

ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO DO SET-UP DE ENCAIXE DE PONTAS NA LINHA DE INSPEÇÃO Nº2 – USIMINAS CUBATÃO¹

Danilo Dias Rodrigues²
Karl Kristian Bagger³
Renê de Oliveira França Filho⁴
Fabio Tavares Chamonge⁵

Resumo

As Linhas de Inspeção são linhas de acabamento final, é onde o produto é inspecionado e avaliado pelo inspetor de qualidade, estas linhas possuem uma função essencial que avaliação final do produto antes de ser direcionado ao cliente. As bobinas são desenroladas e inspecionadas para garantir o atendimento as especificações solicitadas pelo cliente em relação a qualidade, dimensão, aplainamento, limpeza superficial, dentre outros parâmetros. A Laminação a frio de Cubatão possui duas linhas de inspeção, este trabalho foi desenvolvido com foco na Linha de Inspeção nº 2. No processo ocorrem algumas operações inerentes ao acabamento final do produto como: - Aparamento de bordas para juste de largura e melhoria no acabamento; Correção da planicidade através do uso da Desempenadeira Tensora; Oleamento da superfície para proteção evitando oxidação; e ao final do processo a bobina é cortada no peso solicitado no pedido e identificado. Durante o processo do material existem três fases principais: o encaixe, processo em regime e desencaixe. As fases de inicio e final de bobina são eventos onde o processo trabalha fora de regime, nestas ocorrem às perdas tecnológicas de produtividade. Estas fases são definidas como “set-up”. O estudo realizado visa analisar o set-up e propor otimizações visando aumentar a produtividade.

Palavras-chave: Redução de tempo de set-up; Aumento de produtividade; Laminação a frio

OPTIMIZATION STUDY FOR HEAD THREADING SET-UP AT INSPECTION LINE Nº2 – USIMINAS CUBATÃO

Abstract

Inspection Lines are finishing lines, it is where the product is inspected and evaluated by the quality inspector. This verifies if the materials are within the specifications requested by the client in relation to surface cleaning, dimensions, flatness, among other parameters. In Inspection Line 2, the material is trimmed to the correct width in function requested by the client, has flatness improved, oiled to protect its surface, weighed and identified. The set-up time is the time between the production of one product and the start of the next one production. Thus, a study was conducted stratifying preparation steps and checking intervention needs which can reduce this time to the Inspection Line 2 in order to increase its productivity. Because of its productive capacity is below the lines that precedes it, is essential to maximizing its productivity. Using monitoring tools and data storage, this paper aims to define an ideal time of set-up for the process and identify critical steps to earning potential in standardization and / or equipment improvement.

Keywords: Reduced set-up time; increase productivity; Cold rolling.

¹ Contribuição técnica ao 50º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 18 a 21 de novembro de 2013, Ouro Preto, MG, Brasil.

² Engenheiro Eletricista – Engenheiro de Produção da Gerência Técnica da Laminação a Frio Usiminas Cubatão – Usiminas. Cubatão, SP, Brasil.

³ Engenheiro Metalurgista – FEI, MBA Especialista em Siderurgia – Poli USP – Gerente Técnico da Laminação a Frio Usiminas Cubatão – Usiminas. Cubatão, SP, Brasil.

⁴ Técnico em Siderurgia – Assistente de Operação da Gerência Técnica da Laminação a Frio Usiminas Cubatão – Usiminas. Cubatão, SP, Brasil.

⁵ Engenheiro Metalurgista – UFOP, CQE, CQA da American Society for Quality; Gerente Geral da Laminação a frio de Usiminas Cubatão, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de tornar o produto mais competitivo e garantir um lugar no mercado cria uma constante busca à melhoria dos processos produtivos. Inovar é a palavra que rege bons resultados em plantas de alto rigor à qualidade do produto.

A Linha de Inspeção nº 2 da Usiminas Cubatão com capacidade produtiva de 28 mil toneladas mês, liberando o produto com inspeção e ainda realizando operações de acabamento agregando alto valor comercial. O equipamento possui: Estação de apartamento de bordas, Desempenadeira sob tensão que permite atender níveis de planicidade altamente rigorosos e Oleadeira eletrostática, com a função de aplicar sobre a tira de aço uma camada fina controlada de óleo protetivo, garantindo a proteção superficial da chapa de aço contra oxidação. A demanda por produtos de maior valor e menores custos de fabricação são os ingredientes de uma empresa competitiva desta forma alvo de melhorias contínuas é permanente.

Produtividade é a relação entre os índices de produção obtidos com os recursos disponíveis ao longo de um período de tempo. Um dos indicadores clássicos é a tonelagem horária, definida como sendo a somatória do peso de produto obtido (bobinas) dividido pelo tempo (em horas) utilizado para esta produção. Com a capacidade mensal de 28 mil toneladas mensais considerando as horas programadas para produção, a tonelagem horária média é cerca de 40 t/h.

O processo da Linha de Inspeção nº 2 é dividido basicamente em três fases: Encaixe, que compreende posicionar uma bobina a ser produzida no mandril de entrada, o início do desenrolamento da bobina até a ponta chegar ao final da linha para ser tensionada e enrolada no mandril de saída e a aceleração até velocidade de regime; Processo, onde a bobina encaixada é desenrolada na velocidade de regime da linha; Desencaixe que é a desaceleração da bobina em processo, sua retirada da Linha e o descarte final do material que não gerou produto. Neste processo existem ainda atividades inerentes ou não (de ajustes) ao processo que ocorrem nas fases iniciais de encaixe e final de desencaixe, afetando o tempo de produção.

Set-up é o tempo total entre o final da produção de um produto e o início de um próximo,⁽¹⁾ e neste caso será considerado *set-up* as fases de encaixe e desencaixe.

O estudo proposto visa identificar e analisar as perdas ou prolongamentos das fases de encaixe e desencaixe propondo redução destas incrementando a produtividade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Definição dos Tipos de *Set-Up* da Linha de Inspeção 2

Analisando as fases em que se divide o processo da Linha de Inspeção 2, como pode ser observado na

Figura 1 - Fases do processo da Linha de Inspeção 2, verificou-se que em duas fases se encontram o tempo de *set-up* da linha e que ele pode ser dividido em atividades como na Figura 2 – *Set-up* na Linha de Inspeção 2, que definimos como etapa de *set-up*.



Figura 1 - Fases do processo da Linha de Inspeção 2.



Figura 2 - Set-up na Linha de Inspeção 2.

A fim de definir um padrão a ser seguido pelos operadores, o *set-up* na Linha de Inspeção 2 pode ser dividido em nove etapas, que coincidem com atividades realizadas pelos operadores que são bem definidas ao longo da linha. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstra de forma didática a estrutura da linha para identificação física das etapas, que foram divididas em:

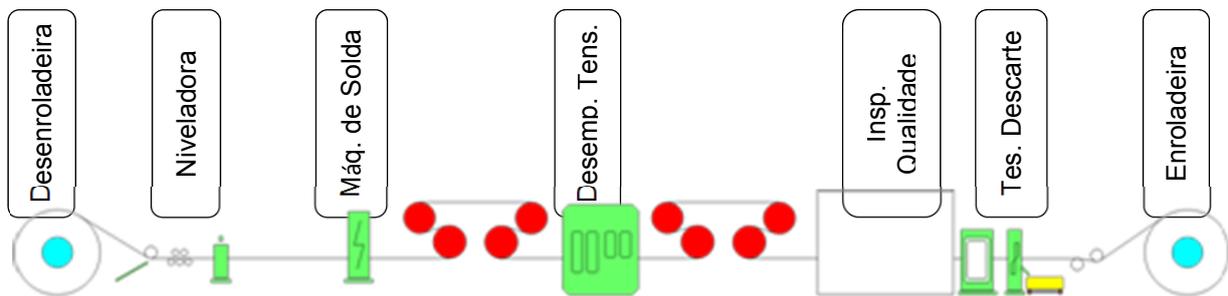


Figura 3 – Layout da Linha de Inspeção 2.

Etapa 1 – Encaixe do rolo na desenroladeira

Inicia no momento que a ponta final do material que está em processo na linha passa pela niveladora e termina quando a ponta inicial do novo rolo que está na desenroladeira passa pela niveladora.

Etapa 2 – Deslocamento da ponta da tira até a máquina de solda

Inicia no momento que a ponta inicial do novo rolo passa pela niveladora e termina quando a ponta chega à máquina de solda.

Etapa 3 – Solda das pontas

Inicia no momento que a ponta inicial passa pelo sensor de entrada da máquina de solda e termina quando a linha se movimenta para inspeção da solda.

Etapa 4 – Inspeção da solda

Inicia no momento que a solda estaciona na saída da máquina para inspeção do operador e termina quando o operador aciona a linha para posicionar a solda à mesa de inspeção.

Etapa 5 – Deslocamento da solda até a saída

Inicia no momento que o operador aciona a linha para posicionar a solda na mesa de inspeção e termina quando a solda chega à mesa.

Etapa 6 – Inspeção do final da tira

Inicia no momento que a solda sai da mesa de inspeção e termina após o corte da tesoura de saída e a ponta final da bobina passa pelo rolo defletor de saída.

Etapa 7 – Descarte do material

Inicia no momento que a ponta final da bobina passa pelo defletor de saída e termina após o descarte a ponta inicial e a nova bobina passa pelo defletor de saída.

Etapa 8 – Encaixe da ponta na enroladeira

Inicia no momento que a ponta inicial da nova bobina é encaixada no mandril e termina quando a linha entra em marcha (passa de 50 mpm).

Etapa 9 – Desaceleração final e ponta fora da desenroladeira

Inicia no momento que a linha desacelera até 50 mpm (metros por minuto) e termina quando a ponta final do material que está em processo na linha sai do mandril da desenroladeira e passa pela niveladora.

Para obter um resultado confiável, primeiramente foi necessária a definição das características do produto a ser analisado, e com apoio dos analistas de operação chegou-se as seguintes faixas de material:

Espessura

Menor igual a 0,60 mm

Maior que 0,60 mm e menor igual a 1,90 mm

Maior que 1,90mm

Largura

Menor que 1000 mm

Maior igual a 1000 mm.

2.2 Coleta dos Dados

O sistema de supervisão e controle da linha foi utilizado para aquisição dos dados tratados neste trabalho, ele permitiu uma homogeneidade e precisão nos valores adquiridos. Desta forma foram coletados dados de aproximadamente 9.910 rolos processados na Linha de Inspeção 2.

Os dados analisados fazem parte de uma gama de material de borda natural, pois estes foram 89% de todo material processado no período aquisitivo, para garantir a consistência do estudo, a partir disto, utilizou-se de ferramentas estatísticas para validação dos dados e então análise.

Com base nos valores obtidos, foi verificada a média do *set-up* realizado para as três classes de espessura nas duas classes de largura. Os resultados apresentados na

Figura 4 - Média de *set-up* para largura maior que 1.000 mm estão separados por espessura e foram obtidos a partir da média de 1.397 amostras. Na Figura 5 - Média de *set-up* para largura menor que 1.000 mm os resultados foram obtidos a partir de 8.067 amostras.

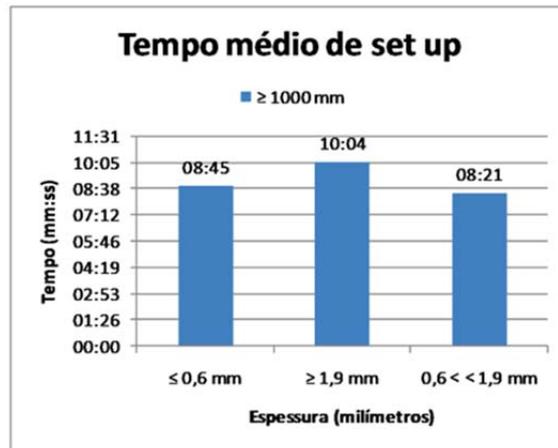


Figura 4 - Média de *set-up* para largura maior que 1.000 mm.

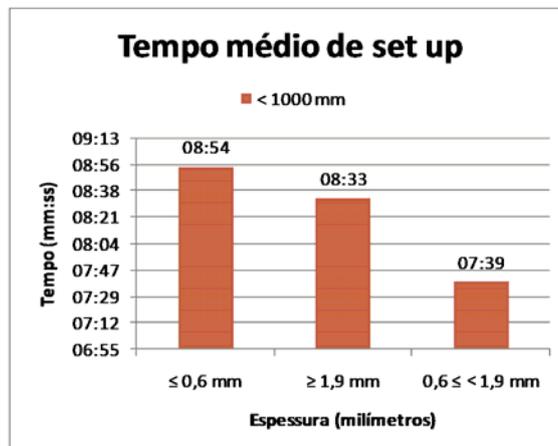


Figura 5 - Média de *set-up* para largura menor que 1.000 mm.

Com o tempo de *set-up* estratificado em etapas foi feita a distribuição dos dados para cada etapa e média classificada por turno, largura e espessura, que serão apresentados posteriormente.

A Figura 6 - Média de *set-up* por turno para largura maior que 1.000 mm apresenta uma média dos tempos praticados por turno de operação, assim sendo possível identificar as melhores práticas e aplicar aos outros turnos.

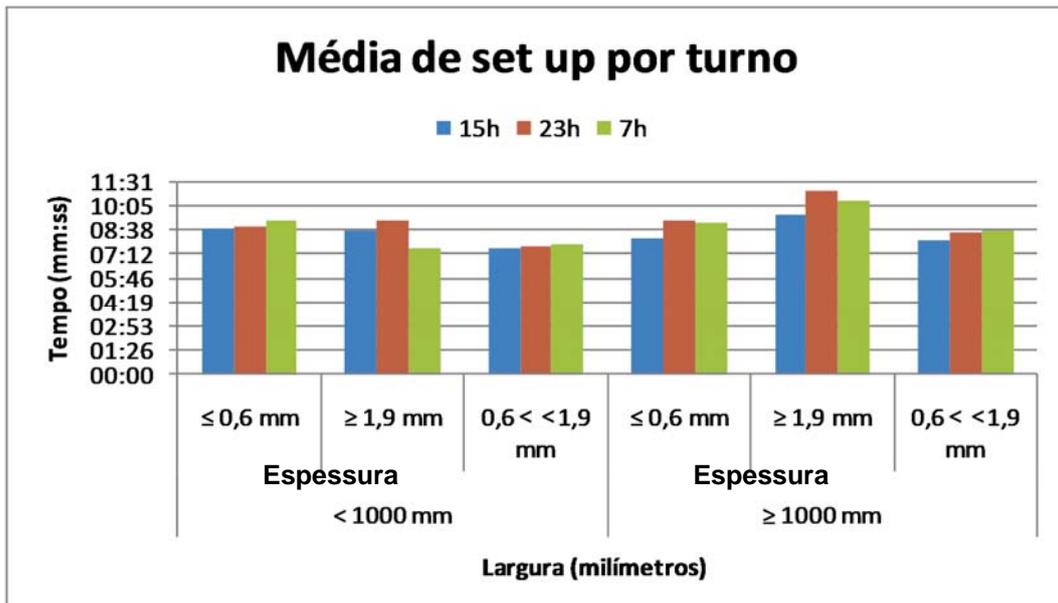


Figura 6 - Média de *set-up* por turno para largura maior que 1.000 mm

3 RESULTADOS

3.1 Definições das Atividades Críticas

Partindo do princípio que os pontos críticos no tempo de *set-up* da Linha de Inspeção 2, são aqueles de maior dependência da ação do operador. A análise dos dados foi estruturada na frequência dos resultados encontrados em cada etapa, comparados com sua média realizada. Determinando os tempos que devem ser considerado padrão, como forma de estudo, ficou definido que a média realizada pelo turno mais eficiente deve ser considerada o tempo padrão, assim sendo, obtivemos particularidades em cada etapa.

A etapa 1 é muito dependente da atuação do operador de entrada, necessitando de uma preparação prévia do rolo, atenção ao final do processo e habilidade para encaixe da ponta inicial do novo material a ser processado.

A distribuição dos dados mostra que aproximadamente 24% dos dados analisados nesta etapa estão acima de 90 segundos, atuando na padronização e treinamento dos operadores para que estes 2.353 rolos atinjam o tempo padrão para cada especificidade de material, a redução estimada no tempo da etapa 1 é de aproximadamente 1 hora e 44 minutos em um mês. A Tabela 1 - Tempo padrão da etapa 1 contém o tempo médio realizado pelo turno 15h que apresentou o resultado mais satisfatório nesta etapa, que pode ser observado na

Figura 7 - Média de *set-up* da etapa 1.

Tabela 1 - Tempo padrão da etapa 1

Tempo padrão	(s)
< 1.000 mm	
≤ 0,6 mm	65
0,6 < < 1,9 mm	64
≥ 1,9 mm	89
≥ 1.000 mm	
≤ 0,6 mm	66
0,6 < < 1,9 mm	68
≥ 1,9 mm	108

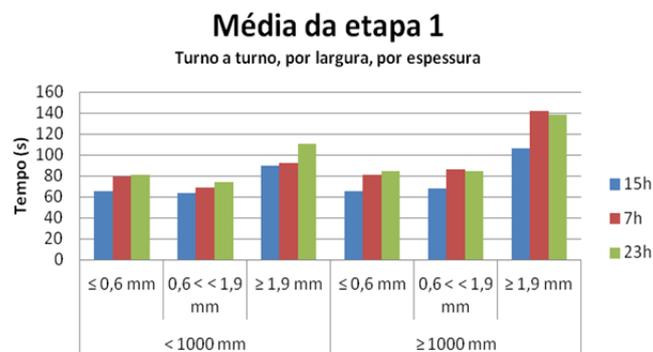


Figura 7 - Média de *set-up* da etapa 1.

A etapa 2 é muito dependente da atuação do operador de entrada, necessitando de uma preparação prévia da ponta da tira e conhecimento operacional para aplicar a melhor sequência de acionamentos durante o direcionamento da ponta da tira. A distribuição dos dados mostra que apenas 12% dos dados analisados

está a média dos tempos realizados por cada turno em cada classe de largura e espessura.

estão acima de 40 segundos, considerando o tempo médio realizado no turno 15h para estes 1.072 rolos, a redução estimada no tempo da etapa 2 é de aproximadamente 35 minutos por mês. A

Tabela 2 - Tempo padrão da etapa 2 contém os tempos assumidos para esses rolos e a

Tabela 2 - Tempo padrão da etapa 2

Tempo padrão	(s)
< 1.000 mm	
≤ 0,6 mm	33
0,6 < < 1,9 mm	32
≥ 1,9 mm	32
≥ 1.000 mm	
≤ 0,6 mm	37
0,6 < < 1,9 mm	39
≥ 1,9 mm	49

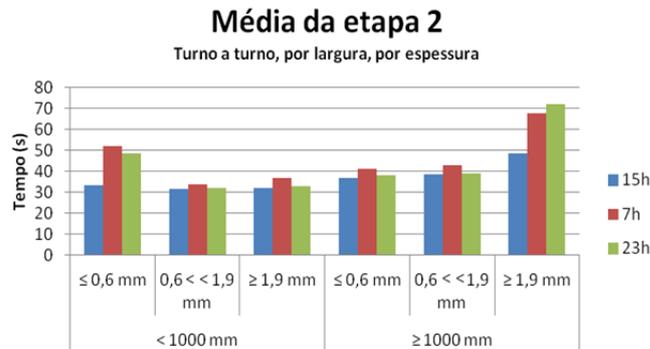


Figura 8 - Média de set-up da etapa 2.

A etapa 3 é automatizada, portanto, quase a totalidade dos dados estão compreendidos dentro do mesmo intervalo. A distribuição dos dados da etapa 3 mostra que apenas 13% dos dados analisados estão acima de 40 segundos, e pela característica desta atividade, estes aconteceram por falha no equipamento. Outro ponto analisado nesta etapa foi a preparação da máquina para execução da solda, e percebido que a centralização da tira de entrada poderia iniciar na etapa anterior, sem que houvesse danos ao equipamento, e assim uma capacidade de redução de aproximadamente 2 segundos, chegando a um ganho de 50 minutos em um mês.

A etapa 4 é uma atividade de verificação, sendo seu tempo impactado apenas pela dúvida na qualidade da solda, o que obriga ao operador aplicar uma inspeção física, além da visual normalmente realizada. A distribuição dos dados desta etapa apresentou uma grande dispersão dos resultados das amostras, o que demonstrou a diferença no tempo de tomada de decisão e/ ou na metodologia de comunicação empregada nos diferentes turnos. Atuando na padronização e treinamento dos operadores, seguindo como adequado o tempo realizado no turno que apresentou melhores resultados, haverá uma redução média de 11 segundos por rolo, proporcionando um ganho de aproximadamente 5 horas e 02 minutos em um mês.

A etapa 5 dependente exclusivamente das características do material em processo e da não intervenção da operação durante esta etapa. A distribuição dos dados desta etapa mostra que apenas 5% dos dados analisados estão acima de 40 segundos,

portando, neste estudo não foi visualizado um ganho real para esta etapa. O tempo realizado é reflexo das limitações da máquina.

A etapa 6 é totalmente dependente da atuação do inspetor de qualidade, necessitando de uma qualificação técnica e conhecimento da atividade a ser realizada. A distribuição dos dados da etapa 6 mostra que apenas 8% dos dados analisados estão acima de 90 segundos, atuando em treinamento dos inspetores e estipulando uma meta de tempo para tomada de decisão, pode proporcionar um ganho em 30 segundos nos 1.750 rolos que estiveram com tempo acima de 90 segundos, haveria um ganho de aproximadamente 42 minutos em um mês.

A Tabela 3 - Tempo padrão da etapa 6 apresenta a média dos resultados realizados no horário de melhor desempenho e a

Figura 9 - Média de *set-up* da etapa 6 apresenta a média dos tempos realizados por cada turno.

Tabela 3 - Tempo padrão da etapa 6

Tempo padrão
< 1.000 mm
≤ 0,6 r
0,6 < < 1,9 r
≥ 1,9 r
≥ 1.000 mm
≤ 0,6 r
0,6 < < 1,9 r
≥ 1,9 r

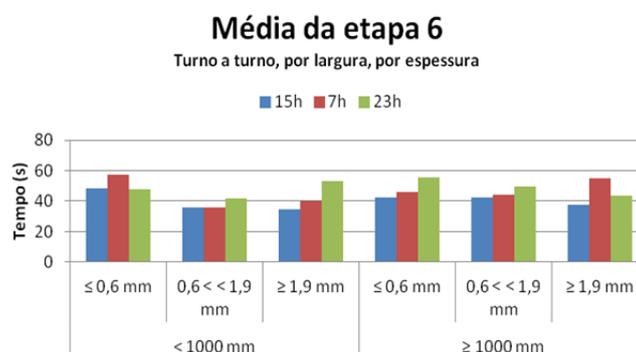


Figura 9 - Média de *set-up* da etapa 6.

A etapa 7 é dependente da qualidade do material, o que determina a quantidade a ser descartada. Sendo este o principal e maior tempo de *set-up* encontrado, existe uma possibilidade de ganho no tempo de atuação da tesoura hidráulica, a forma construtiva deste equipamento permite o avanço da tira para um novo corte após a confirmação de que a navalha não está na posição de corte, isso consiste em alterações na lógica utilizada. Este ganho está em aproximadamente 2 segundos por corte, e como cada descarte leva 11 segundos, seria de aproximadamente 18% do tempo realizado. A Figura 10 - Média de *set-up* da etapa 7 apresenta a média dos tempos realizados por cada turno e a

Tabela 4 - Tempo padrão da etapa 7 as melhores médias por classificação de material, aplicando a redução esperada em todos os rolos haverá uma redução de aproximadamente 3 horas e 51 minutos em cada mês medido.

Tabela 4 - Tempo padrão da etapa 7

Tempo padrão	(s)
< 1.000 mm	
≤ 0,6 mm	162
0,6 < < 1,9 mm	161
≥ 1,9 mm	138
≥ 1.000 mm	
≤ 0,6 mm	170
0,6 < < 1,9 mm	171
≥ 1,9 mm	172

Média da etapa 7

Turno a turno, por largura, por espessura

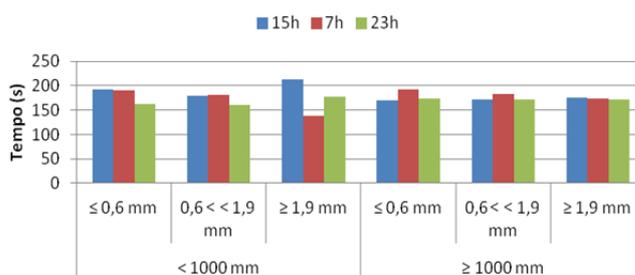


Figura 10 - Média de set-up da etapa 7.

A etapa 8 apesar de acionamentos semi-automáticos, tem uma dependência operacional pela decisão correta do momento em que os eventos devem ser acionados, otimizando o acionamento de um evento simultaneamente quando um outro evento já está ocorrendo.

A distribuição dos dados da etapa 8 mostra que 95% dos dados analisados estão no intervalo de 20 segundos, o que caracteriza uma boa atuação da operação em todos os turnos, isto também pode ser visualizado na Figura 11 - Média de set-up da etapa 8.

Média da etapa 8

Turno a turno, por largura, por espessura

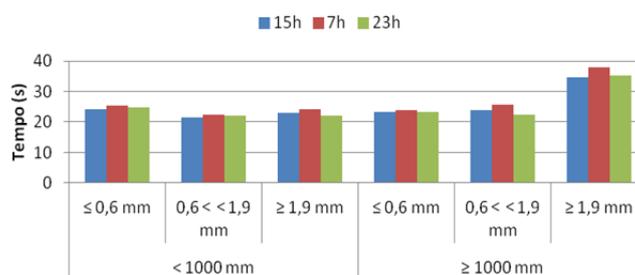


Figura 11 - Média de set-up da etapa 8.

A etapa 9 também depende exclusivamente do material em processo assim como a etapa 5 e suas limitações são a segurança do equipamento. Esta merece um estudo mais aprofundado para se obter possíveis reduções no tempo. A distribuição dos dados da etapa 9 mostra que 94% dos tempos realizados estão no intervalo de 15 a 40 segundos, e a média realizada por cada turno apresenta uma pequena variação devido a quantidade de material produzido em uma determinada espessura, que interfere diretamente no tempo desta etapa.

4 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados neste trabalho demonstram um rendimento mais eficiente do turno 15h, que apresentou os menores tempos em praticamente todas as etapas que são mais dependentes da atuação do operador. A partir disto, o acompanhamento entre os diferentes horários tem o foco de identificar as práticas realizadas neste turno para treinamento e normatização das atividades.

Interferências apresentadas pelos operadores devem ser analisadas pontualmente, identificando possíveis reduções proporcionadas pelo equipamento e/ou atuação do operador.

Hoje o tempo de *set-up* na Linha de Inspeção 2 está em torno de 8 minutos e 43 segundos, um tempo que pode ser reduzido para 7 minutos e 30 segundos com atuação em práticas operacionais, que são as grandes divergências encontradas neste estudo. Com essa redução no tempo de preparação, calcula-se um ganho médio de 27 minutos por turno, que irá proporcionar diretamente um ganho na produtividade da linha.

5 CONCLUSÃO

De posse de dados sólidos e etapas bem definidas, tornou-se possível a visualização de ganhos pontuais, pois quando observado de forma macroscópica os resultados aparentam uma estabilidade satisfatória. A análise mais aprofundada, com mais recursos e variáveis medidas, faz possível o foco em pequenas medidas que podem trazer grande retorno ao longo do tempo.

Como forma de alcançar e manter um resultado positivo é importante criar uma forma de acompanhamento do supervisor do horário sobre os tempos realizados, isto irá trazer grandes resultados à medida que lhe permitirá atuar localizadamente e diariamente.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer as pessoas abaixo pela participação e colaboração no desenvolvimento deste trabalho:

Antônio Marcos Rodrigues – Assistente Técnico da Gerência de Acabamento a Frio da Usiminas Cubatão

REFERÊNCIAS

- 1 MOURA, Reinaldo Aparecido. Redução do tempo de setup. São Paulo: IMAN, 1996.