

# MELHORIA DA QUALIDADE SUPERFICIAL DE MATERIAIS ESTRUTURAIS DE BAIXA RESISTÊNCIA<sup>1</sup>

Anderson Luiz de Jesus<sup>2</sup>  
Camila Ribeiro dos Santos<sup>3</sup>  
Cleyton de Campos Filho<sup>2</sup>  
José Ricardo Peçanha Gui<sup>4</sup>  
Marcos Roberto Soares da Silva<sup>5</sup>  
Neilson Duarte de Souza<sup>6</sup>

## Resumo

No processo de reaquecimento de placas ocorre a geração de óxidos de ferro sobre a superfície da tira, devido à alta temperatura e ao tempo de permanência nos fornos, denominada carepa. A geração excessiva de carepa associada à remoção insuficiente da mesma pode levar a formação de cavidades superficiais quando esta é removida pelo processo posterior de decapagem. O surgimento deste defeito é denominado cavidade de carepa, o qual leva ao descarte de parte das bobinas e/ou ao desvio de rota/cliente destas, o que eleva o custo de produção, em virtude da perda de rendimento e da necessidade de retrabalho. Atuações no processo, tais como redução da temperatura de entrada no trem acabador e do comprimento da placa, aliada às adequações na regra de programação e alterações na composição química, possibilitaram um aumento de 95% no rendimento do produto e na eliminação dos desvios por cavidade carepa.

**Palavras-chave:** Laminação a quente; Qualidade superficial; Carepa; Aços estruturais.

## IMPROVING THE QUALITY OF SURFACE STRUCTURAL MATERIALS WITH LOW STRENGTH

### Abstract

In the slab reheating process due to high temperature and residence time in the furnace, it is foreseen the iron oxides generation on the surface of the strip is called scale. The excessive mill scale generation associated with the insufficient removal of it can lead to cavities formation when this scale is removed by subsequent pickling process. The appearance of this defect, called scale recess, force the discarding of part of the coils and/or route/customer deviation of their, which raises the production cost due to the loss of yield and the need for rework. Interventions in the process, such as entry temperature reduction on finishing mill and slab length, along the scheduling rules adequacy and changes in chemical composition, has enabled a increase of 95% in the yield and the elimination of rejection by scale recess.

**Key words:** Hot rolling; Surface quality; Scale; Structural steel.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 48º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 24 a 27 de outubro de 2011, Santos, SP.

<sup>2</sup> Técnico em Metalurgia, Assistente Técnico Industrial da Laminação a Quente da Usiminas Cubatão. E-Mail: anderson.jesus@usiminas.com; cleyton.campos@usiminas.com.

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia de Materiais, Engenheira de Produção da Laminação a Quente da Usiminas Cubatão. E-Mail: camila.santos@usiminas.com.

<sup>4</sup> Engenheiro Metalurgista, MBA em Administração da Qualidade, Gerente de Operação da Laminação a Quente da Usiminas Cubatão. E-Mail: jose.guia@usiminas.com.

<sup>5</sup> Engenheiro Metalurgista, MBA em Administração da Qualidade, Gerente Técnico da Laminação a Quente da Usiminas Cubatão. E-Mail: marcos.silva@usiminas.com.

<sup>6</sup> Engenheiro Metalurgista, MBA em Gestão de Projetos, Engenheiro de Produção da Laminação a Quente da Usiminas Cubatão. E-Mail: neilson.souza@usiminas.com.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento da demanda de mercado, associado a uma maior exigência por produtos com elevada qualidade e uniformidade dimensional, faz da Usiminas uma das organizações de alto desempenho em gestão de processos e tecnologia no setor siderúrgico.

A Usina de Cubatão tem o objetivo de produzir e comercializar bobinas e chapas de aço, tendo em vista o abastecimento do mercado interno e externo de acordo com as mais diversas aplicações. O mix de produtos atual da linha de laminação de tiras a quente de Cubatão consiste em materiais direcionados para aplicações como a fabricação de tubos para a indústria do petróleo, fabricação de máquinas agrícolas e tanques de armazenamento, entre outros. Para isso o laminador de tiras a quente atual atende ao mercado consumidor produzindo bobinas com largura variando de 710 mm a 1.610 mm e espessura de 2,00 mm a 12,75 mm.<sup>(1)</sup>

Um dos fatores que possibilita a Usiminas obter um diferencial frente a seus concorrentes é a oferta de produtos com excelente qualidade superficial. Dentre os defeitos na superfície do laminado a quente, o mais freqüente e complexo de se resolver é, sem dúvida, a ocorrência de carepa e a sua intensidade, que poderá afetar os índices de descartes e desvios das linhas de produção.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo investigar as causas do defeito cavidade de carepa em materiais com aplicação estrutural processados no laminador de tiras a quente, posteriormente decapados e atuar no processo visando minimizar ou extinguir o defeito, reduzindo assim, a geração de desvios e descartes na linha de decapagem, aumentando desta forma o rendimento de produto.

## 3 FUNDAMENTAÇÃO

### 3.1 Carepa

Carepa é o nome dado as formações de óxidos de ferro que se apresentam em forma de camadas aderentes aos produtos processados a quente. É um dos mais sérios problemas enfrentados em laminadores a quente devido sua aderência e a formação em excesso, podendo ser subdividida em função da formação em:

- carepa primária: formada no reaquecimento de placas. A velocidade de formação esta relacionada à temperatura do forno, ao tempo de permanência do material dentro do forno, à atmosfera de aquecimento e eficiência térmica, sua formação em excesso influencia diretamente no rendimento de produto. Possui como característica uma fina espessura de camada e baixa adesão à superfície do metal base, sendo de fácil remoção antes do início da laminação. Em temperaturas acima de 1.360°C dentro do forno de reaquecimento pode haver fusão superficial da camada de carepa tornando difícil a sua remoção.
- carepa secundária: formada pela exposição da placa quente ao ar após a remoção da camada de carepa primária e agravada pela alta aderência, podendo ser estampada nos cilindros de laminação devido a deficiência na refrigeração ou na descamação.<sup>(2)</sup>

### 3.2 Defeito Cavidade de Carepa

O processo de decapagem tem como principal finalidade remover a camada de óxido formada na superfície da tira durante o processo de Laminação a Quente, através da imersão das bobinas em tanques com solução de ácido clorídrico por determinado tempo e em velocidade controlada. A cavidade carepa (Figura 1), é um defeito que se torna visível após o processo de decapagem onde há um arrancamento de pontos de óxidos incrustados na superfície do material, gerando imperfeições. São depressões distribuídas heterogeneamente ao longo da superfície da bobina.



Figura 1. Cavidade de carepa.

## 4 HISTÓRICO DE RESULTADOS

A Figura 2 apresenta a evolução da participação dos materiais de baixa resistência com aplicação estrutural no mix de produção de produtos laminados a quente e decapados na Usiminas Cubatão. Pode ser observado que, ao longo do ano de 2010, a participação destes materiais aumentou consideravelmente.

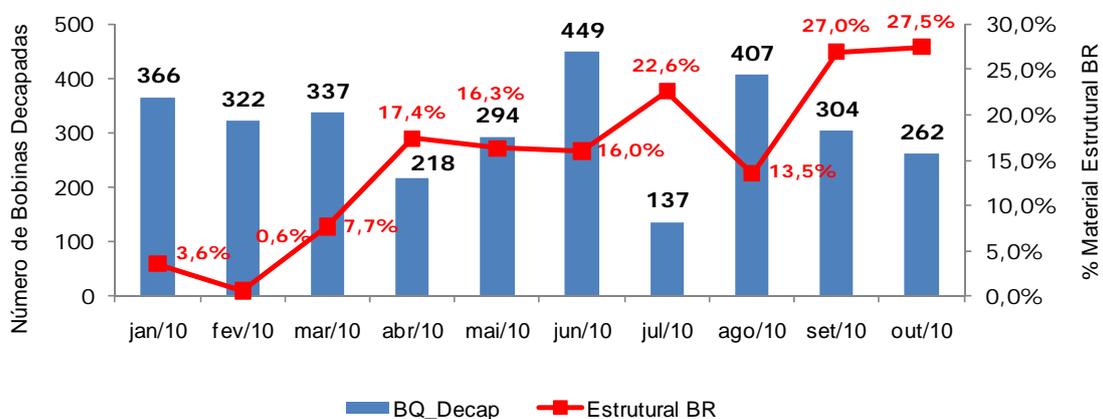
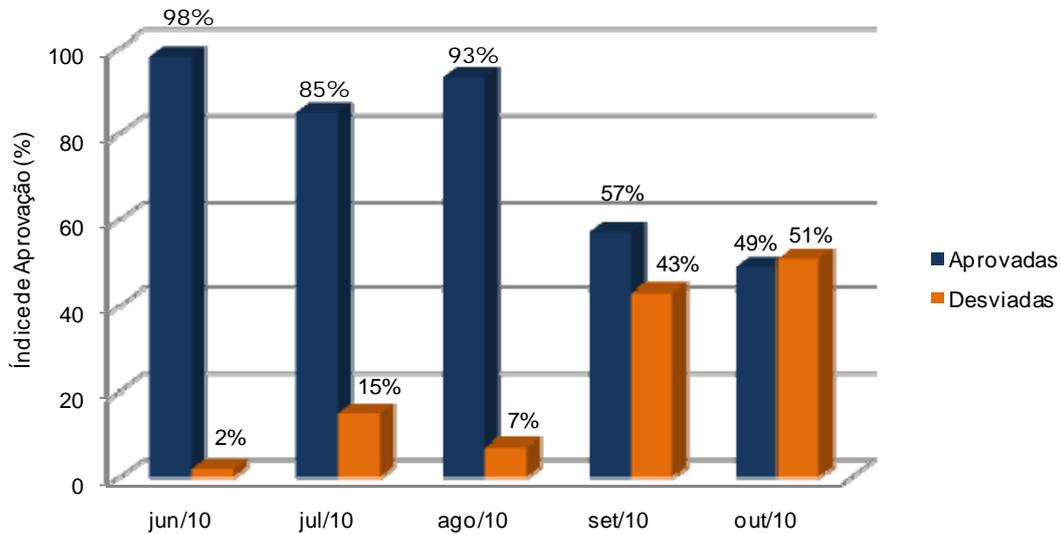


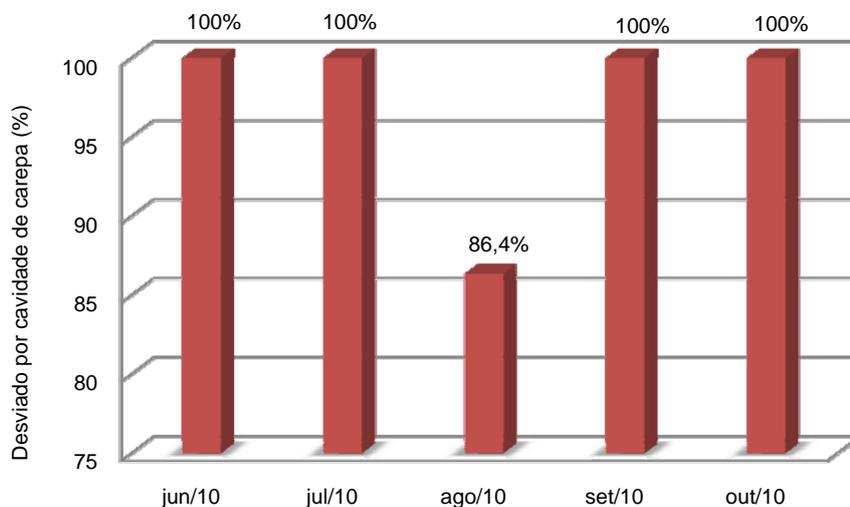
Figura 2. Participação de material BR com aplicação estrutural no mix de material decapado.

O aumento significativo na produção destes materiais tornou mais evidente os problemas de qualidade superficial encontrados após processo de decapagem, chegando a apresentar maior volume de desvios do que aprovação no mês de outubro do ano de 2010 (Figura 3).



**Figura 3.** Aproveitamento do material.

Para atacar na causa principal dos desvios, foram estratificados os defeitos de maior ocorrência, onde de acordo com a Figura 4, ficou evidenciado que, em quatro dos cinco meses avaliados, o motivo do desvio foi 100% por cavidade de carepa.



**Figura 4.** Materiais desviados por cavidade de carepa em função do desviado total.

## 5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Diante dos dados levantados foram tomadas medidas imediatas e simultâneas visando amenizar a intensidade do defeito.

Primeiramente foi realizada a troca de todos os bicos de descamação do Q.C.S (quebrador de carepa secundário) visando a retirada mais eficiente da carepa secundária. Para inibição da formação da camada de óxido de ferro entre cadeiras foi instalado um sistema de jateamento de água, chamado de *anti-peeling*, entre as cadeiras 1 (F#1) e 2 (F#2) para atuar na superfície superior, uma vez que já existe

um sistema similar para a superfície inferior. Durante a redução de espessura nas primeiras cadeiras, a união de fatores como a alta redução, com elevada temperatura do esboço e baixa velocidade de laminação, podem contribuir para elevar ainda mais a temperatura da superfície do esboço promovendo a geração da carepa secundária. Logo, o sistema *anti-peeling* visa reduzir a temperatura da superfície da tira para inibir esta formação de carepa.

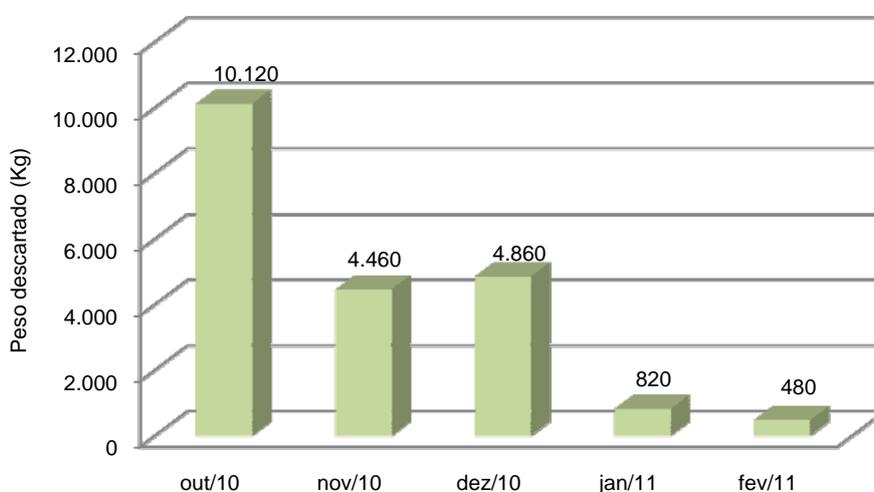
Entre as experiências efetuadas foram verificados os efeitos da redução do comprimento de placa em 12% para diminuir o tempo de exposição da placa ao ar na mesa de aproximação do trem acabador e da diminuição da temperatura de entrada em 15°C visando reduzir o tempo de permanência do material no forno de reaquecimento e minimizar o tempo de espera na mesa de aproximação até atingir a temperatura de entrada no trem acabador.

Também foi realizada alteração na composição química do aço possibilitando a redução do tempo de permanência e temperatura de entrada, bem como alívio nas forças de laminação e visando reduzir a aderência da carepa secundária.

Finalmente, foi realizada estratificação dos materiais que apresentavam o defeito de cavidade de carepa, onde foi possível observar que 53% das bobinas tinham 1.000 mm de largura e outros 27% apresentaram na largura 1.100 mm. Com isso, foi realizada alteração na regra de programação, uma vez que estes materiais ficavam no final do cone, colocou-se até 6 placas de cada largura no início do cone, onde os cilindros ainda não estão muito desgastados e menos propensos a apresentar regiões de defeitos em virtude da baixa quilometragem laminada, deixando para o final do cone, materiais menos propensos à formação de carepa devido a composição química.<sup>(3)</sup>

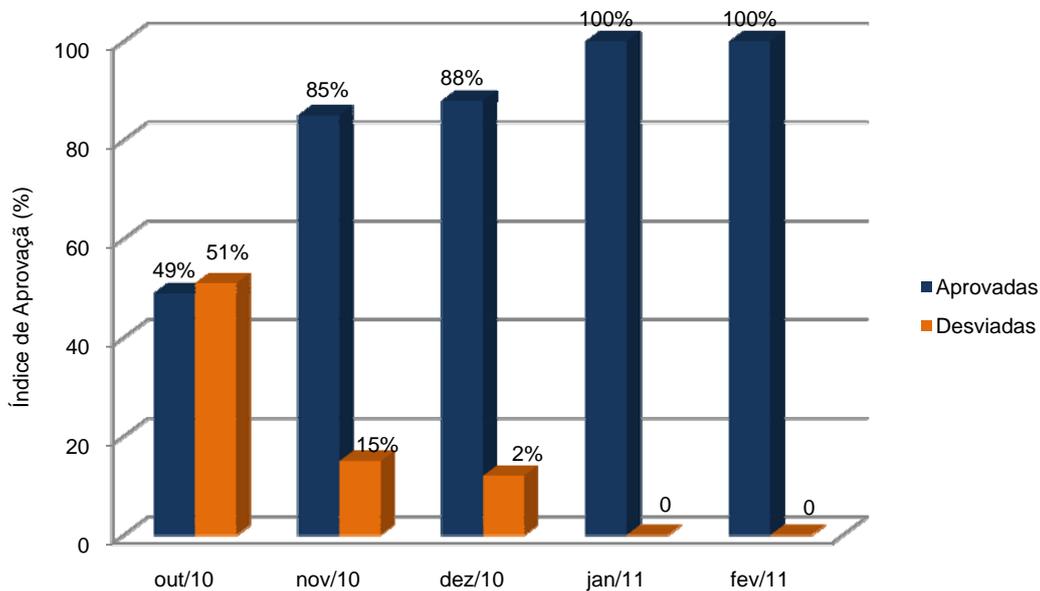
## 6 RESULTADO FINAL

A influência de cada parâmetro alterado não pôde ser mensurada separadamente em função das experiências terem sido realizadas simultaneamente. Porém, de acordo com a Figura 5, o resultado global mostra que as ações tomadas resultaram em redução de aproximadamente 95% nos descartes por cavidade de carepa.



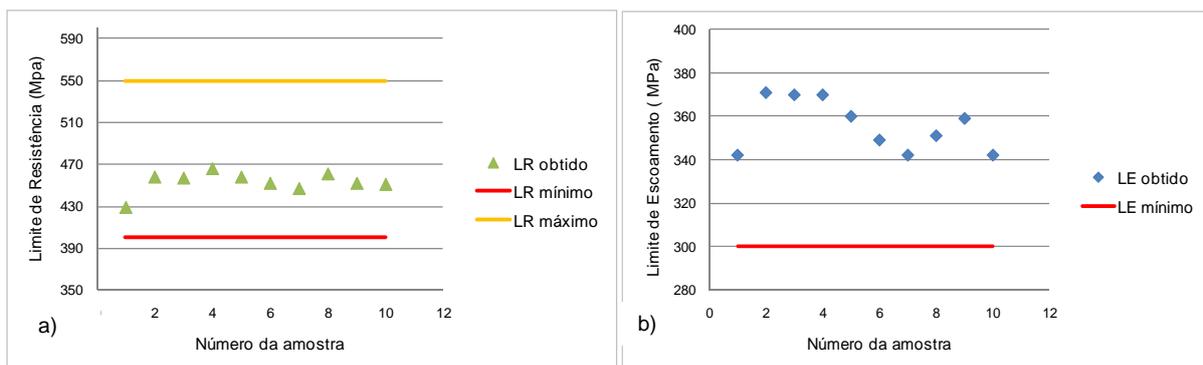
**Figura 5.** Peso do material descartado por cavidade de carepa.

Ainda com relação ao resultado global, obteve-se excelente efeito nos desvios deste material, que chegaram a alcançar 51% de reprovação antes do trabalho, passando para 100% de aprovação após o estudo (Figura 6).



**Figura 6.** Evolução do rendimento de aprovação do material.

De acordo com resultados encontrados em 10 corridas amostradas, a alteração do aço utilizado em materiais estruturais de baixa resistência não afetou o atendimento às propriedades mecânicas. Conforme a Figura 7a, pode-se observar que os valores obtidos de resistência mecânica permaneceram dentro da especificação e o limite de escoamento (Figura 7b), mostra que todas as amostras apresentaram valores acima do mínimo exigido.



**Figura 7.** Atendimento às propriedades mecânicas: a) limite de resistência; e b) limite de escoamento.

## 7 CONCLUSÕES

Através das ações de melhoria aqui descritas foi obtida melhoria do ritmo operacional nas linhas posteriores, evitando retrabalho e reduzindo desvios e descartes de materiais. As alterações na especificação da matéria prima, aliada à alterações nos parâmetros de processo, reduziram em 95% o índice de descartes e eliminaram os desvios pelo defeito cavidade carepa.

## Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem aos supervisores de turno, técnicos operacionais e operadores da Laminação a Quente da Usiminas Cubatão pelo suporte e companheirismo dados durante a execução dos trabalhos.

## 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 RIZZO, E.M.S. Processos de Laminação dos Aços: Uma Introdução. ABM, São Paulo, 2007.
- 3 SANTOS, C.R. Melhoria da Qualidade Superficial e Conseqüente Redução de Desvios de Materiais Estruturais de Baixa Resistência. XXXIV Seminário Interno de Laminação Usiminas, Cubatão, 2011.