etapas para realizar a montagem do produto são realizadas manualmente, ou seja, não há automatização. Este pode ser considerado um dos indícios de um tempo de ciclo elevado; entretanto, é iminente a necessidade de diminuir este desperdício por meio de melhorias no processo, com o intuito de aumentar a produtividade.

A primeira melhoria que foi questionada foi referente ao percurso dos colaboradores em toda a célula de usinagem e montagem, pois no atual momento não existe um padrão de fluxo definido, resultando em um percurso para os dois colaboradores da usinagem de 8 km por turno.

Entretanto, o grupo de melhoria definiu um padrão de trabalho após a aplicação da metodologia MTM, em que o percurso dos operadores da usinagem caiu para 3,5 km por turno, porém esta proposta pode e deve ser melhorada com a movimentação de máquinas. Após realizar a avaliação do layout da célula de manufatura, partiu-se para a análise da montagem, a qual irá demandar a maior parte das melhorias atreladas à aplicação MTM. A Figura 4 ilustra o layout da situação inicial.

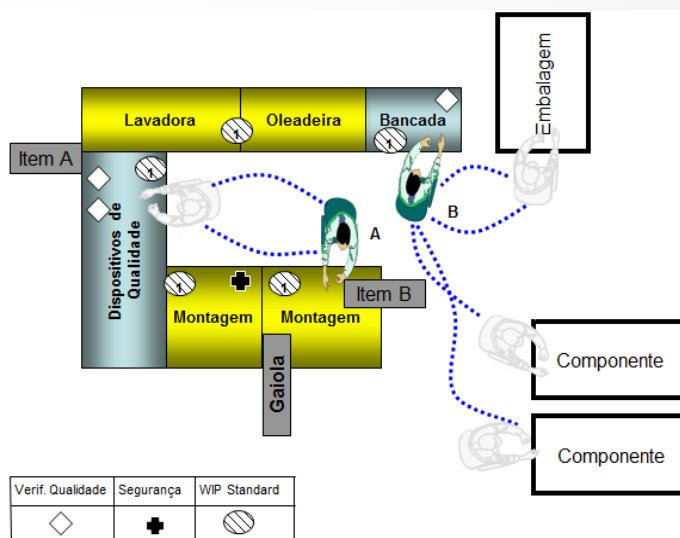


Figura 4 – Layout atual da montagem

A situação torna-se necessária, com o intuito de realizar uma série de melhorias, pois o tempo de ciclo atual é de 40 segundos por peça, trabalhando em três turnos com dois operadores. Este tempo é decorrente da análise MTM e considera as operações manuais e automatizadas.

Desta forma, a proposta e a análise das melhorias foram realizadas com o auxílio da técnica denominada mock up, em que o posto de trabalho é representado por caixas ou outros dispositivos, com o intuito de mapear a operação e avaliar possíveis melhorias e potenciais de melhoria. Com o objetivo de alcançar os objetivos propostos pelo MTM, faz-se necessário as melhorias listadas a seguir: sistema de alimentação (adequação de postos de trabalho, aproximação de postos de trabalho, movimentação de peças empurrada, e a eliminação de alguns controles que são realizados demasiadamente), postos de trabalho automatizados (com intuito de melhorar o processo de lavagem devem-se desenvolver sistemas automatizados, liberando a mão-de-obra dos colaboradores para realizar outras tarefas simultaneamente), estações de trabalho de controle e embalagem (sistema automatizado para os controles de qualidade, eliminação de controles de qualidade e redução das distâncias de processos) e abastecimento (transferir esta responsabilidade para o setor de logística, criando uma rota de abastecimento, obtendo potencial para abastecer todas as células).

Situação Proposta

O grupo de melhoria levantou possibilidades de aprimorar diversos aspectos, como ergonomia, produtividade, posicionamento de máquinas, desenvolvimento de novos sistemas, sendo que todas estas propostas foram validadas com os operadores dos três turnos, chefia e supervisão, mostrando a integração e interesse da aplicação desta metodologia.

A partir de todas as melhorias citadas anteriormente, a situação proposta por meio da aplicação da metodologia MTM na montagem está representada na Figura 5.

MTM-1		Análise da aplicação Situação Proposta	
Centro de Trabalho		Montagem	
#	Descrição	Etapas	TMU
1.	Montagem dos componentes	1	379,9
2.	Testes de qualidade	2	446,0
3.	Embalagem de acordo com o cliente	3	141,4
4.	Abastecimento de componentes	4	54,2
Tempo Básico		t_g in TMU:	1021,6
Tempo Básico		t_g in sec:	37,0

Figura 5 – Análise da aplicação da situação proposta

Comparando o layout da situação inicial com o proposto, conforme Figura 6, algumas considerações devem ser feitas, tais como a redução de área consolidando o processo e, por consequência, deixando as operações menos distantes, diminuição de controles de qualidade, por meio da automatização dos mesmos, e uma maior facilidade de trânsito dos colaboradores para colher os componentes.

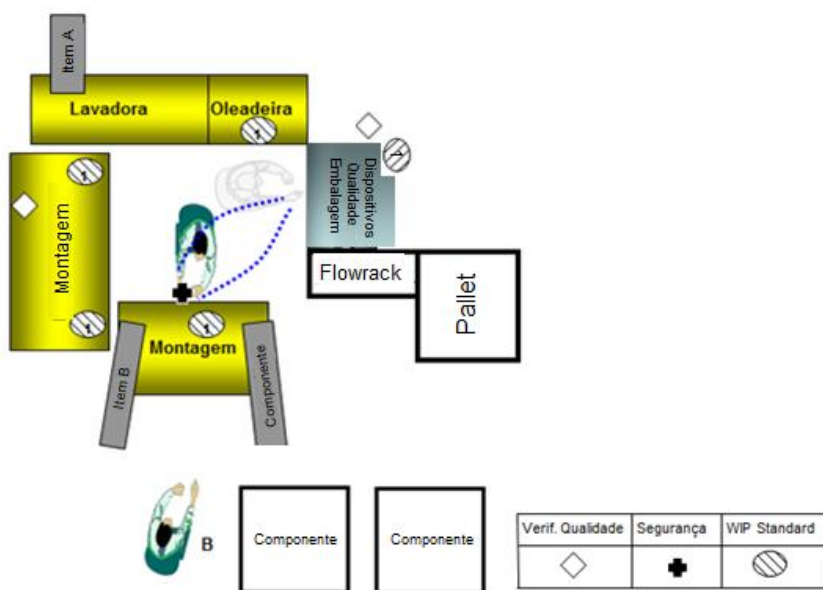


Figura 6 – layout da situação proposta da montagem

As atividades que devem ser realizadas com o intuito de atingir o objetivo foram classificadas em um plano de ação, constando problema (descrição), responsável, prazo e status. Para realizar o monitoramento e controle destas ações, o engenheiro de melhoria contínua é responsável por realizar reuniões periódicas sobre o tema, com o intuito de identificar o andamento das ações.

4. Avaliação da metodologia MTM

No desenvolvimento do embasamento teórico deste trabalho notou-se que a aplicação da metodologia MTM ao longo dos anos, vem se tornando uma ferramenta de auxílio para o

aumento de produtividade, redução de custos e melhoria na ergonomia.

Em um primeiro momento buscou-se analisar outros trabalhos de âmbito mundial dentro da própria empresa (benchmarking), como também no próprio estudo de caso realizado neste trabalho, com o intuito de identificar qual ou quais fatores influenciam negativamente posteriormente a aplicação da metodologia MTM. Deste modo, estas influências acabam transformando em dificuldades na intenção de almejar as metas propostas. Pode-se dizer que as dimensões que mais influenciam na eficácia da metodologia MTM são: máquina, logística e ergonomia

A proposta de avaliação consiste primeiramente, na atribuição de notas em uma escala de 1 a 3 sendo respectivamente: ruim, médio e bom. Esta atribuição deverá ser realizada para uma série de perguntas de acordo com a dimensão a ser analisada. Porém para cada dimensão, ocorrerá a realização de perguntas individuais. A avaliação de uma modo geral contém vinte e nove perguntas, sendo divididas da seguinte maneira: máquina (perguntas levando em consideração o aspecto organizacional e técnico) logística e ergonomia.

As perguntas responsáveis para avaliar a eficácia da metodologia MTM surgiram por meio do monitoramento e controle dos KPIs oriundos da produção. Além do acompanhamento de métricas de desempenho, notou-se necessário acompanhar diariamente as ocorrências na produção, pois a mensuração de alguns fatores necessitam ser realizadas por meio do trabalho on the job (prática de levantamento de dados no chão de fábrica).

A Figura 7 traz um questionário levando em consideração a aplicação do MTM. A taxa de ponderação é uma pontuação que varia de um a três (1 a 3), sendo utilizada para o cálculo dos pontos alcançáveis e realizados, que tem como finalidade realizar o cálculo do indicador de cada dimensão.

As equações 1 e 2 exemplificam de que modo são determinados os pontos alcançados e realizados, porém estas pontuações necessitam ser calculadas para cada dimensão, ou seja, três valores para os Pontos Alcançados (PA) e mais três valores para os Pontos Possíveis (PP).

$$Pontos\ Alcançados = \sum_{Pergunta\ 1}^{Pergunta\ 29} Taxa\ de\ Ponderação \times Avaliação \quad (1)$$

$$Pontos\ Possíveis = \sum_{Pergunta\ 1}^{Pergunta\ 29} Taxa\ de\ Ponderação \times Avaliação\ Máxima\ (Bom: 3) \quad (2)$$

Na aplicação da metodologia MTM para a célula analisada, tem-se os seguintes resultados:

- a) Pontos Alcançados: máquina (90); logística (38) e ergonomia (20);
- b) Pontos Possíveis: máquina (123); logística (51) e ergonomia (33).

Com a finalidade de se determinar o indicador para cada dimensão, o questionário deve ser preenchido pelo engenheiro de melhoria contínua, com o intuito de realizar uma autoavaliação sobre o projeto, pelo líder de equipe responsável pela célula que foi realizado o estudo, além do chefe de produção. As equações 3, 4 e 5 explanam o cálculo de cada uma das dimensões avaliadas.

$$Indicador\ Dimensão\ Máquina = 1 - \frac{PA\ Máquina}{PP\ Máquina} \quad (3)$$

$$\text{Indicador Dimensão Logística} = 1 - \frac{PA \text{ Logística}}{PP \text{ Logística}} \quad (4)$$

$$\text{Indicador Dimensão Ergonomia} = 1 - \frac{PA \text{ Ergonomia}}{PP \text{ Ergonomia}} \quad (5)$$

Por meio do estudo de caso, definiram-se os indicadores dimensões: Indicador Dimensão Máquina - 26%; Indicador Dimensão Logística - 25% e Indicador Dimensão Ergonomia - 40%. Isto mostra que a ergonomia nesta aplicação é a dimensão em que se tem o maior potencial de melhoria. Vale ressaltar que devem ser efetuados todos os cálculos para a mesma operação, ou seja, para a célula de usinagem ou para a montagem. No presente trabalho, todos estes indicadores são oriundos da montagem, pois a realização do MTM foi realizada naquele posto.

#	Dimensão	Subgrupo	Pergunta	Taxa de Ponderação	Avaliação		
					Ruim (1)	Médio (2)	Bom (3)
1	Máquina	Setup	As ferramentas estão disposição integralmente e em bom estado?	2			x
2			As ferramentas são disponibilizadas de fácil localização?	2		x	
3			As ferramentas estão identificadas claramente?	2		x	
4			Existe um procedimento de realização de setup?	3		x	
5			Há verificação de ferramenta ou checklist?	3		x	
6			Existem recursos de troca rápida?	3	x		
7			O acesso a máquina é de fácil acesso?	3	x		
8			Há dispositivos para levantar materiais pesados?	3		x	
9		Condição Máquina	A máquina está em boas condições de limpeza?	2	x		
10			A tendência de refugo/retrabalho são esporádicas?	2		x	
11			Qualidade da máquina de modo geral?	2		x	
12			Os dados referentes a eficiência (tempo de ciclo, manutenção e OEE) são monitorados?	3			x
13			Áreas relevantes são acessíveis?	3			x
14			A forma de disposição da máquina está configurada de maneira correta (espaço físico)?	2			x
15			O abastecimento de materiais é separado da operação?	2			x
16			Cabos e mangueiras estão devidamente instalados e protegidos?	2		x	
17			Existem mensagem de erro de forma clara?	2			x
18	Logística	Logística	Princípio FIFO é utilizado no fornecimento de material?	2		x	
19			Matéria-prima, embalagens e produtos acabados são entregues e recolhidos de forma adequada?	2		x	
20			Existe uma rota de abastecimento?	2	x		
21			Existem embalagens padronizadas?	3		x	
22		Fluxo de Valor	O abastecimento de material é realizado de maneira definida por meio de demarcações?	2			x
23			A produção é balanceada?	2			x
24			Parâmetros do processo são adequados em relação ao VSD (Value Stream Design)?	2		x	
25	Ergonomia	-	A máquina gargalo e sua importância é conhecida?	2			x
26			As distâncias entre as estações de trabalho são curtas?	3		x	
27			O sistema de abastecimento das máquinas são adequados?	3		x	
28			O ambiente de trabalho permite aos colaboradores posturas inadequadas?	3		x	
29			Existem restrições de movimentação?	2	x		

Figura 7 – Questionário das três dimensões

5. Análise dos Resultados

A aplicação da metodologia MTM foi realizada em uma célula piloto, devido a uma série de desperdícios recorrentes do processo de produção, com o intuito de mapear e identificar estes problemas. Os resultados obtidos posteriormente à aplicação desta metodologia estão contidos na Figura 8. Os resultados da aplicação da metodologia MTM foram divididos em seis itens, que serão explanados a seguir:

Resumo dos Resultados					
#	Área	Objetivo	Situação Atual	Situação Proposta	Δ
1	Montagem	Reduzir tempo da operação montagem de componentes	19,6 s	13,8 s	30%
2		Testes de qualidade	14,0 s	16,2 s	-16%
3		Embalagem de acordo com o cliente	5,1 s	5,1 s	0%
4		Abastecimento de componentes	2,0 s	2,0 s	0%
5	Usinagem	Reduzir caminhada dos operadores	8,0 km/turno	3,5 km/turno	56%
6	Célula Lighthouse	Aumento da produtividade (por hora)	93,0 peças/hora	102,6 peças/hora	10%

Figura 8 – Resumo dos resultados

- Reduzir tempo da montagem dos componentes: com o mapeamento dos tempos e atividades dos colaboradores situados na montagem, pode-se realizar uma série de melhorias (aproximação entre postos de trabalho, automatização dos controles de qualidade e dos sistema de lavagem) permitindo uma redução de 30%;
- Testes de qualidade: em contrapartida ao item anterior, a realização de todos os testes de qualidade teve seu tempo acrescido em 15% devido à complexidade do projeto para realizar as medições de forma automatizada, retirando o manuseio de peças por parte dos operadores;
- Embalagem de acordo com o cliente: o tempo para embalagem de peças continuou o mesmo, pois o intuito é padronizar as embalagens com os clientes de um modo geral;
- Abastecimento de componentes: com intuito de retirar esta atividade dos operadores, o próximo passo é disponibilizar um colaborador pertencente a logística para abastecer diversas células. Por este motivo, o tempo de abastecimento não foi otimizado;
- Reduzir caminhada dos operadores: realizado de modo geral uma análise no layout da célula de produção, percebeu-se que os operadores do processo anterior a montagem (usinagem) possuíam um potencial de melhoria na caminhada dos mesmos. Pois com pequenas mudanças de bancadas, fluxo de processo e trabalho padronizado, permitiram uma redução de 56% porém vale ressaltar que a redefinição no posicionamento de máquinas (mudança de layout) a melhoria poderá ser ampliada.
- Aumento de produtividade: realizando o fechamento de todas as ações descritas anteriormente anteriormente, têm-se um aumento de produtividade de 11%. O interessante frisar que o abastecimento de componentes não entrou no cálculo, pois esta operação ocorre isoladamente durante os dias. Para realizar o cálculo de número de peças por hora utilizou-se: tempo de montagem dos componentes, testes de qualidade e embalagem de peças.

Porém, podemos afirmar que a cada análise da metodologia MTM novas oportunidades irão surgir, e estes números podem ser ainda melhores. Estes resultados comprovam que a utilização desta metodologia na empresa se faz necessária, com o intuito de aumentar a margem de lucro.

6. Considerações Finais

A evolução dos sistemas MTM é pouco desenvolvida por meio do estado de arte e as referências são baseadas em trabalhos específicos, ou ainda, material de treinamento da própria MTM do Brasil. Porém, as empresas nacionais estão defasadas em relação a seus concorrentes internacionais, na qual possuem todos os seus processos mapeados nesta metodologia. Na empresa considerada neste trabalho a utilização da metodologia MTM está em fase de expansão

por todos os setores.

Em um posto de trabalho, a aplicação da metodologia MTM deve estar vinculada ao processo de melhoria contínua, pois esta metodologia é aplicada em diversos cenários, tais como: concepção de uma célula de produção, alteração no produto, análise de fluxo de layout ou ainda mudanças de máquinas. A utilização da metodologia MTM juntamente com as ferramentas do lean manufacturing, favorecem o aumento de produtividade, além de tornar as empresas sólidas em eliminação de desperdícios desde a concepção do produto ou célula.

Primeiramente, deve-se identificar a atividade ou posto de trabalho em que a metodologia MTM deverá ser aplicada, porém o importante é considerar o recurso gargalo, com o intuito de obter maiores oportunidades de racionalizações. Com a atividade identificada, parte-se para a análise das operações atrelando valores de tempo a cada atividade, com o propósito de definir um padrão otimizado para se trabalhar.

A aplicação da metodologia MTM pode ser uma boa solução para enfrentar os problemas encontrados no chão de fábrica, e também, problemas decorrentes das flutuações de demanda, trazendo inúmeros benefícios, tais como: aumento de produtividade atrelado a uma redução de custos do processo de produção.

Referências

- BARNES, R.** Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida de trabalho. São Paulo: Blucher, 2013.
- CHO, H.; PARK, J.** Motion-based method for estimating time required to attach selfadhesive insulators. Computer-Aided Design. p.68-87. 2014.
- KUHLANG, P.; EDTMAYR, T.; SIHN, W.** Methodical approach to increase productivity and reduce lead-time in assembly and production-logistic process. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. p.24-32. 2011.
- KUO, C.; WANG, M.** Motion generation from MTM semantics. Computers in Industry. p. 339-348. 2009.
- LARING, J.; FORSMAN, M.; KADEFORS, R.; ÖRTENGREN, R.** MTM-based ergonomic workload analysis. International Journal of Industrial Ergonomics. p.135-148. 2002.
- MAYNARD, H. B.** Manual de Engenharia de Produção: padrões de tempos elementares pré-determinados. v.5. São Paulo: Blucher, 1977.
- MTM.** Apostila do Método Básico MTM: Associação MTM do Brasil: São Paulo, 2005.
- MEYERS, F. E.** Motion and Time Study: for Lean Manufacturing. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 339p.
- OLIVEIRA, F.; BENTO DA SILVA, I.; HELLENO, A.** Metodologia MTM (Methodtime Measurement) como uma estratégia competitiva para um balanceamento de linha de produção mais enxuto. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXXI, 2011. p.1-11.
- SEIFERMANN, S.; BÖLLHOFF, J.; METTERNICH, J.; BELLAGHNACH, A.** Evaluation of Work Measurement Concepts for a Cellular Manufacturing Reference Line to enable Low Cost Automation for Lean Machining. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems. p.588-593. 2014.
- SUGAI, M.** Avaliação do uso do MTM (Methods-time measurement) em uma empresa de metal-mecânica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 2003.
- SUGAI, M.; LOBO, C.; NOVASKI, O.; LIMA, P.** Utilização do MTM (Methods-time measurement) para o diagnóstico e projeto de células de produção. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2º, 2003. p. 1-9.
- TÖRNSTRÖM, L.; AMPRAZIS, J.; CHRISTMANSSON, M.; EKLUND, J.** A corporate workplace model for ergonomic assessments and improvements. Applied Ergonomics. p.219-228. 2008.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.** A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.