Unisanta Science and Technology, **2016, 6, July**
Published Online 2016 Vol.5 N°1 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Implantação de linha de produção de grande porte: Caso estudado para projeto de uma linha de Decapagem

Vitor Caio de Almeida[1,2], Marcos Tadeu T. Pacheco[2] e João Inácio da Silva Filho[2]
[1]USIMINAS
Rodovia Piaçaguera km 06, Cubatão - SP, CEP 11573-900.
[2]UNISANTA - Universidade Santa Cecília Departamento de Pós-Graduação
Rua Oswaldo Cruz, 266, Santos, SP. CEP 11045-100
E-mail*:* vitorcaiodealmeida@hotmail.com
Received may, 2015

Resumo: Neste trabalho apresentamos a metodologia que aborda a implantação de uma linha de Decapagem contínua de Ácido Clorídrico em uma siderurgia de grande porte. O processo denominado de Decapagem é uma das etapas na siderurgia que consiste na ação química que visa à remoção da oxidação que se apresenta sobre a superfície da tira metálica na forma de carepa na laminação. O processo de decapagem é necessário para melhorar a qualidade superficial da tira metálica com a remoção da camada fina de óxido. A linha de produção estudada neste trabalho utiliza na remoção da camada de óxido o ácido clorídrico como composto químico. Na Siderúrgica em questão a implantação desta linha teve como objetivo a atualização tecnológica de seus equipamentos e produtos, para obter assim maior competitividade na comercialização de bobinas metálicas de aço carbono. O surgimento de uma nova linha de processo deste porte é muito raro devido ao seu elevado custo de implantação e alto nível de complexidade. Neste artigo mostram-se as principais etapas e metodologia na implantação deste projeto utilizando o plano de ação *Master Plan* e o índice OEE (*Overall Equipment Efficiency*) como indicador para mensurar a evolução e a qualidade da implantação. O *Master Plan* e o índice OEE foram aplicados em varias etapas, tais como; especificação do projeto, definição do fornecedor, montagem, testes e garantia operacional onde apresentaram ótimos resultados.

Palavras chave: decapagem, projeto, gestão da qualidade, índice OEE.

Deployment project for large-scale production line: Case study to project a Pickling line

Abstract: In this work we present the methodology that addresses the implementation of a continuous Pickling line of hydrochloric acid in a steel mill. The process known as Pickling is one of the steps in the steel industry which consists of chemical action that aims at removing oxidation that appears on the surface of the metal strip in cold rolling. The pickling process is necessary to improve the surface quality of the metal strip with the removal of the thin layer of oxide. The production line studied in this work uses in removing the oxide layer using hydrochloric acid as a chemical compound. In the steel mill in question this line deployment aimed to upgrade its technological equipment and products, to obtain greater competitiveness in the marketing of metallic carbon steel coils. The emergence of a new process line of this size is very rare because of the high cost of deployment and high level of complexity and, in this article are the main stages and methodology in the implementation of this project using the action Master plan and the OEE (Overall Equipment Efficiency) as an indicator for measuring the progress and the quality of implementation and applied in several steps such as; project specification, definition of the supplier, assembling, testing and operating warranty.

Keywords: Pickling process, project, quality management, OEE index.

Copyright © 2016 ISESC.

1. Introdução

Os metais de uma forma geral apresentam alta resistência à deformação e tenacidade, e isto os fazem serem adequados a uma série de aplicações tecnológicas. Uma grande gama de metais apresentam relativa facilidade de serem processados para se obter uma forma desejada com propriedades controladas e a um custo compatível com a sua utilização.

Uma das formas de trabalhar os metais é através da.laminação que é um processo de conformação no qual o material é forçado a passar entre dois cilindros, girando em sentidos opostos, com praticamente a mesma velocidade superficial e espaçados entre si a uma distância menor que o valor da dimensão inicial do material a ser deformado. Atualmente o processo de laminação tem se mostrado de alta produtividade e se obtém um controle dimensional do produto acabado que pode ser bastante preciso, além de permitir a obtenção de produtos, como chapas finas de reduzida espessura e longos perfis. Um processo de laminação pode se apresentar a frio ou a quente. A laminação a quente é usada para as operações de desbaste e a laminação a frio, para as operações de acabamento de produtos planos [1] [2] [3].

No processo siderúrgico a etapa de laminação a quente tem a função de transformar a placa de aço chapas ou tiras finas de reduzida espessura expostas em bobina. Neste processo a superfície da tira passa por um resfriamento brusco, produzindo uma camada de óxidos na sua superfície metálica devido à reação com o oxigênio do ar, ou seja, a tira metálica sofre um resfriamento e, o ferro combina-se com o oxigênio presente no ar, criando assim uma fina camada de óxido de diferentes composições e espessuras [1][4].

Para melhorar a qualidade superficial da tira metálica é necessário remover esta camada fina de óxido, sendo assim é usado uma ação química chamada de decapagem. Esta ação química visa à remoção desta oxidação, na forma de carepa de laminação sobre a superfície da tira metálica e que, o composto químico utilizado é o ácido clorídrico [2][5].

Na figura 1 mostram-se os processos de uma linha de Decapagem continua para instalação em uma sidereurgica de grande porte. Na tabela 1 estão descritas as principais etapas da figura 1.

Serão mostradas neste artigo as principais etapas e metodologia na implantação de um projeto para implantação de uma linha de decapagem, tais como; especificação do projeto, definição do fornecedor, montagem, testes e garantia operacional.

1.1. Analise de qualidade

A linha de processo de Decapagem (DEC) é o primeiro estagio no setor de laminação a frio, seguido da linha de Laminador de Tiras a Frio (LTF), Recozimento (REC), Laminador de Encruamento (LE) e Linha de Inspeção (LI) onde é gerado o produto final denominado de Bobina a Frio (BF). Também pode-se gerar produto final após a etapa da decapagem para aplicações específicas para outros clientes, este produto é chamado de Bobina a Quente Decapada (BQD) [2][3]. Como os custos de aquisição e implantação de uma linha industrial de grande porte como a linha de Decapagem Contínua é muito elevada e, sua vida de operação é elevada. Desse modo torna-se muito raro a implantação nova linha nas siderúrgicas [5][6][7][9].

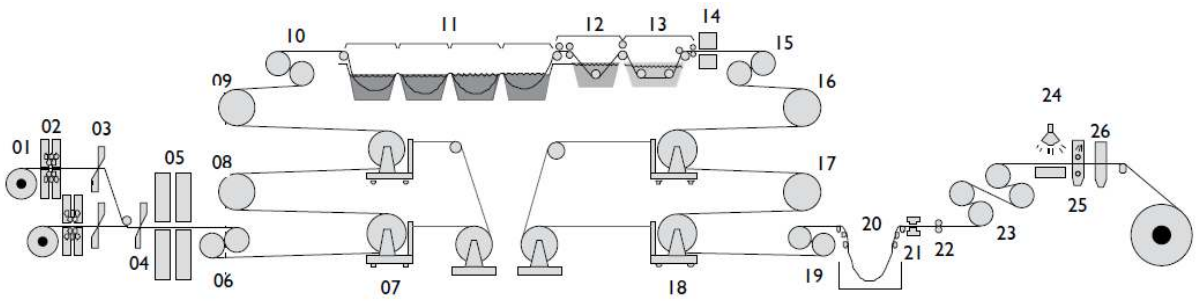


Figura 1. Figura ilustrativa das etapas de processo de decapagem contínua.
Fonte: NASSAR et al.2008 [2]

Copyright © 2016 ISESC

Tabela 1 . Principais etapas da decapagem continua apresentada na figura1.

1 - Desenroladeira	15 - Tensor 03
2 - Desempenadeira	16 - Centralizador de bobinas 03
3 - Tesoura de corte duplo	17 - Centralizador de bobina 04
4 - Tesoura de corte fino	18 - Carro acumulador de saída
5 - Máquina de solda	19 - Tensor 04
6 - Tensor 01	20 - Poço do loop de saída
7 - Carro acumulador	21 - Entalhador
8 - Centralizador de bobina 01	22 - Tesoura de aparamento de bordas
9 - Centralizador de bobina 02	23 - Tensor 05
10 - Tensor 02	24 - Mesa de inspeção de qualidade
11 - Tanques de ácido clorídrico	25 - Oleadeira
12 - Tanque de lavagem com água fria	26 - Tesoura de saída
13 - Tanque de lavagem com água quente	27 - Enroladeira
14 - Secador de chapas	

Fonte: NASSAR et al.2008 [2]

No entanto o mercado exige maior qualidade no produto final e a nova linha de Decapagem Continua visa atender demandas cada vez mais exigentes tanto para clientes domésticos bem como internacional.

Novas técnicas e automatização em linhas deste tipo resultam em produtos de elevado valor agregados, obedecendo aos mais rigorosos padrões de qualidade mundial [4][10].

1.1.1 Indicador de eficiência OEE (*Overall Equipment Efficiency*)

Para a analise da avaliação da qualidade na implantação da nova linha da decapagem no processo siderúrgico pode-se utilizar índices que sejam capazes de medir com razoável grau de confiança. Entre os índice utilizados nas indústrias pode-se destacar o indicador de eficiência de equipamentos OEE (*Overall Equipment Efficiency*).

O índice OEE é uma ferramenta importante na linha de produção e com a sua aplicação consegue-se conhecer o desempenho dos equipamentos, pois considera todos os impactos gerados na operação como consequência da indisponibilidade de seus recursos físicos.

O OEE foi idealizado inicialmente por Nakajima (1988) [6][7] onde propunha a medição da eficiência global dos equipamentos, expressando o cálculo da disponibilidade, da utilização e da eficiência dos equipamentos de um sistema produtivo. Este índice possui amplitude "tridimensional" do indicador, abrangendo três diferentes características embutidas na produtividade, que são:

$$I\ OEE = FD \times FP \times FQ$$

Onde:

I OEE = Indice OEE
FD =Fator Disponibilidade
FP = Fator *Performance*
FQ = Fator Qualidade.

Pode-se fazer uma avaliação do Índice OEE a partir do momento de "*Start up*" da linha, portanto a partir do momento no qual foi processado o primeiro produto na linha de produção. Considera-se assim que neste momento a linha já está em regime de produção nominal conforme o projeto, portanto gerando produto com qualidade comercial e inicia-se o período de garantia dos equipamentos. As figuras 2(a) e 2(b) apresentam a relação do *Start up* com o índice OEE. A eficiência do equipamento fica demonstrada no encontro da curva característica de OEEE com a linha do objetivo em um período de *Start-up* curto como na figura 2 (b)[10][11].

Copyright © 2016 ISESC

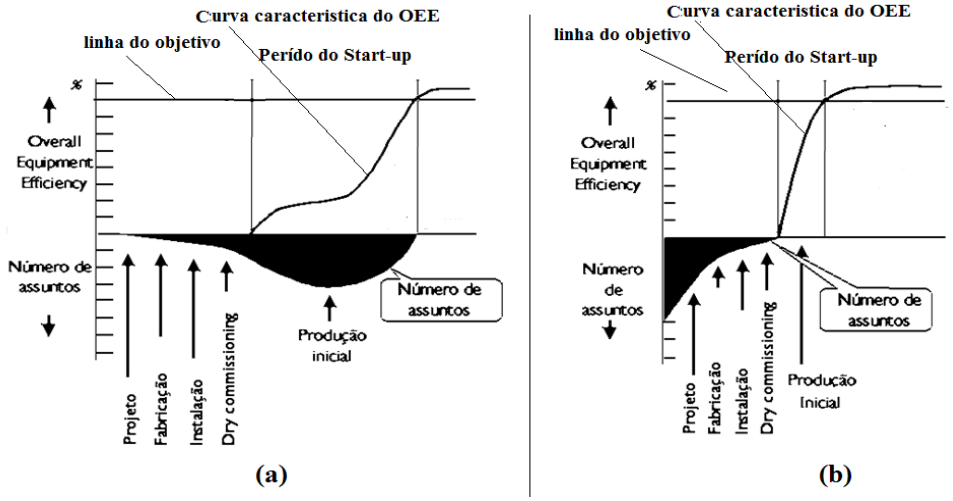


Figura 2. Curva de *startup* e OEE.
a) Start-up com período longo. **b)** *Start-up* com período curto (*Start-up* vertical).

2. Material e Métodos

Antes da implantação física da nova Decapagem Contínua foi necessária a realização de um estudo detalhado de viabilidade técnica e econômica, visando obter a melhor alternativa de investimento.

Inicialmente a área de marketing realizou um trabalho do prognóstico e demanda, do mercado doméstico e internacional, com suas tendências.

Diante das demandas necessárias, foi criado um grupo operacional e de engenharia de implantação para definir as características da nova linha, com o objetivo de elaborar uma especificação técnica. Desse modo a especificação técnica foi definida de forma que o escopo tivesse uma abrangência focada em elevada produtividade, alto valor agregado dos seus produtos e o atendendimento as diretrizes de sustentabilidade e segurança.

Para a siderurgia de grande porte no final destes estudos iniciais foi determinado que a nova linha de Decapagem contínua devesse ter capacidade de produção de 1,7 milhões de toneladas por ano de bobinas e as dimensões da tira metálica com espessuras de 1,2 mm até 6,5 mm e larguras de 600 mm até 1800 mm. No processo licitatório participaram empresas internacionais renomadas e com grande experiência em manufatura de equipamentos siderúrgicos. As nacionalidades das firmas foram; alemã, japonesa, italiana, belga e austríaca, sendo esta ultima a vencedora. Como mostrado na figura 3, a implantação da nova linha de Decapagem Continua foi dividida em quatro fases. Abaixo são detalhadas as fases de implantação expostas na figura 3.

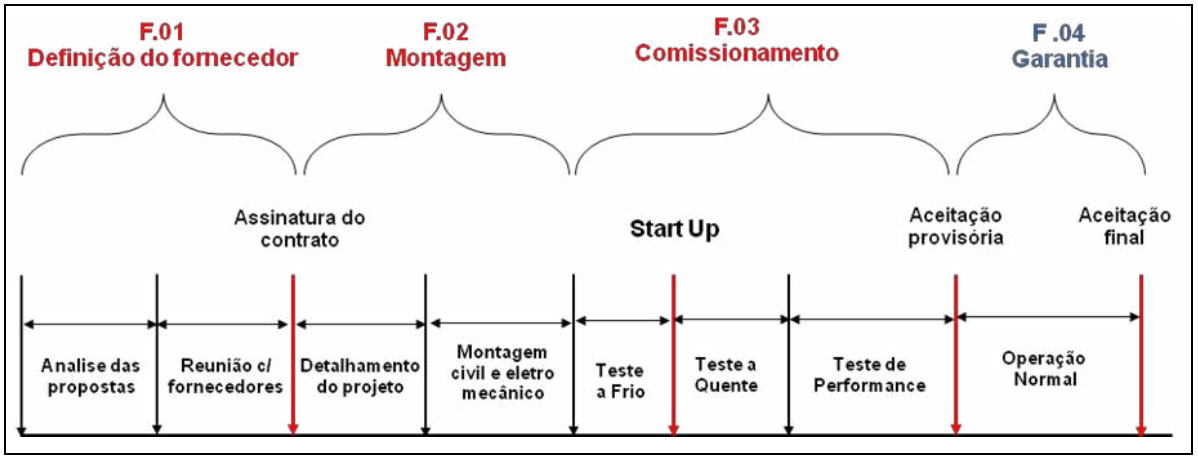


Figura 3. Fases de implantação da nova Decapagem na usina siderurgica de grande porte.

Copyright © 2016 ISESC

F.01 - Definição do fornecedor, após esclarecer a especificação técnica da nova linha para os proponentes esta fase foi dividida em duas partes, sendo a primeira a análise das propostas enviadas pelas firmas e a segunda elaboração de reuniões de esclarecimento. Esta fase é terminada com a eleição e assinatura do contrato com a firma ganhadora.

F.02 – Montagem, nesta fase é iniciada com reuniões por especialidade. Nesta fase são feitos os esclarecimentos e discutido o detalhamento do projeto técnico da firma ganhadora. Após o projeto detalhado e esclarecido é iniciado a montagem civil, mecânico e elétrico.

F.03 – Comissionamento, após a montagem é iniciado o comissionamento ou testes. Esta fase é ainda dividida em três etapas onde cada qual tem a seguinte função;

Teste a frio – Consiste em testar os equipamentos de área sem estes serem energizados ou ligados. Exemplo, testar cabeamento e ligações elétricas.

Teste a quente – Consiste em testar e ajustar parametros de funcionamento dos equipamentos e processo. Exemplo, testar e ajustar parâmetros de sequenciamento da movimentação de bobina.

Teste de *performance* – Consiste em testar e verificar se o processo em funcionamento normal esta alcançando os parâmetros contratuais. Exemplo, verificar se é alcançada a velocidade máxima de processo mencionado no contrato.

Após o sucesso dos testes de *performance* é assinado um termo de aceitação provisório da linha de processo pela operação.

Observação: Na interfase do **teste a frio** e **teste a quente** existe o momento de "*Start up*" que em sua definição significa o momento no qual onde foi processado a primeira bobina para teste.

***F.04* – Garantia.** Consiste considerar que neste momento a linha está em regime de produção nominal conforme o projeto, portanto gerando produto com qualidade comercial. A partir deste momento inicia o período de garantia dos equipamentos de processo.

Os itens, que forma e o período de garantia foram determinados na assinatura do contrato. Após esta fase é assinado termo de aceite definitivo da Decapagem pela operação.

Para melhor gestão na implantação da linha de Decapagem foi elaborado um cronograma geral "*Master Plan*" conforme visto na figura 4, onde contém vários subcronogramas detalhando por especialidades e etapas. Dessa forma, em cada mudança de fase do projeto é pago ao fornecedor uma percentagem do valor total do empreendimento, deixando os maiores valores para a parte final.

O não cumprimento de cada fase, conforme cronograma implica na aplicação de multa.

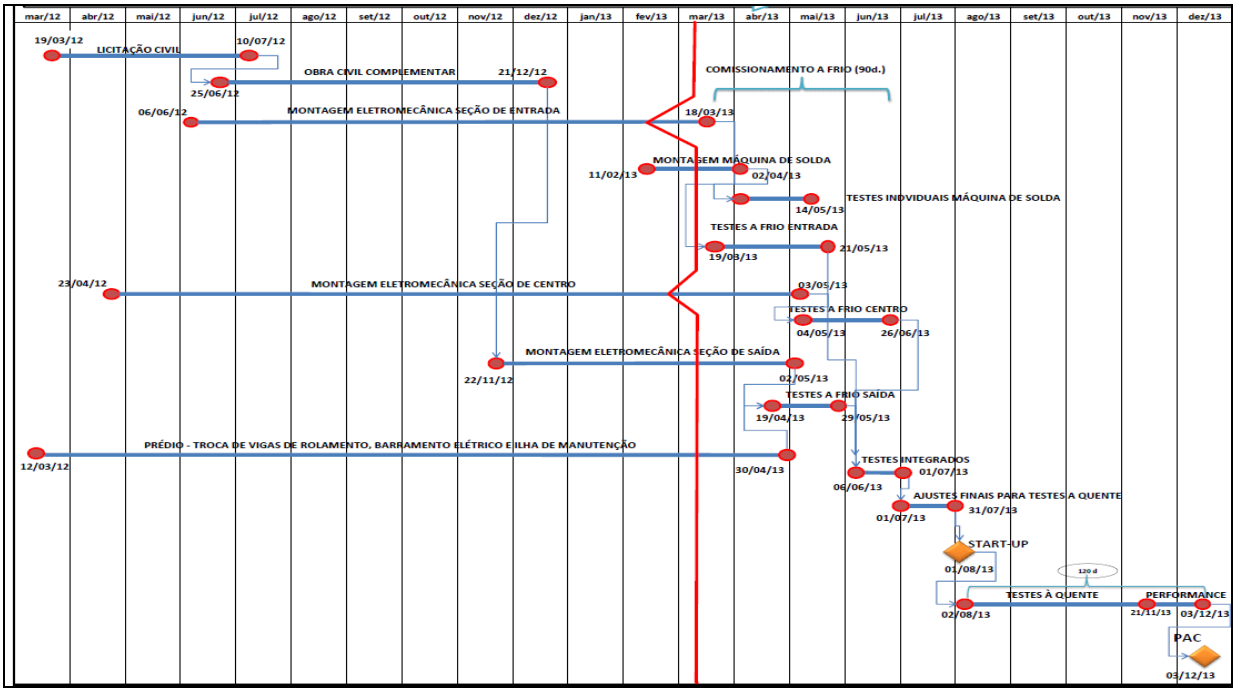


Figura 4. *Master Plan* do projeto da linha da Decapagem do caso estudado.

Copyright © 2016 ISESC

No *startup* da linha foi medida a sua eficiencia atravez do indice OEE, que mensurou a eficiencia do equipamento.

A estrategia utilizada para alcançar os indice de qualidade OEE em menos tempo o foi sustentado pelos seguintes itens:

- Utilizar mais tempo em estudo e detalhamento do projeto,
- Fazer rigorosa inspeção na fabricação de partes do equipamento,
- Fazer rigorosa inspeção e testes na instalação eletrica e meccanica da linha,
- Utilizar comissionamento com testes detalhados por partes do equipamento

3. Resultados e Discussão

O cronograma de implantação da nova linha de Decapagem Contínua foi cumprido e a nova linha entrou em escala de produção industrial conforme o cronograma.

Primeiramente a produção foi feita com duas equipes opercionais, que trabalharam em dois turnos de 8 horas, a primeira das 07:00 horas às 15:00 horas e a segunda das 15:00 às 23:00 horas. Nesta etapa foram feitos os testes de *performance* e alcançado a curva de aprendizagem operacional. Logo após iniciou-se a operação da terceira turma operacional, das 23:00 horas às 07:00 horas, com a consequente parada de operação de outros equipamentos de linhas antigas que se tornaram obsoletos.

Sendo assim a nova linha de Decapagem assumiu toda a demanda de bobinas decapadas da usina Siderúrgica suprindo com alta qualidade a demanda do mercado. A evolução da linha de decapagem bem como a sua produção estão detalhadas na figura 5, onde se verifica que, após o *startup*, em 3 meses foi alcançado o primeiro patamar de produção e chegando ao seu patamar máximo em 6 meses de produção. relatado pelos operadores da área, que quando a válvula de segurança abriu, foi ouvido um forte barulho e observado uma vibração do sistema de tubulação onde a PSV estava instalada.

A explicação para este relato foi a ocorrência de *chattering* na válvula de segurança que provocou vibração nas tubulações ligadas à válvula. A falha ocorreu no *niple*, junto a zona de ligação da solda deste com a meia luva, que está mostrado em detalhe na Figura 4.

4. Conclusão

Neste trabalho foram mostradas as fases e técnicas utilizadas para a implantação de uma linha de decapagem em uma siderurgia de grande porte. Destacou-se aqui o planejamento minucioso por setor, uma forte fiscalização das etapas da execução e testes detalhados por especialidade, fatores estes que foram fundamentais para o sucesso da montagem. A implantação da linha foi conseguida com êxito onde foi cumprido o cronograma, a meta de custo,

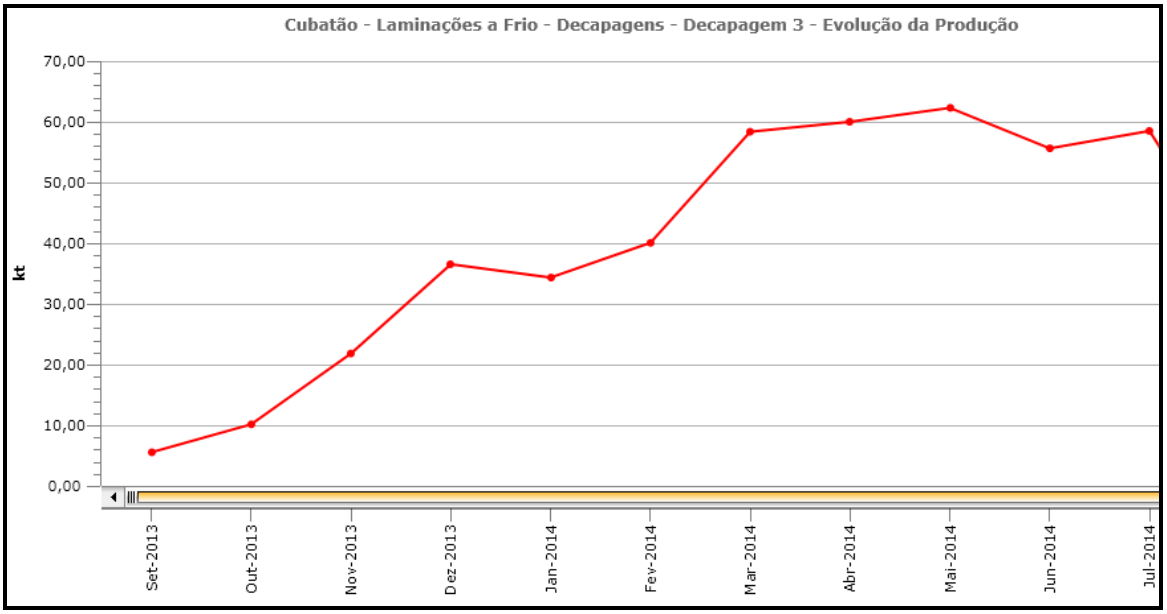


Figura 5. Evolução de produção nos testes da linha.

Copyright © 2016 ISESC
Unisanta Science and Technology **(17-23) p.p. ISSN 2317-1316**

as etapas da curva inicial de produção com técnicas de mensuração de qualidade utilizando o Índice OEE. Este caso estudado mostrou reais possibilidades nas quais possam ser pesquisadas outras técnicas para o aumento da eficiência em gestão de projetos de grande porte principalmente aonde as fases de implantação, o *Master Plan* e o Índice OEE possam ser utilizados conjuntamente inovando os métodos de tratamento de incertezas nas tomadas de decisão. Atualmente os autores estão pesquisando estas novas formas de gestão com as técnicas aqui apresentadas onde no futuro poderão ser utilizadas no tratamento de incerteza com tomada de decisão baseadas em logicas não clássicas.

Referências

[1] MAGALHÃES, M.; MARCONATO, E.A.; DA SILVA, M.R.S. Novo Laminador de Tiras a Quente da Usiminas Cubatão. XXXIII Seminário Interno de Laminação Usiminas. Cubatão, 2010.

[2] NASSAR, M.G.V. Modelagem de um sistema supervisório aplicado a um sistema de automação balanceada. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecatrônica em Andamento) - Escola Politécnica da USP, São Paulo.

[3] NASSAR M. G. V., Garcia J. I, Miyagi P. E. . Modelagem e Análise de uma Linha de Decapagem através de Rede de Petri.Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, v.5, n.1, p. 22-27, jul.-set. 2008

[4] ALMEIDA, V.C., BAGGER, K.K. Nova Decapagem da Usiminas Cubatão. In: Seminário de laminação – Processos e produtos laminados e revestidos, 47, 2010, Belo Horizonte. Minas Gerais, ABM, 2010. São Paulo: ABM, 2010.

[5] ANDRITZ METALS. Technical Specification for No.3 Continuous Pickling Line for USIMINAS. Junho, 2009.

[6] BAGGER, K.K., ET AL. A Nova Linha de Decapagem da Usiminas. In: Seminário de laminação – Processos e produtos laminados e revestidos, 51, 2014, Foz do Iguaçu. Paraná, ABM, 2014. Paraná: ABM, 2014.

[7] RIZZO E. M. S.- NT Laminação - Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico: 2008. Brasília: Centro de Gestão Estudos Estratégicos, Estra 2008.

[8] NAKAJIMA, S. An introduction to TPM. Productivity Press. Portland: OR, 1988.

[9] HANSEN, R.C. Eficácia global dos equipamentos. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

[10] GINZBURG V.B.. Metallurgical Design of Flat Rolled Steels, New York,
Marcel Dekker, 2005. ISBN 0-8247-5847-1

[11] FERREIRA FILHO, A. ; BIELSKIS, M. F.. Tiras de aço laminadas a frio com o uso de nitrogênio líquido. São Paulo,São Paulo-BR,ABM. 2008.

Copyright © 2016 ISESC