

# **EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DO AÇO UBC NA GERDAU** **AÇOMINAS**<sup>(1)</sup>

*José Saturnino da Silva*<sup>(2)</sup>  
*Luiz Carlos da Cruz*<sup>(3)</sup>  
*Odivaldo Antônio dos Reis Silva*<sup>(4)</sup>  
*Sandro dos Santos*<sup>(5)</sup>

A produção do aço UBC (ultra baixo carbono) na Gerdau Açominas foi iniciada em 1991 com a produção de placas para estampagem extra profunda para a CSN. Em 1993 e 1994 desenvolveu-se a produção do UBC como capeado e acalmado ao Si na forma de tarugos de 100 mm para aplicação em refusão. Em 1995 foi desenvolvida a produção de tarugos de 120 e 130 mm com aplicação em Cold Heading Quality para exportação. A partir de 2000 foi necessário o desenvolvimento desse aço na bitola de 82,5 mm na lingoteira de 13,7t para refusão. É apresentada a evolução das qualidades tanto de composição química quanto de superfície no período de 2001 e 2003, para aplicação refusão, como resultado direto da implantação dos equipamentos de forno-panela e KR na aciaria bem como das práticas de desoxidação e descarburagem do aço no RH e a obtenção da temperatura ideal de laminação através do controle de ritmo.

Palavras chave: aço ultra baixo carbono, fragilidade a quente

(1) *Contribuição Técnica ao 41º Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 26 a 28 de outubro de 2004, Joinville, SC.*

(2) *Engenheiro Metalurgista, Especialista de Aciaria, Gerdau Açominas.*

(3) *Engenheiro Metalurgista, Especialista de Produtos, CQE-ASQ, Gerdau Açominas.*

(4) *Técnico Metalúrgico, Técnico de Desenvolvimento de Produtos e Processos, Gerdau Açominas.*

(5) *Técnico Metalúrgico, Técnico de Processo de Laminação de Blocos, Placas e Tarugos, Gerdau Açominas.*

## 1 INTRODUÇÃO

A maior exigência para a aplicação refusão é a composição química com os menores teores possíveis dos demais elementos que não o ferro (Fe) ou seja, o que se visa é o Fe comercialmente puro. Também é desejável a superfície livre de defeitos, tais como: incrustações, fissuras grosseiras e bordas rompidas. A exigência da composição química se deve às aplicações posteriores à refusão: base para super-ligas destinadas à indústria aeroespacial (componentes de turbinas). A qualidade de superfície diz respeito ao aspecto visual do produto que o mercado requer.

## 2 OBJETIVO

Produzir o aço UBC atendendo às especificações de composição química e qualidade de superfície, na bitola de 82,5mm, incluindo a alteração da lingoteira de 7t para 13,7t.

## 3 ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO

- ◆ Aço SAE 1002M:

Tabela 1 – Composição química (%)

Elementos	C	Mn	Si	P	S	Alt	Ni	Cr	Cu	Ti	V	N <sub>2</sub> (ppm)	Mo
Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	00	0,000
Máximo	0,006	0,100	0,030	0,008	0,008	0,020	0,040	0,040	0,040	0,010	0,010	70	0,050

- ◆ Bitola 82,5 mm.
- ◆ Comprimento: faixa principal: 6400 a 7000 mm  
curtos: 5100 a 6399 mm.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

O aço em estudo apresenta baixo teor de Mn em que o desejável pelo cliente é o menor teor possível. Um aço produzido nessas condições pode levar à fragilidade durante o processo de laminação à quente.

### 4.1 Efeito do enxofre na fragilidade a quente

De acordo com Nutting (1989), o efeito do teor de S na ocorrência de defeitos pode ser avaliado pela figura 1.

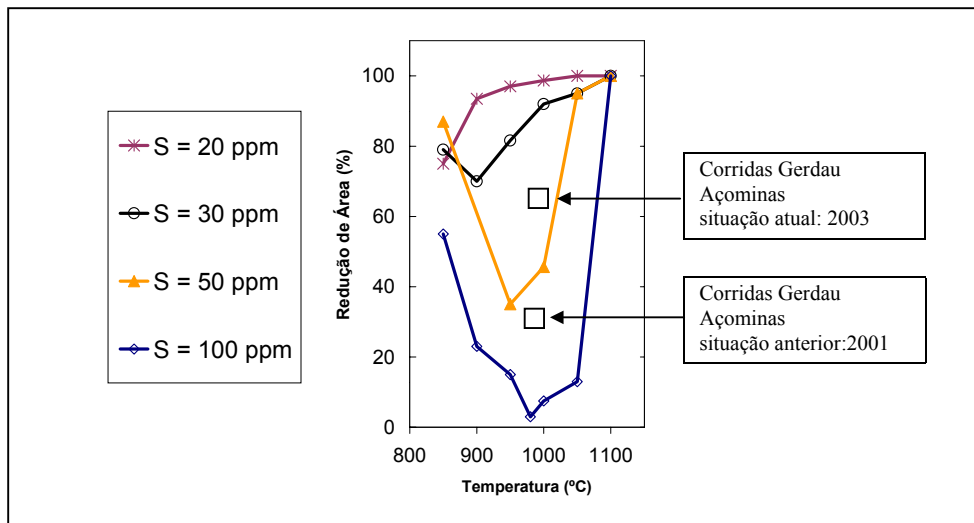


Figura 1 – Influência do S na fragilidade a quente do Fe puro (Nutting, 1989)

#### 4.1.1 Mecanismo do rompimento

O enxofre forma o sulfeto de ferro (FeS) em torno de 1000°C, o que gera um filme líquido no contorno de grão austenítico causando a fragilidade. A solução é a adição suficiente de Mn para a formação de sulfeto de manganês (MnS), que possui a temperatura de fusão de aproximadamente 1400°C. A proporção tradicional é Mn/S > 20. A solubilidade do S no Fe $\gamma$  a 1000°C é 0,013% máx (130 ppm, conforme figura 2), o que implica que para S baixo é a segregação do “S” no estado sólido que causa a fragilidade, havendo a seguinte transformação:



Exemplo: 89 ppm de S pode reduzir a ductilidade a zero a 980°C (figura 1).

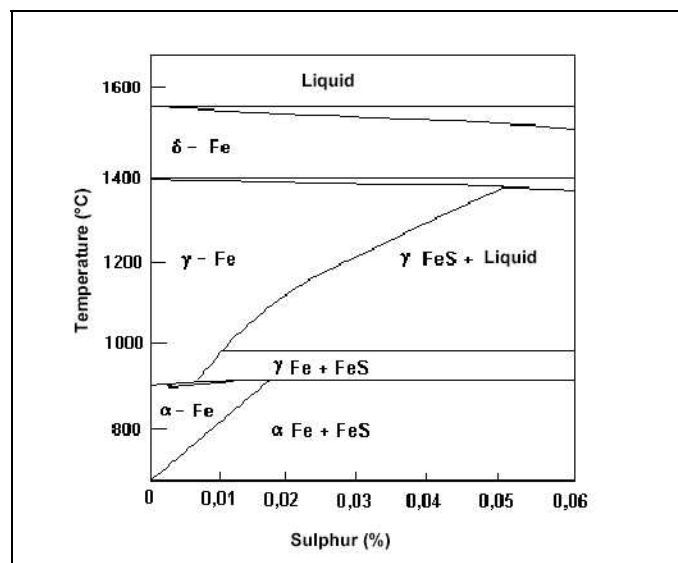


Figura 2 – Diagrama de equilíbrio Fe-S (Nutting, 1989)

## 4.2 Efeito da laminação

Para evitar a fragilidade à quente, mostrada na figura 1, objetiva-se laminar em temperatura acima de 1000°C. Porém o tempo de laminação tem influência no resfriamento das bordas do tarugo, podendo ocorrer diferenças de temperatura de até 170°C (figura 3).

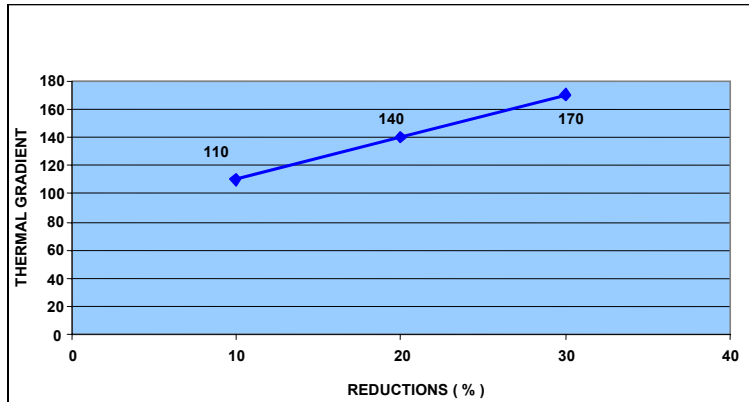


Figura 3 – Diferença de temperatura entre borda e face do tarugo

Assim, nessa região o material estará sendo deformado em temperaturas abaixo de 1000°C e portanto susceptível à ocorrência de rompimento nas bordas (BR).

## 5 METODOLOGIA

Trabalho realizado em escala industrial mediante produção de corridas experimentais com acompanhamento técnico especializado, no período de março de 2001 à setembro de 2003.

## 6 RESULTADOS

A qualidade de superfície influencia diretamente o rendimento de acabamento, visto que não há recondicionamento. Houve uma melhoria nos resultados de rendimento de acabamento em 2003 comparado com 2001 (figura 4).

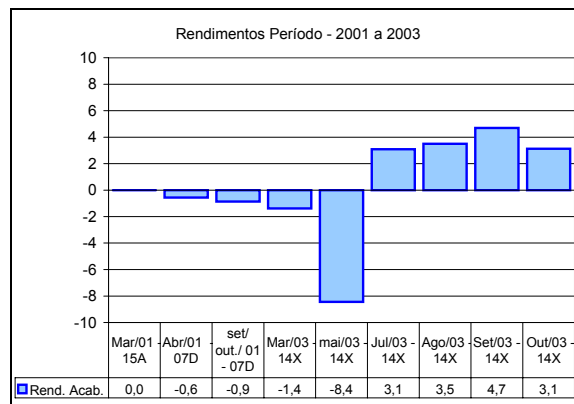


Figura 4 – Rendimento de acabamento

## 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O ganho de rendimento se deve à elevação da relação Mn/S (figura 5) e do controle de ritmo de laminação, assegurando uma melhor temperatura final. O mês de maio/03 apresentou perdas devido à ocorrência do defeito borda rompida.

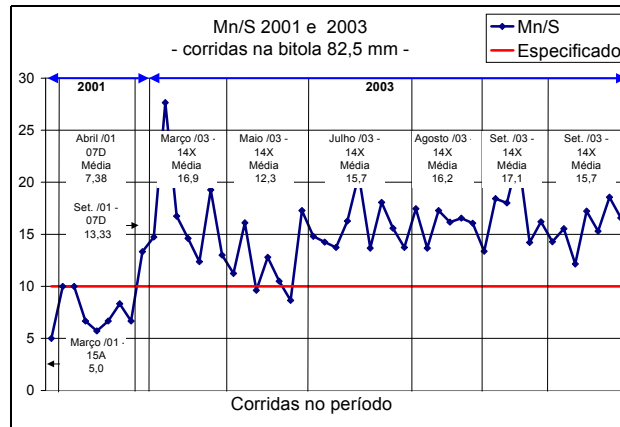


Figura 5 – Relação Mn/S do aço

A elevação da relação Mn/S é consequência direta da redução do teor de “S” decorrente da implantação do KR (Kambara Reactor - método de dessulfuração por meio de agitação mecânica do banho e adição de fundentes na panela de gusa) que permitiu uma redução do teor de “S” de 0,025% para 0,0025% em comparação ao método por injeção de mistura dessulfurante em carro torpedo (figuras 6 e 7). Conseqüentemente o teor de “S” no produto final foi reduzido de 0,0063% para 0,0042% (figura 8).

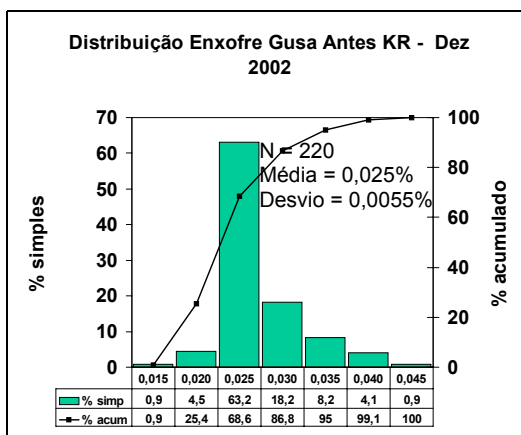


Figura 6 – S do gusa

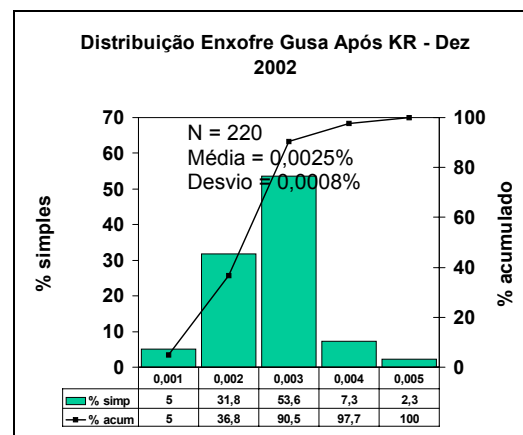


Figura 7 – S do gusa

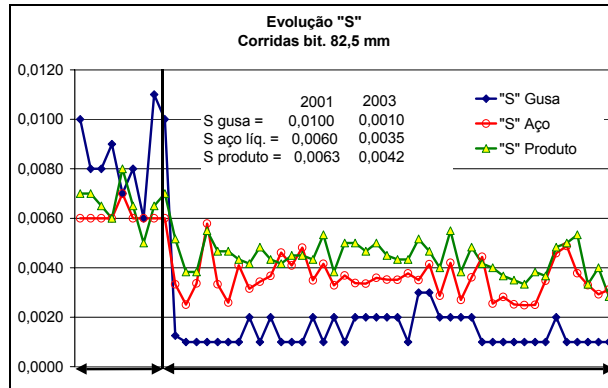


Figura 8 – S do aço

O teor de Mn é corrigido visando uma relação  $Mn/S > 10$ , por essa razão não houve variação significativa nos resultados (figura 9).

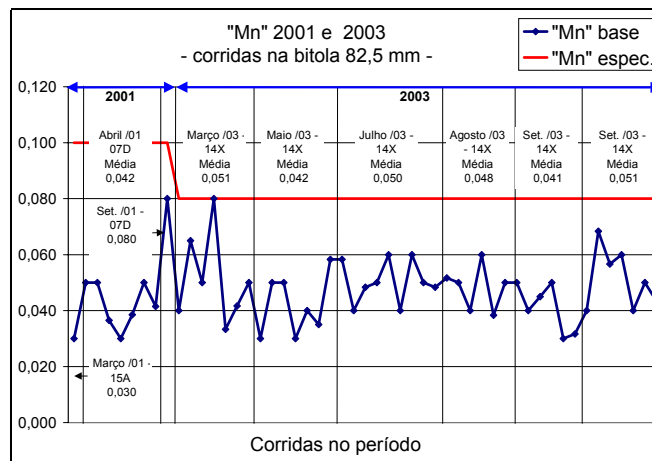


Figura 9 – Mn do aço

## 7.1 Qualidade de Superfície

### 7.1.1 Borda Rompida (BR)

**Definição:** caracteriza-se por um rompimento da superfície das bordas do tarugo com uma forma rugosa no fundo (figuras 10 e 11). Figura 12 peças sem defeito.



Figura 10 - BR



Figura 11 - BR



Figura 12 – Sem BR

## Análise do defeito

### Micrografia:

Os contornos das rupturas não apresentam formação de óxidos globulares, ou seja, elas não estão associadas a defeitos superficiais preexistentes no lingote original e expostos à atmosfera oxidante do forno poço. As rupturas se deram de forma transgranular. A estrutura do material é 100% ferrítica (Figuras 13 e 14).

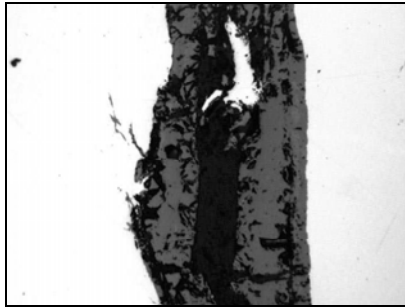


Figura 13 – Sem óxidos

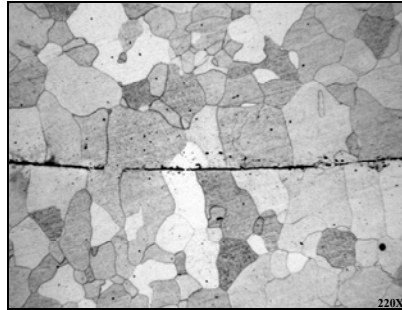


Figura 14 - Transgranular

As rupturas ocorreram durante a laminação. Defeito característico de baixa relação Mn/S. Amostra: corrida com a relação Mn/S = 3,75.

### Causa do rompimento

As produções de 2001 e 2003 mostraram uma correlação entre o sucatamento de peças com a borda rompida e a relação Mn/S de suas corridas. É clara a tendência de redução do defeito à medida da elevação da relação Mn/S (Figura 15). Nota-se também que em maio/03 as corridas não seguiram a tendência normal da curva (as perdas estão acima do esperado), o que indica a influência de outro fator na ocorrência do defeito BR.

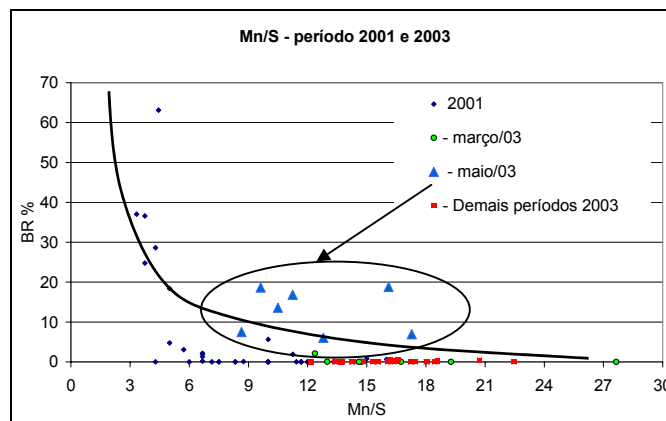


Figura 15 – Perdas por BR X relação Mn/S

Isto é comprovado pela análise do tempo de laminação por lingote que mostra a tendência de ocorrência de BR em peças com maior tempo de laminação (Figura 16).

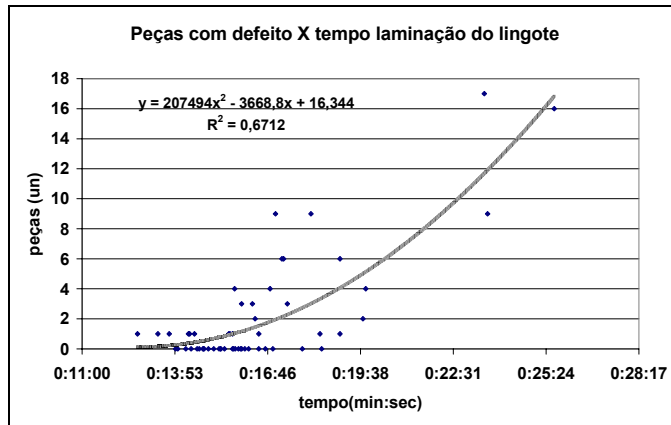
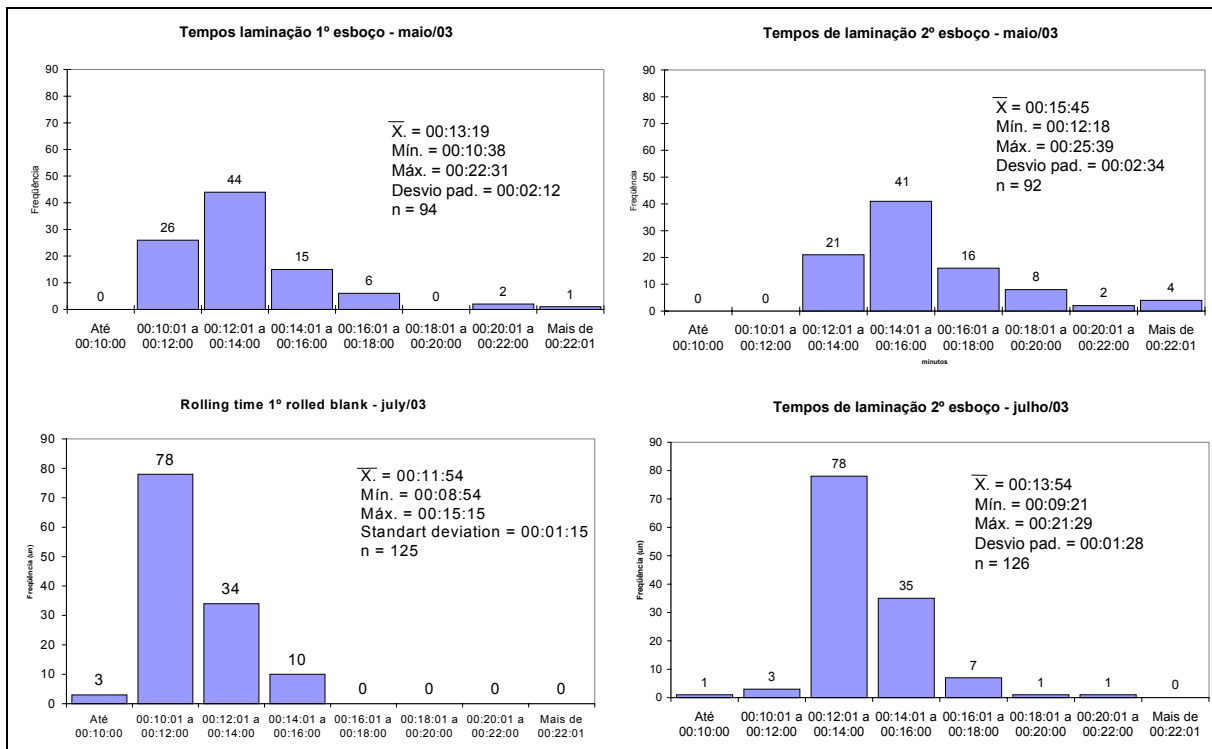


Figura 16 – Peças com defeito X tempo de laminação

A seqüência das figuras de 17 a 20 indica a variação de tempo de laminação dos esboços nos meses de maio (com ocorrência do defeito) e julho/03 (sem ocorrência do defeito) com os seguintes resultados:

Tabela 2 – Média e desvio padrão de tempo de laminação por lingote

Período	1º esboço		2º esboço	
	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
maio/03	00:13:19	00:02:12	00:15:45	00:02:34
julho/03	00:11:54	00:01:15	00:13:54	00:01:28



Figuras 17 a 20 – Tempo de laminação por lingote



## 8 CONCLUSÕES:

Houve um aumento significativo de rendimento à partir do 2º semestre de 2003.

Para obter produtos isentos de defeitos deve-se:

- ◆ Controlar a relação Mn/S > 10.
- ◆ Tempo de laminação < 12 minutos e temperatura > 1000°C.
- ◆ Controle de ritmo de laminação para evitar espera na linha de laminação.

## 9 BIBLIOGRAFIA:

CRUZ, L. C., SILVA, O. A. R., SILVA, J. S., SANTOS, S. MELHORIA DE QUALIDADE DO AÇO UBC A00005B1IG PARA ALLIED METALS. IN: SEMINÁRIO INTERNO DA LAMINAÇÃO PRIMÁRIA, 2001, OURO BRANCO – GERDAU AÇOMINAS S. A.

BARBOSA, R. A. N. M , CARNEIRO, J. R, CARNEIRO Fº, C. J, QUEIRÓZ, M. J. R. ESTUDO DA CONFORMAÇÃO A QUENTE DE AÇOS ULTRA-BAIXO CARBONO. IN: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO DA ABM, SET. 1994, SÃO PAULO - SP

FERREIRA Fº, G. A. F., SILVA, J. S., CASTRO, L. M., AUAD, M.V. DESSULFURAÇÃO EM PANELA DE GUSA VIA PROCESSO KR NA AÇOMINAS. IN: XXXIV SEMINÁRIO DE FUSÃO, REFINO E SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS, BELO HORIZONTE – MG.

NUTTING, J. Clean steel, dirty steel. 36<sup>th</sup> Hadfield Memorial Lecture. Ironmaking and Steelmaking, vol 16, N° 4, pp. 219-227, 1989.

SILVA, O. A. R. EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DO AÇO UBC. INFORME TÉCNICO N° 51/03. GERDAU AÇOMINAS S. A.

# **QUALITY EVOLUTION OF ULTRA LOW CARBON STEEL AT GERDAU AÇOMINAS<sup>(1)</sup>**

*José Saturnino da Silva<sup>(2)</sup>  
Luiz Carlos da Cruz<sup>(3)</sup>  
Odivaldo Antônio dos Reis Silva<sup>(4)</sup>  
Sandro dos Santos<sup>(5)</sup>*

## **ABSTRACT**

The production of ultra low carbon steels at Gerdau Açominas started in 1991 with the production of slabs for deep drawing sheets. In 1993 and 1994 the production of ultra low carbon steels was developed as capped steels and silicon killed steels for 100x100mm billets (end use: remelting and refining for superalloys). In 1995 it was developed the production of 120x120mm and 130x130mm billets for cold heading quality. In 2000 the customer changed the billet size from 100x100mm to 82,5x82,5mm, end use remelting and it was necessary to produce using the 13,t mold. In this case it is presented the improvements in surface quality and chemical composition regarding the production period 2001-2003. It was due process improvements (chemical control at the melt shop and temperature and rolling time control at rolling mill) and new equipments installed in 2002.

Key words: hot shortness, ultra-low carbon steel

*(1) Technical Contribution to the 41<sup>st</sup> Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 26 a 28 de outubro de 2004, Joinville, SC.*

*(2) Metallurgical Enginneer, Steelmaking Specialist, Gerdau Açominas.*

*(3) Metallurgical Enginneer, Products Specialist, CQE-ASQ, Gerdau Açominas.*

*(4) Metallurgical Technician, Products Development Technician, Gerdau Açominas.*

*(5) Metallurgical Technician, Rolling Mill Process Technician, Gerdau Açominas.*