

# DESENVOLVIMENTO DA FMEA DE PROCESSO DO RECOZIMENTO EM CAIXA DA COSIPA: UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA <sup>(1)</sup>

*Guilherme Klaus Pfeilsticker <sup>(2)</sup>  
Lúcio Rosa da Silva <sup>(3)</sup>  
Adílson Correa <sup>(3)</sup>  
Marcelo Fernandes Ouverney <sup>(4)</sup>*

## Resumo

A FMEA (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS) é um técnica que busca a compreensão das causas das falhas, dos modos potenciais de falhas e seus efeitos e que procura prevenir a ocorrência das causas com maior probabilidade de risco. Ferramenta importante para aprimoramento da qualidade e para redução dos custos de produção, a FMEA também é um requisito obrigatório da norma ISO TS 16949:2002. Neste trabalho é relatada a experiência prática do desenvolvimento da FMEA de processo de Recozimento em Caixa da COSIPA e apresentadas as principais dificuldades encontradas. Exemplos simples de bloqueios desenvolvidos a partir da utilização desta técnica e que foram incorporados ao processo para prevenir erros inadvertidos dos operadores (POKA YOKE) também são mostrados.

**Palavras-chave:** FMEA; Processo; Recozimento em caixa

- (1) Trabalho a ser apresentado no 60º Congresso da ABM; 25 a 28 de Julho de 2005 - Belo Horizonte/MG - Brasil
- (2) Engenheiro Metalurgista, Analista de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Superintendência de Laminação a Frio da COSIPA
- (3) Técnico Metalurgista, Assistente de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Superintendência de Laminação a Frio da COSIPA
- (4) Engenheiro de Produção, Analista de Produto da Gerência de Garantia de Qualidade da COSIPA

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de reduzir as falhas no uso tornou-se aguda. As empresas de serviços e os processos empresariais dependem da operação continuada de seus equipamentos para prover serviços com rapidez e no prazo combinado [1]. Uma vez que se tenha compreensão clara das causas das falhas e dos seus efeitos, a responsabilidade seguinte dos gerentes de produção é procurá-las e prevenir a sua ocorrência logo da primeira vez.

Uma técnica que busca a compreensão das causas das falhas, dos modos potenciais de falhas e seus efeitos e que procura prevenir a ocorrência das causas com maior probabilidade de risco é a FMEA – Failure Mode and Effects Analysis (Análise do Modo de Falha e seus Efeitos).

A ferramenta FMEA foi desenvolvida na United States Military, procedimento MIL-P-1629, de 09/02/1949 e inicialmente foi utilizada como técnica de avaliação de confiabilidade para determinar o efeito de falhas em sistemas e equipamentos.

Ferramenta importante para aprimoramento da qualidade e para redução dos custos de produção, a FMEA também é um requisito obrigatório da norma ISO TS 16949:2002.

Neste trabalho é relatada a experiência prática do desenvolvimento da FMEA de processo de Recozimento em Caixa da COSIPA, discutidas as principais dificuldades encontradas e apresentados alguns exemplos de bloqueios (POKA YOKE) que desenvolvidos através da aplicação da FMEA e incorporados ao processo normal de produção.

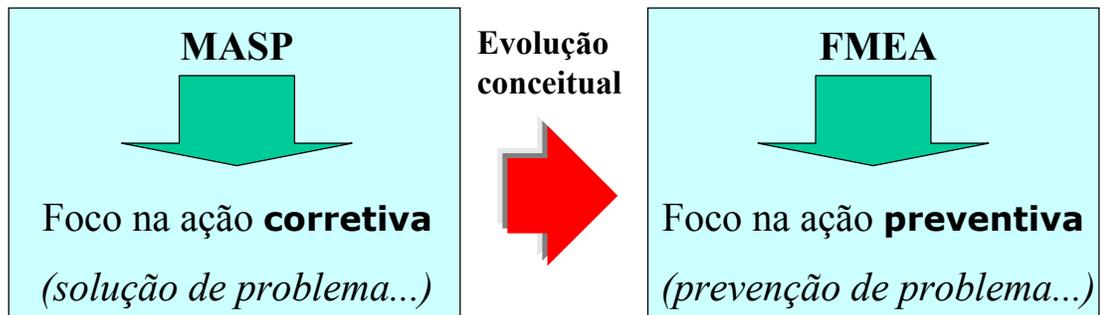
## 2 DESENVOLVIMENTO

Existem várias maneiras de prevenir falhas logo da primeira vez [2]:

- a) Eliminar no projeto os pontos de falhas potenciais na operação
- b) Construindo operações com recursos críticos redundantes (em duplicidade)
- c) Tornar as atividades da operação à prova de falhas
- d) Manter as instalações físicas da operação

Neste aspecto, a FMEA é uma das ferramentas mais importantes para aprimoramento contínuo da qualidade e redução dos custos de produção, além de ter sido tornada um requisito obrigatório da ISO TS 16949:2002.

Ferramentas tradicionais utilizadas para análise e solução de problemas – MASP – estão voltadas, como o próprio nome já diz, para a correção do problema DEPOIS do mesmo ter ocorrido; Neste ponto, a utilização da FMEA representa uma evolução conceitual muito importante, já que o foco principal da ferramenta está na **prevenção** do problema, ou seja, atuar ANTES nas causas para impedir que o problema ocorra.



a) **1º PASSO:** Formação e Treinamento da **EQUIPE DA FMEA**

A seleção de uma boa equipe, com pessoas motivadas é garantia do sucesso da FMEA. Para desenvolver a FMEA de processo do Recozimento em Caixa da COSIPA foram reunidos e treinados na metodologia os seguintes elementos:

- especialistas de operação
- especialistas de manutenção
- supervisores de manutenção mecânica, elétrica e instrumentação
- representante dos processos anteriores (OS FORNECEDORES)
- representante dos processos seguintes (OS CLIENTES).
- moderador para orientar, acompanhar e verificar a aplicação dos conceitos teóricos da ferramenta
- Completando o time, participou também um representante da engenharia de produto.

Assegurou-se desta forma o caráter multidisciplinar da equipe foi garantido. A escolha de pessoas desmotivadas ou sem um nível de conhecimento adequado do processo é umas das principais causas de maus resultados.

b) **2º PASSO:** Desenvolvimento da **ÁRVORE DE ELEMENTOS E ESTRUTURA DE SISTEMA**

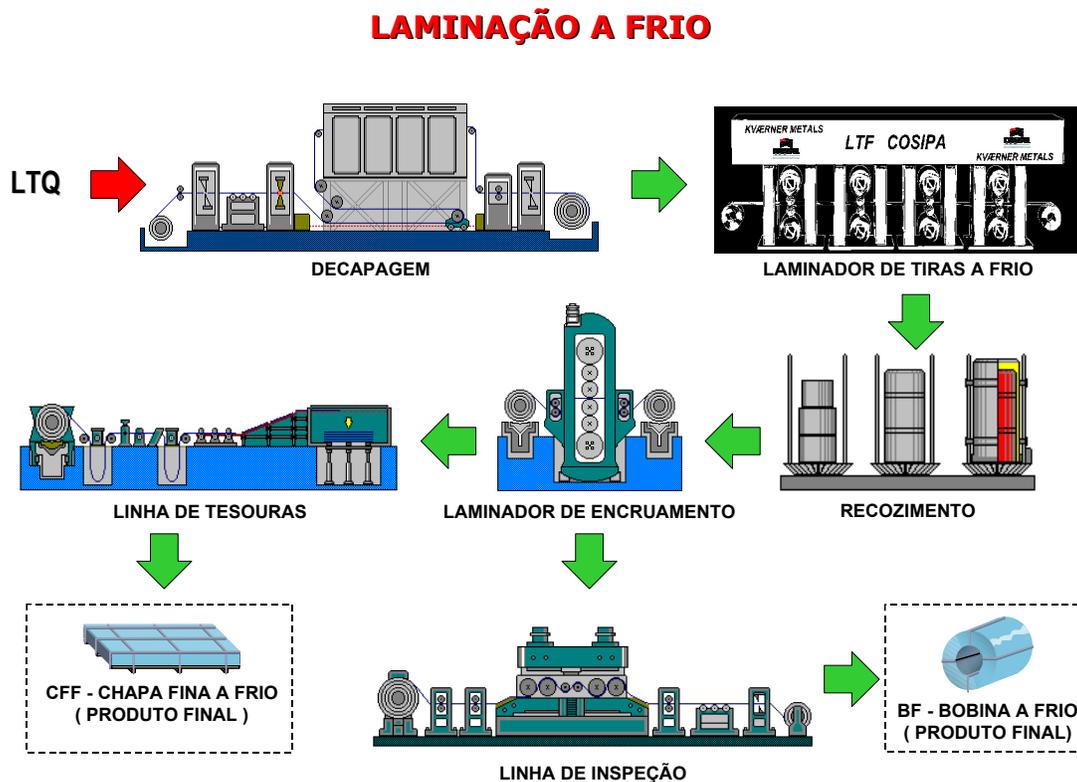
Optou-se aqui por utilizar a norma de gerenciamento de processo de Recozimento, a NGP-170014. A NGP é uma norma integrante do sistema normativo da COSIPA, sendo parte fundamental dos planos de controle da COSIPA submetidos a aprovação das montadoras signatárias da ISO TS 16949.

A NGP oferece uma visão integrada de todos os elementos que interagem na execução do processo:

- Mão de obra
- Máquina
- Método
- Meio ambiente
- Matéria prima
- Medição

c) **3º PASSO:** Desenvolvimento da **ÁRVORE DE FUNÇÕES E ESTRUTURA FUNCIONAL**

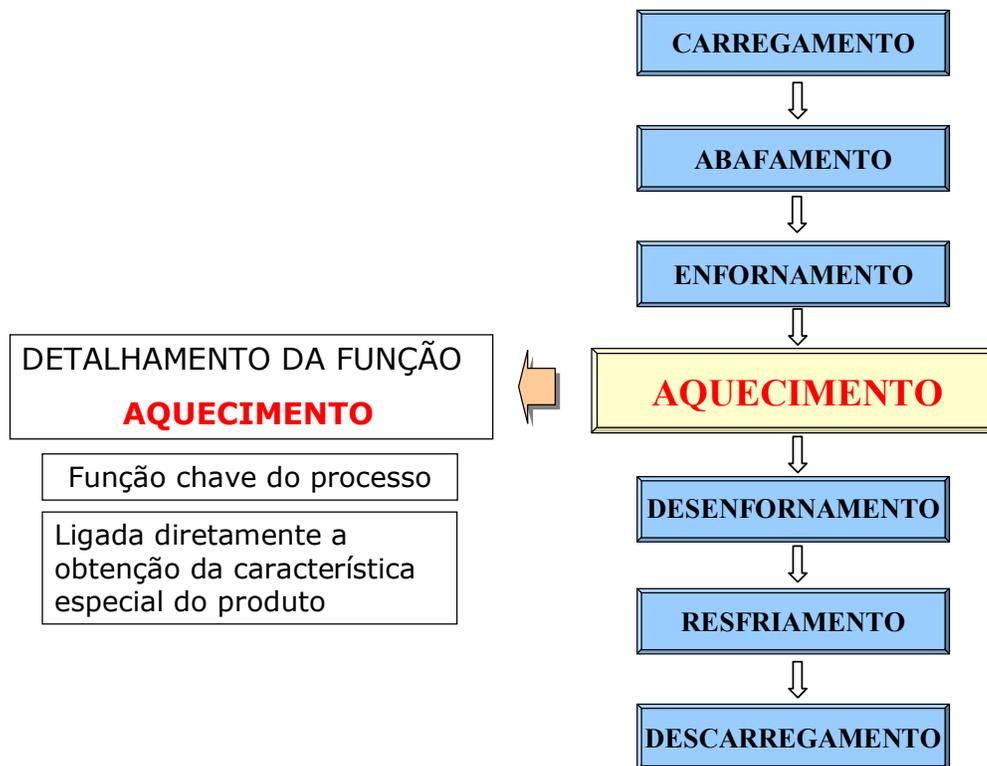
Elaborada a partir do detalhamento do fluxograma de produção do processo de recozimento. O processo de recozimento em caixa é um processo intermediário na fabricação de aços laminados a frio realizado após a laminação a frio propriamente dita e antes dos processos de acabamento final, conforme mostrado na Figura 1.



**Figura 1.** Processo de Laminação a Frio

A função do processo de recozimento é realizar o tratamento térmico especificado pela engenharia de produto visando obter as propriedades mecânicas desejadas pelos clientes finais.

As diversas etapas do processo de recozimento estão representadas no macro-fluxo mostrado na Figura 2. Cada etapa possui uma função específica no processo e o detalhamento de cada uma delas foi realizado.



**Figura 2.** Macro-fluxo do processo de Recozimento em Caixa

Apenas o detalhamento funcional da etapa de aquecimento é mostrada na Figura 3.

A etapa de aquecimento foi selecionada como exemplo do detalhamento funcional realizado porque é a etapa do processo de Recozimento em Caixa durante a qual é realizado o tratamento térmico propriamente dito do material e cujo objetivo está diretamente associado com a obtenção das propriedades mecânicas do material, que é uma das características especiais do produto definidas pela COSIPA.

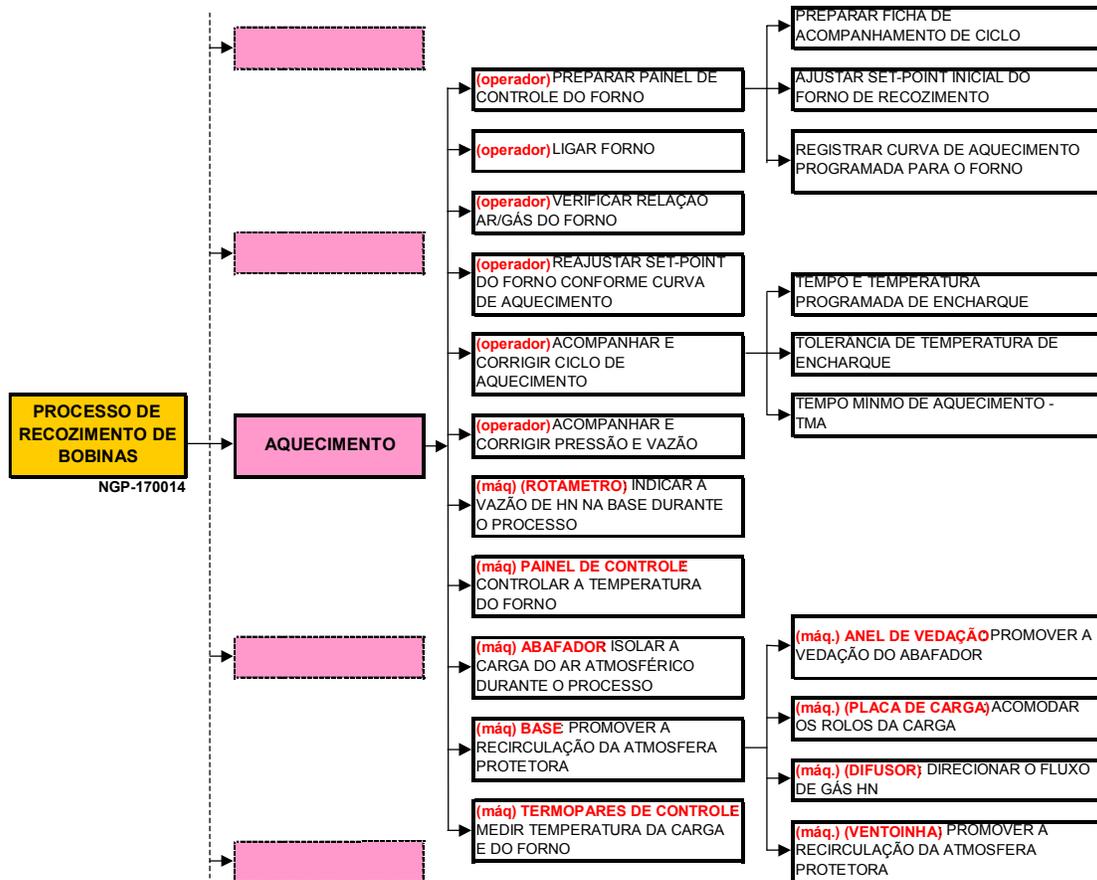


Figura 3. Árvore funcional: Detalhamento da função AQUECIMENTO

d) **4º PASSO:** Desenvolvimento da **ÁRVORE DE FALHAS**

Após a elaboração da árvore funcional o passo seguinte foi a elaboração da árvore de falhas. Normalmente a árvore de falhas é baseada no conceito da não função, ou seja, função não realizada ou então função realizada parcialmente, inadequadamente ou insuficientemente. Como a não execução de uma etapa no processo provoca a interrupção do mesmo, quase sempre foi utilizado o conceito de função realizada inadequadamente. A árvore de falhas da função AQUECIMENTO é mostrada na Figura 4.

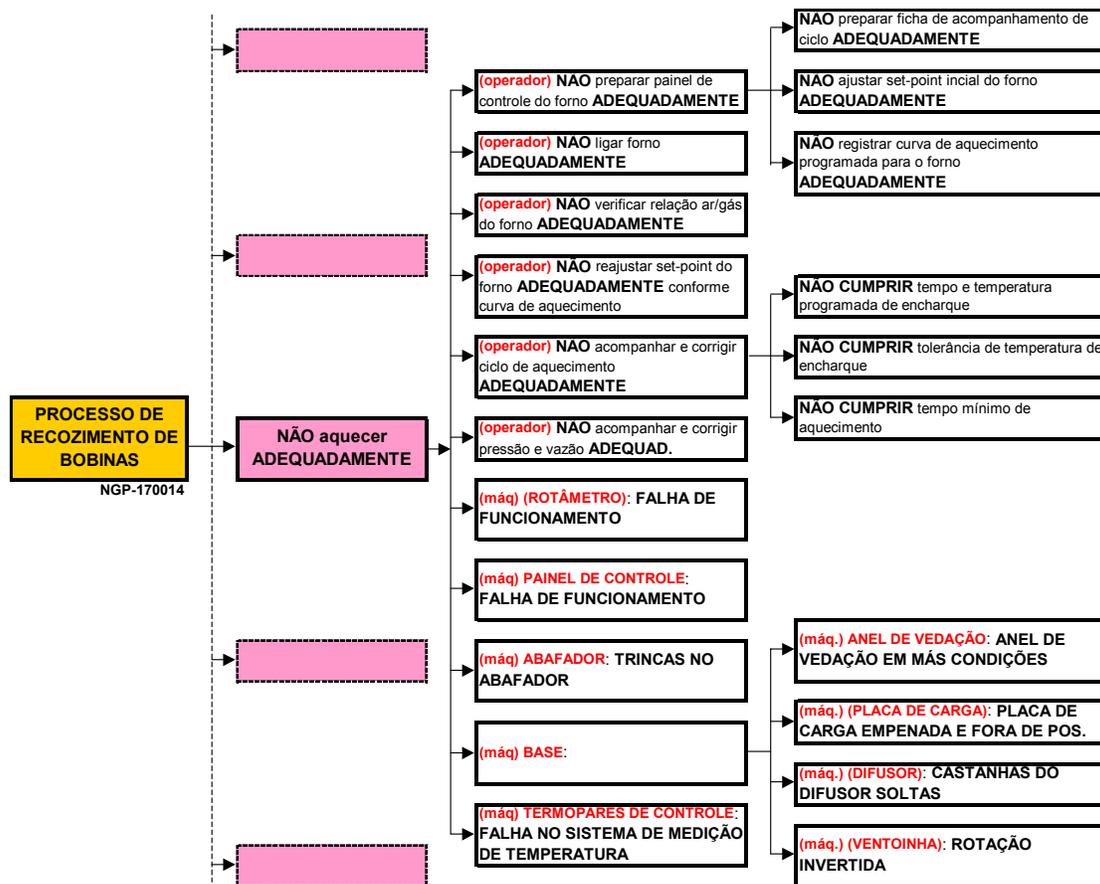


Figura 4. Árvore de falhas: Detalhamento da função AQUECIMENTO

## 5º PASSO: Preenchimento do **FORMULÁRIO DE FMEA**

Após a definição da árvore de falhas, a etapa seguinte foi realizar a transferência dos sistemas, subsistemas e componentes identificados na árvore de falhas para o formulário da FMEA.

Uma das grandes dificuldades encontradas pela equipe foi pontuar corretamente a severidade do efeito dos modos de falhas detectados. A estratégia utilizada foi pontuar a severidade com nota 8 sempre que o modo de falha afetasse alguma das características especiais do produto, no caso do processo de recozimento, as propriedades mecânicas.

Outro grande problema inicial foi pontuar corretamente o índice de ocorrência e de detecção dos modos de falhas identificados pela equipe da FMEA. As tabelas de pontuação de severidade, ocorrência e detecção do manual da FMEA são facilmente aplicadas quando se trata de fornecedores de peças, contudo para matéria prima, que pode ser transformada em qualquer tipo de peça, fica muito mais complicado estabelecer os índices adequados de severidade, ocorrência e detecção. Para contornar esta dificuldade, o manual do PPAP 3ª edição [3] determina utilizar o

apêndice F, que são tabelas de severidade, ocorrência e detecção apropriadas para produtos a granel e que permitem prover uma diferenciação apropriada dos fatores de risco para estes casos. O manual do PPAP estabelece as condições para um produto ser considerado peça de produção ou produto a granel.

Um pequeno trecho do formulário da FMEA de processo do Recozimento já preenchido é mostrado no anexo 1 e um balanço final de todo o processo é mostrado na Tabela 1:

**Tabela 1.** Fmea de processo: Balanço

<b>FMEA DE PROCESSO – BALANÇO</b>	<b>Quantidade</b>
Modos potenciais de falhas identificados	12
Causas potenciais	88
NPR máximo	80
Ações preventivas propostas (POKA YOKE)	5

### **3 AÇÕES PREVENTIVAS**

Objetivo maior da FMEA, algumas ações preventivas foram propostas pela equipe de trabalho visando reduzir o risco de falhas durante o processo de recozimento em caixa.

Um exemplo de bloqueio (POKA YOKE) para impedir que o operador de recozimento pudesse inadvertidamente descumprir o tempo de recozimento programado para um determinado material é mostrado nas figuras 5 e 6.

Como o processo de recozimento em caixa da COSIPA não é automatizado, o início e final de todas as etapas do processo são registradas obrigatoriamente pelo operador no sistema de controle operacional existente (figura 5). O tempo de encharque é definido em função do material e das propriedades mecânicas objetivadas ao final do ciclo de recozimento. Tempos típicos de encharque variam de 02 horas até 20 horas!. Até então o controle do tempo de encharque de material era realizado pelo operador que calculava, de cabeça, o tempo transcorrido entre a data-hora do início e a data-hora do fim do encharque. Após a implantação do bloqueio, o próprio sistema calcula o tempo transcorrido, compara com o tempo programado e avisa o operador caso o tempo de encharque programado não tenha sido cumprido (figura 6). O novo NPR associado a possibilidade de haver um recozimento inadequado (*o modo de falha*) devido ao descumprimento do tempo de encharque programado (*a causa potencial de falha*) foi reduzido a metade em função do novo índice de ocorrência estimado ter sido reduzido a metade em relação ao índice inicial.

Trata-se de um exemplo simples porém muito eficaz e, importante, sem nenhum custo adicional para a empresa. Outros exemplos similares foram desenvolvidos e implantados no sistema de controle operacional.

### **4 CONCLUSÕES**

O desenvolvimento da FMEA de processo de Recozimento em Caixa da COSIPA permitiu:

- a) Aperfeiçoar os conceitos e aumentar do nível de conhecimento de toda a equipe envolvida no processo de produção
- b) Gerar a tomada de ações preventivas, fortalecendo a filosofia de prevenção dos problemas ao invés da detecção e correção
- c) Contribuir para a melhoria dos produtos/processos e obtenção de vantagem competitiva, prevenindo contra fontes potenciais de insatisfação dos clientes
- d) Promover a integração e o trabalho multidisciplinar

## **5. BIBLIOGRAFIA**

- [1] JURAN, J.M - A qualidade desde o projeto, Ed. Pioneira, 1992.
- [2] SLACK, N. - Administração da Produção, 1ª edição, ed. Atlas.
- [3] AIAG - Processo de Aprovação de peça de Produção – PPAP, AIAG, 1999, Setembro, 3ª edição.

# DEVELOPMENT OF THE PROCESS FMEA OF BATCH ANNEALING OF THE COSIPA: AN EXAMPLE OF PRATICAL APPLICATION <sup>(1)</sup>

*Guilherme Klaus Pfeilsticker <sup>(2)</sup>*  
*Lúcio Rosa da Silva <sup>(3)</sup>*  
*Adílson Correa <sup>(3)</sup>*  
*Marcelo Fernandes Ouverney <sup>(4)</sup>*

## **Abstract**

The FMEA (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS) is one technique that search the understanding of the causes of the failures, the potential failure modes and its effects and that it looks for to prevent the occurrence of the causes with bigger probability of risk. Important tool for improvement of the quality and reduction of the production costs, the FMEA also is an obligator requirement of norm ISO TS 16949:2002. In this work the practical experience of the development of the FMEA of batch annealing process of the COSIPA is told and the main difficulties found are presented. Simple examples of blockades developed from the use of this technique and that its had been incorporated the process to prevent inadvertent errors of the operators (POKA YOKE) are also shown.

**Key-words:** FMEA, process, batch annealing

- (1) *Trabalho a ser apresentado no 60º Congresso da ABM; 25 a 28 de Julho de 2005 - Belo Horizonte/MG – Brasil*
- (2) *Engenheiro Metalurgista, Analista de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Superintendência de Laminação a Frio da COSIPA*
- (3) *Técnico Metalurgista, Assistente de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Superintendência de Laminação a Frio da COSIPA*
- (4) *Engenheiro de Produção, Analista de Produto da Gerência de Garantia de Qualidade da COSIPA*

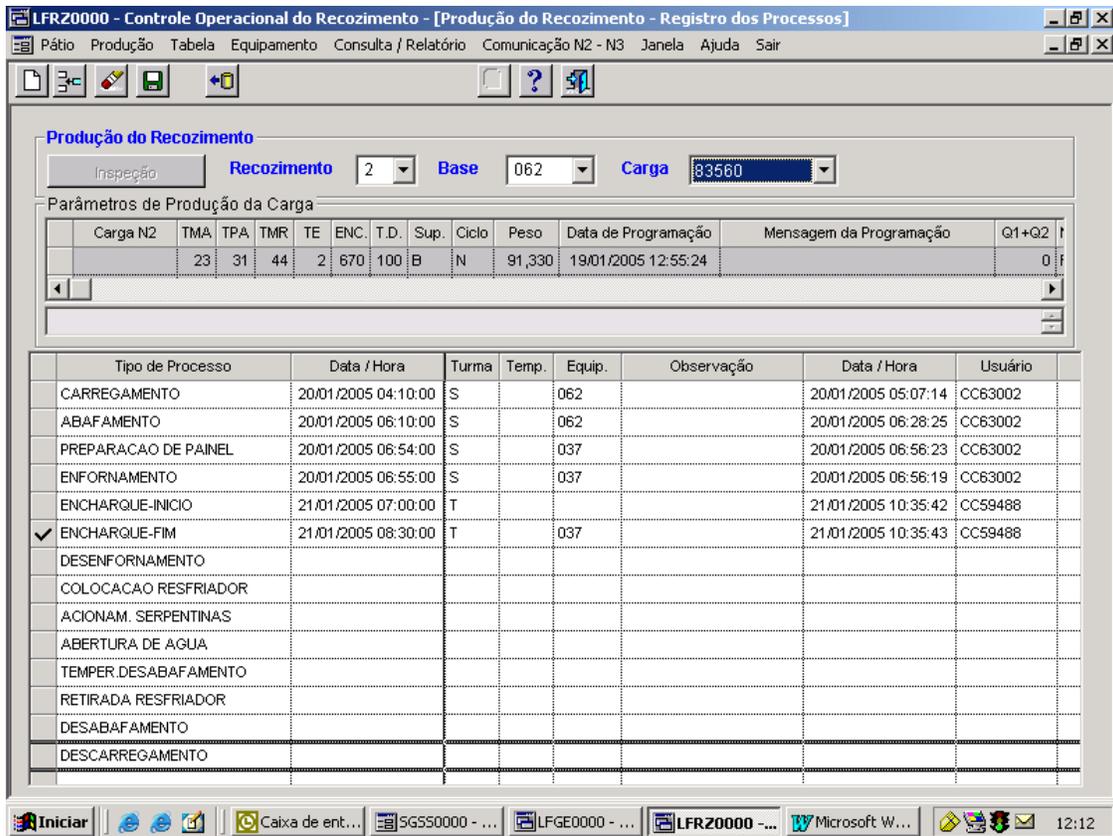


Fig. 5 - Tela de registro de etapas do processo de recozimento

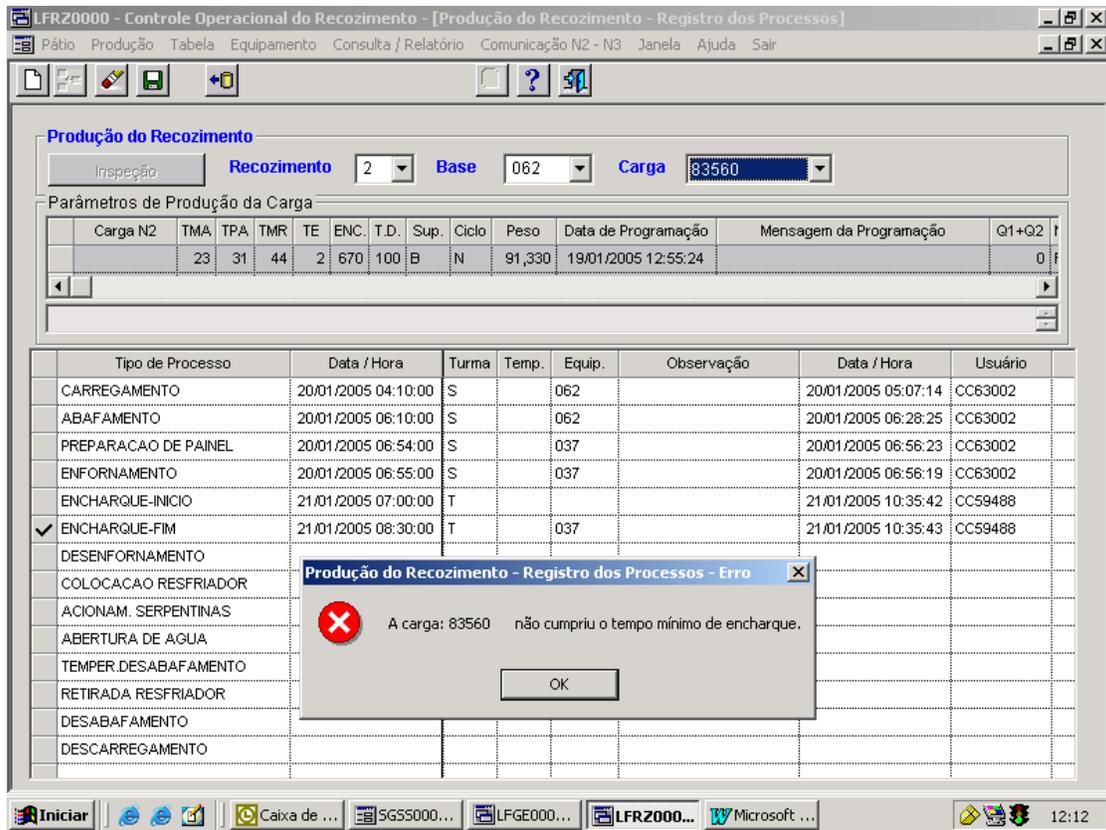


Fig. 6 - Mensagem de erro para o operador em caso de descumprimento do tempo de encharque programado

Projeto Processo Característica Especial

PROCESSO	FUNÇÃO DO PROCESSO	FALHA POSSÍVEL								AÇÃO				ÍNDICES				
		MODO	EFEITO	S E V	CAUSA	O C O	CONTROLE ATUAL		D E T	N P R	RECOMEN DADA	RES P.	PRAZ O	TOMADA	S E V	O C O	D E T	N P R
							PREVENÇÃO	DETECÇÃO										
PROCESSO DE RECOZIMENTO DE BOBINAS 1, 2, 3 E 4  (NGP-170014)	Realizar o ciclo de recozimento de bobinas de aço laminadas a frio adequadamente visando obter as propriedades mecânicas especificadas pelos clientes, garantindo:  - o cumprimento do ciclo de recozimento especificado - rolo sem avarias provocadas por manuseio ou carregamento irregular - rolo sem defeitos superficiais	Não recozer a carga <b>adequadamente</b>	Ciclo de recozimento inadequado (propriedades mecânicas fora do especificado)	8	Não imprimir ficha de acompanhamento de ciclo de recozimento <b>adequadamente</b> (impressão da ficha de acompanhamento de ciclo na fase de resfriamento)	2	-	Rotina de acompanhamento de ciclo de recozimento	5	80	Implantar bloqueio no sistema informatizado para impedir a impressão antecipada da ficha de acompanhamento de ciclo pelo operador	IFS	Dez/03	Bloqueio implantado no sistema conforme programado	8	1	5	40
							-	Rotina de acompanhamento de ciclo de recozimento	5	80	Informatizar a ficha de acompanhamento de ciclo de recozimento para prevenir erro de preenchimento	IFS	Jul/03	Procedimento implantado conforme programado	8	1	5	40
							-	Gráfico de controle de temperatura do ciclo de recozimento	3	48	Nenhuma	-	-	-	-	-	-	-
							-	Gráfico de controle de temperatura do ciclo de recozimento	3	48	Implantar crítica no sistema informatizado	IFS	Jul/03	Crítica implantada conforme programado	8	1	3	24
							-	Gráfico de controle de temperatura do ciclo de recozimento	3	48	Nenhuma	-	-	-	-	-	-	-
							-	Gráfico de controle de temperatura do ciclo de recozimento	3	48	Implantar crítica no sistema informatizado	IFS	Jul/03	Crítica implantada conforme programado	8	1	3	24

Anexo 1 - Detalhamento do formulário da FMEA de processo preenchido (apenas um modo de falha selecionado para exemplo)