

# **Aprimoramento do processo de fabricação do material DWI/BA ao longo do fluxo de folha metálica destinado a produção de latas de duas peças**

Marcos Delane de Souza <sup>(1)</sup>

James Albert dos Santos Soares Mohallem <sup>(2)</sup>

Eduardo Amorim Motta <sup>(3)</sup>

Eduardo Côrtes de Castro <sup>(4)</sup>

Paulo Roberto Campissi de Souza <sup>(5)</sup>

Carlos Agenor Onofre Cabral <sup>(6)</sup>

## **RESUMO**

O presente trabalho mostra as alterações realizadas em parâmetros de processo nas áreas de aciaria, laminação a quente e recozimento em caixa para adequar as propriedades mecânicas do aço DWI BA às necessidades do cliente final (Metalic) na fabricação de latas de duas peças para bebidas carbonatadas. Para desenvolvimento do trabalho utilizou-se o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP).

Foi observado que as propriedades mecânicas do material (limite de escoamento, alongamento e coeficiente de anisotropia) estavam inadequadas ao uso final e que este fato estava associado a uma combinação de fatores (% N do metal base, temperaturas de acabamento e bobinamento no LTQ e ciclo de recozimento no forno caixa).

Após a redução do % N do aço, ajuste das temperaturas de bobinamento e acabamento, e do ciclo de recozimento as propriedades mecânicas da chapa atingiram valores necessários ao bom desempenho para fabricação da peça no cliente.

Palavras-chave: lata de duas peças, laminação a quente, recozimento em caixa

---

41º SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO – Processos e Produtos Laminados e Revestidos – 26 a 28 de outubro de 2004 – Joinville - SC.

1 Engenheiro de Desenvolvimento da Gerência de Tecnologia Metalúrgica – CSN

2 Engenheiro de Desenvolvimento da Gerência de Tecnologia Metalúrgica - CSN

3 Engenheiro de Produção da Gerência de Laminação a Frio - CSN

4 Coordenador de Projetos Especiais da Gerência de Tecnologia Metalúrgica - CSN

5 Engenheiro de Desenvolvimento da Gerência de Pesquisa - CSN

6 Coordenador de Projetos Especiais da Gerência de Pesquisa - CSN

## Introdução

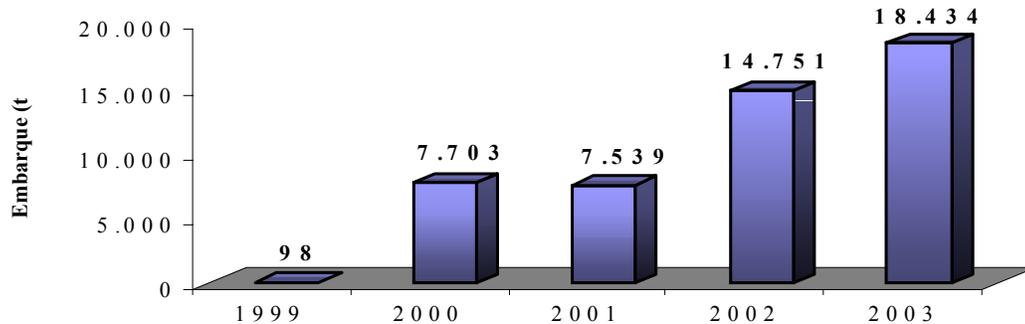
Os permanentes desafios impostos pela forte concorrência para conquista do mercado de embalagens no Brasil (e no mundo), têm transformado as indústrias siderúrgicas. A competição com produtos sucedâneos, tais como o plástico, o alumínio, o PET e o tetrapak, tornam essa competição ainda mais acirrada. A CSN, como tradicional fornecedora de aços para o mercado de embalagens, tem sido permanentemente ameaçada por seus competidores. Um exemplo que ilustra este fato é a lata para bebidas carbonatadas. No passado, estas latas eram produzidas em aço e tinham como principal característica sua composição em três peças (fundo, corpo e tampa) soldadas. Com a entrada do alumínio neste mercado, as latas puderam ser fabricadas em duas peças (corpo e tampa), sem a necessidade de soldagem. Com isso, o aço passou a ser menos econômico para fabricação de latas para bebidas carbonatadas, sendo deslocada deste mercado. Entretanto, através da realização de pesquisas pôde-se desenvolver um tipo de aço com características que favoreciam a produção de latas em duas peças (como para o alumínio). Este aço é denominado DWI (draw wall ironing). O nome DWI deriva do termo em inglês que indica o processo de conformação da lata, que ocorre por estiramento da chapa. A produção do aço DWI permitiu às siderúrgicas aumentar sua competitividade através da recuperação do mercado de latas para bebidas carbonatadas.

A fabricação de latas pelo processo DWI impõe fortes requisitos de qualidade ao metal base, implicando em um controle apurado em todos os processos que compõem o fluxo de produção deste material (desde a aciaria até a linha de estanhamento). Para que o processo de conformação da lata ocorra satisfatoriamente, faz-se necessária a maior homogeneidade do aço. Em outras palavras, fatores como sanidade interna (nível de inclusões não metálicas), espessura e propriedades mecânicas devem ser garantidas para que a lata não apresente defeitos que comprometam sua integridade.

Embora a CSN seja uma tradicional fornecedora de aço para embalagens metálicas, o desenvolvimento de aços para fabricação de latas de duas peças precisou de um tempo para realização de estudos e ocorreu em etapas. Esse fato se explica em função deste material apresentar requisitos de qualidade elevados quando comparado com as demais especificações fornecidas aos fabricantes de embalagens. A primeira experiência da CSN neste mercado ocorreu em 1988, quando foi produzido um lote experimental para empresa Carnaud Metal Box, fabricante inglesa de latas de duas peças. Os resultados obtidos permitiram classificar o aço da CSN como comparável ao fabricado pela British Steel, em especial no que concerne ao nível de limpeza interna. Em 1993, realizou-se a segunda experiência através do fornecimento de um lote para empresa Lawson Mardon Can, também inglesa. A exemplo do que ocorrera na primeira experiência, constatou-se no material CSN bom nível de limpeza interna. Em 1996, foi realizado o terceiro teste. Desta vez, a empresa Envazes, da Venezuela, processou 4 lotes de 15,5 t do material da CSN. O resultado foi novamente satisfatório. Em 1998, a CSN intensificou suas ações no sentido de ampliar a produção do aço DWI, iniciando o fornecimento experimental de lotes para empresa Metalic, situada em Fortaleza, Ceará. A evolução do fornecimento a

Metalic pode ser visto no gráfico 1. O impulso no desenvolvimento do aço DWI na CSN foi dado quando implantou-se na aciaria o processo de metalurgia através da desgaseificação a vácuo, no forno tipo RH. Até 1998, o aço DWI era processado na estação de borbulhamento, que apresenta limitações quando comparado com o forno RH, especialmente no que concerne a limpeza interna. Outro fator que contribuiu para melhoria da qualidade do metal base foi a partida em 1999 da nova máquina de lingotamento contínuo, que dispõe de recursos que favorecem maior limpeza interna do material.

**Gráfico 1 – Evolução do embarque de aço DWI da CSN para Metalic**



## Desenvolvimento

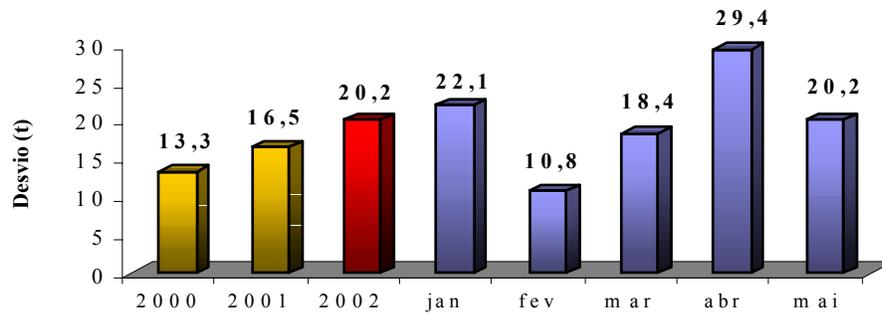
Durante o desenvolvimento do aço DWI BA na CSN, uma série de características de qualidade foram levantadas no sentido de traduzir as necessidades do cliente em indicadores internos. Assim, cada fase do processo de fabricação passou a acompanhar através de indicadores e parâmetros, a influência do seu resultado sobre as características finais do produto. Através de um trabalho multidisciplinar, envolvendo especialistas das gerências de desenvolvimento técnico das áreas de aciaria e laminação, em conjunto com especialistas do centro de pesquisas, formulou-se um caderno intitulado Sistema de Controle de Material DWI. Neste caderno, são encontradas todas as características do produto, de acordo com o desejo do cliente, bem como seus desdobramentos em características de qualidade e parâmetros de processo em cada unidade produtiva. Através deste trabalho, pôde-se mapear em cada processo as variáveis mais significativas para controle das características de qualidade do produto.

## Identificação do Problema

Apesar dos controles existentes em cada processo e do desenvolvimento feito durante a produção experimental do aço DWI na CSN, constatou-se que o número de desvios da encomenda por problemas associados a propriedade mecânica estavam incompatíveis com as necessidades do cliente. O gráfico 2 mostra a evolução dos desvios em 2002. Em função destes resultados, foi caracterizado um problema que poderia afetar diretamente o resultado no cliente final, implicando em aumento da rejeição de peças e redução do rendimento da

linha de produção. Uma vez identificado o problema de propriedade mecânica na chapa, iniciou-se a observação do problema.

**Gráfico 2 – Evolução dos desvios internos por propriedade mecânica do aço DWI**

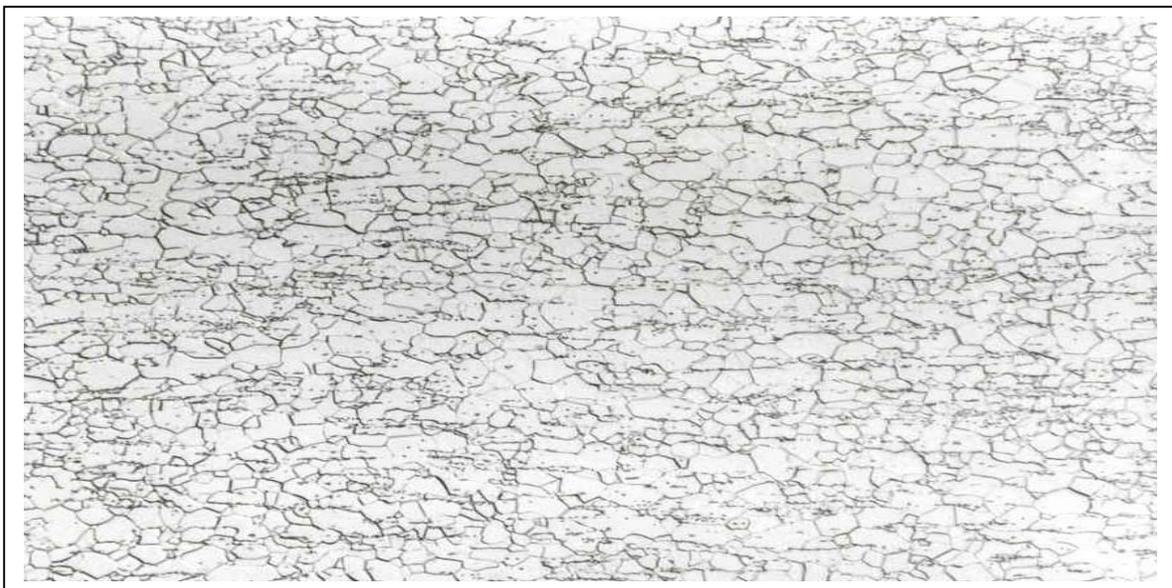


### Observação do Problema

Para caracterização do problema, foram efetuadas duas formas de observação: uma avaliação metalográfica dos materiais que apresentaram propriedades mecânicas fora do especificado e o desmembramento da propriedade mecânica em cinco indicadores: limite de escoamento, limite de resistência, alongamento, dureza e anisotropia (delta r e r barra).

A análise metalográfica das amostras das bobinas desviadas por problemas de propriedade mecânica apresentaram uma microestrutura formada por grãos ferríticos levemente alongados associados a bastante cementita globular fina dispostas em alinhamentos com tamanho de grão de 11,0 ASTM, denotando que o material recristalizou-se porem não houve o crescimento do grão (figura 1). Ou seja, apesar destas bobinas terem sido recozidas no forno caixa dentro dos padrões, ainda havia tensões residuais.

**Figura 1 – Resultado do exame metalográfico de bobina que apresentou problema de propriedade mecânica (ampliação = 500X).**

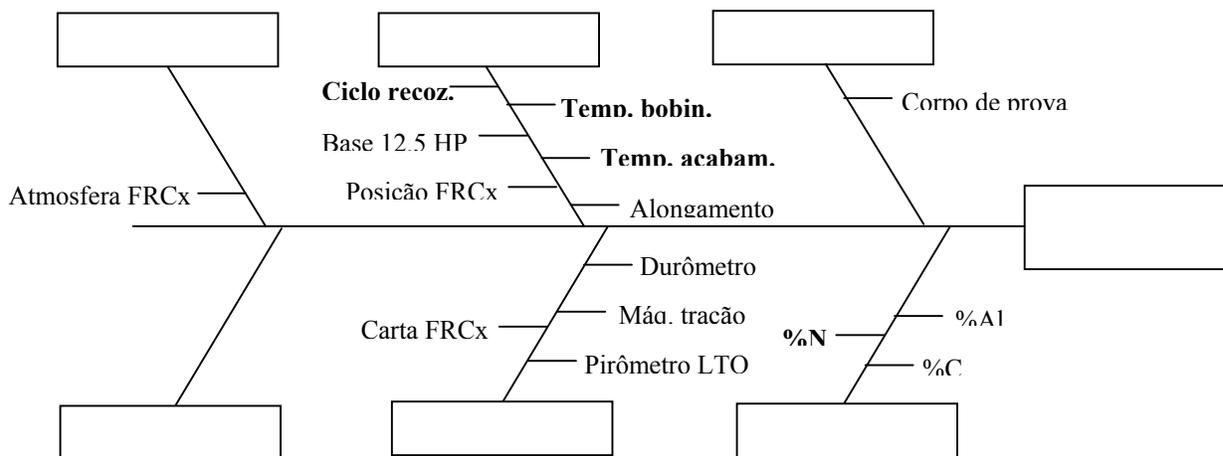


### Observação das propriedades mecânicas:

- O limite de escoamento apresenta dispersão dos resultados e tem seus valores concentrados próximos ao limite inferior de especificação;
- O limite de resistência apresenta dispersão dos resultados e tem seus valores concentrados próximos ao limite superior de especificação;
- O alongamento apresenta dispersão dos resultados e tem seus valores concentrados próximos ao limite inferior de especificação;
- A dureza apresenta dispersão dos resultados e tem seus valores concentrados próximos ao limite superior de especificação;
- O delta r apresenta dispersão dos resultados e tem seus valores concentrados próximos ao limite superior e inferior de especificação;
- O r barra apresenta dispersão dos resultados.

### Análise

A partir da observação realizada, foi feita uma “tempestade cerebral” pelo grupo, buscando identificar os fatores dentro de cada processo que poderiam estar associados aos resultados dos indicadores de propriedade mecânica. O resultado deste trabalho pode ser observado no diagrama de *Ishikawa* abaixo.



A análise feita pelo grupo indicou que as variáveis mais significativas eram o %N do aço, a estabilidade das temperaturas de acabamento e de bobinamento no laminador de tiras a quente (LTQ), e o ciclo de recozimento no forno de recozimento em caixa (FRCx). O resultado desta análise baseou-se, principalmente, no fato de o resultado das metalografias indicar recristalização não adequada a fabricação de lata de duas peças ( material com grãos pequenos ). Entende-se que teores de nitrogênio elevados, associado a um tempo e temperatura de encharque baixo, seriam insuficientes para proporcionar a

precipitação completa de nitreto de alumínio (AlN), permitindo assim que o nitrogênio permanecesse disperso na matriz, agindo como agente endurecedor por solução sólida intersticial. A partir desta constatação, foram tomadas as ações descritas abaixo.

### Ações Corretivas

A análise através do diagrama de *Ishikawa* permitiu identificar cinco variáveis principais, que estavam afetando os resultados de propriedades mecânicas do aço DWI:

1. Percentual de nitrogênio;
2. A variação nas temperaturas de bobinamento no LTQ;
3. A variação nas temperaturas de acabamento no LTQ;
4. A temperatura de encharque do recozimento em caixa;
5. O tempo de encharque no recozimento em caixa.

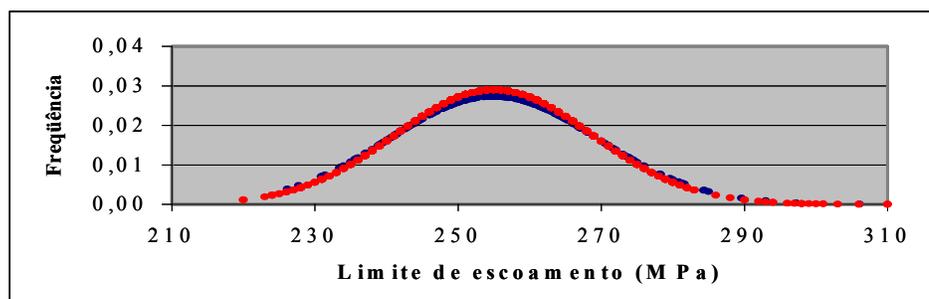
Baseado nessa análise foram tomadas as seguintes ações corretivas:

1. Redução do teor máximo de nitrogênio do aço de 0,007 para 0,006%;
2. Alterações nos parâmetros do modelo matemático do LTQ no que se refere aos ajustes dos padrões de abertura dos chuveiros do *laminar flow* (temperatura de bobinamento) e funções de controle automático de FDT (temperatura de acabamento).
3. Foi alterada a temperatura de encharque de 570°C para 600°C e aumentado o tempo de encharque de 7h para 8h.

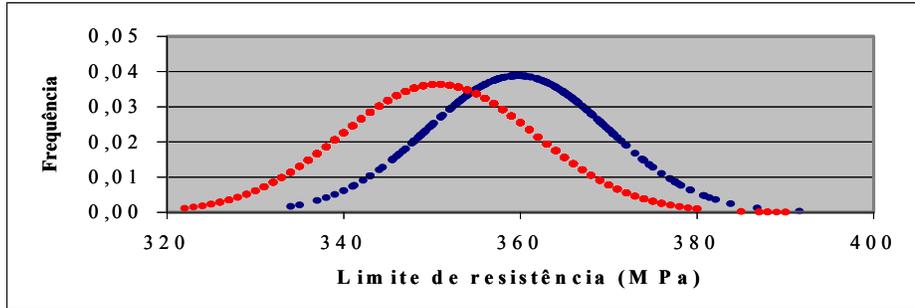
### Verificação

A partir das ações corretivas, foram tomados como indicadores da eficácia os mesmos apresentados na fase de observação: limite de escoamento, limite de resistência, alongamento, dureza e anisotropia (delta r e r barra). Os resultados alcançados encontram-se nos gráficos 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

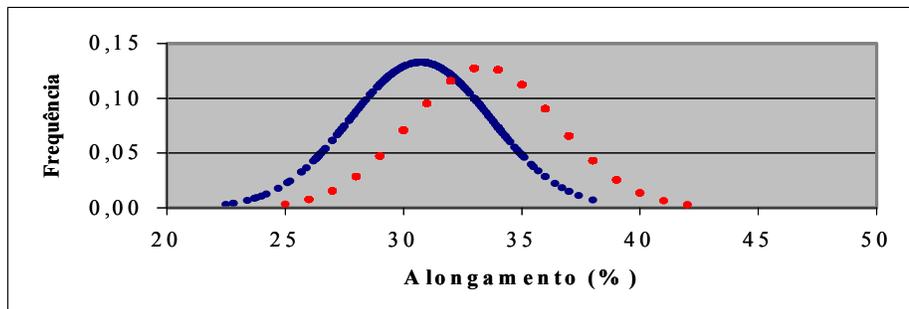
**Gráfico 3 – Distribuição do limite de escoamento antes (azul) e após (vermelho) as ações corretivas.**



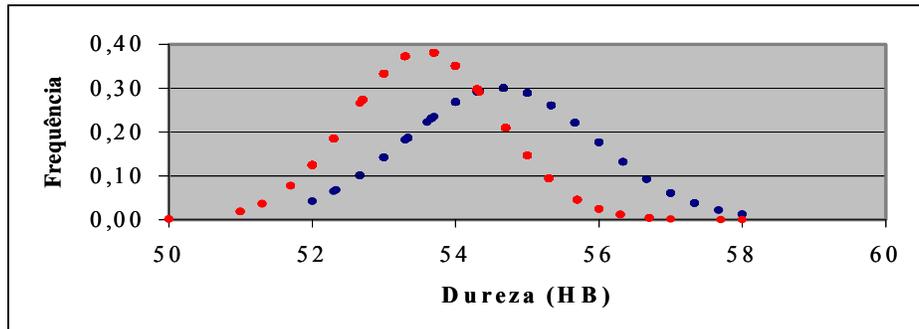
**Gráfico 4 – Distribuição do limite de resistência antes (azul) e após (vermelho) as ações corretivas.**



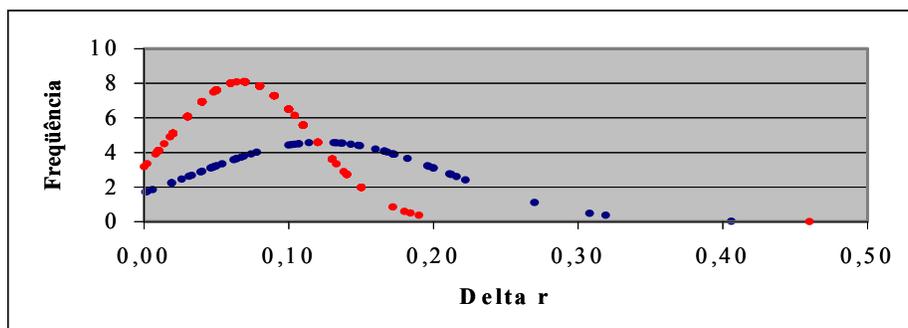
**Gráfico 5 – Distribuição do alongamento antes (azul) e após (vermelho) as ações corretivas.**



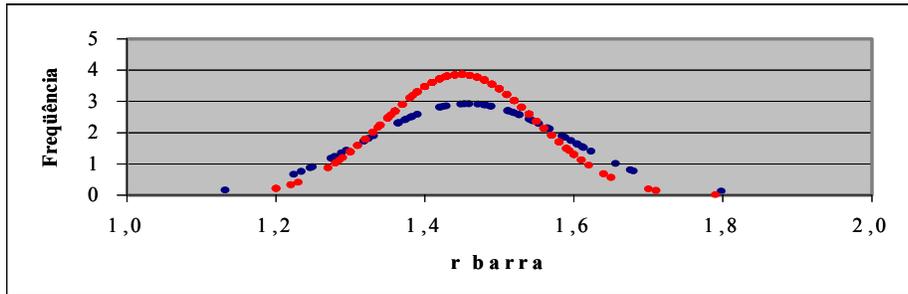
**Gráfico 6 – Distribuição da dureza antes (azul) e após (vermelho) as ações corretivas.**



**Gráfico 7 – Distribuição de delta r antes (azul) e depois (vermelho) das ações corretivas.**



**Gráfico 8 – Distribuição do r barra antes (azul) e após (vermelho) as ações corretivas.**



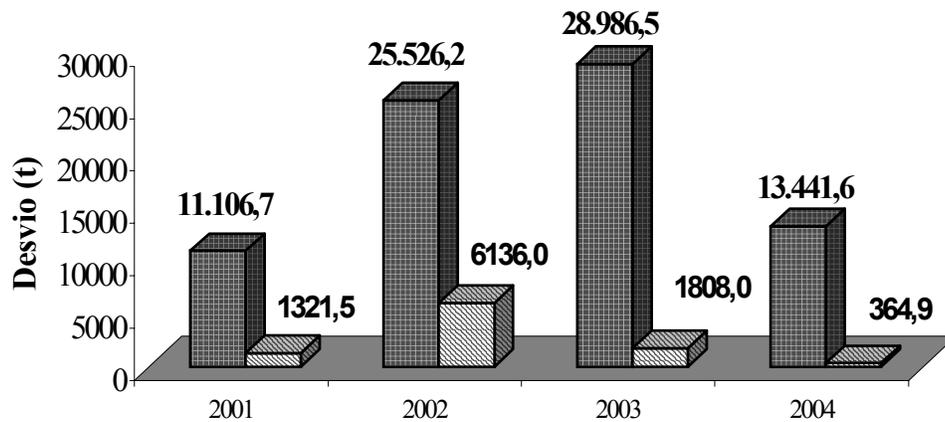
A análise dos gráficos acima, permite identificar que o limite de escoamento não sofreu alterações significativas, permanecendo com o mesmo valor médio e dispersão. O limite de resistência, entretanto, reduziu após as ações corretivas, sem alteração na dispersão dos resultados. O alongamento aumentou e permaneceu com a dispersão aproximadamente idêntica àquela observada anteriormente às ações. A dureza do material diminuiu e a dispersão dos resultados se estreitou. Os valores de delta r tiveram uma significativa redução, acompanhada de uma diminuição também significativa em sua dispersão. O r barra não sofreu alteração com relação ao valor médio, mas teve sua dispersão diminuída após as ações tomadas. Pode-se atribuir a melhoria nos resultados de propriedade mecânica a melhora na microestrutura do material (figura 2).

**Figura 2 –Microestrutura após a tomada das ações corretivas (aumento: 500X)**



A melhoria nos indicadores apresentados acima tiveram impacto bastante positivo sobre o índice de desvio interno por propriedade mecânica (gráfico 9).

**Gráfico 9 – Evolução da produção / desvios internos por propriedade mecânica após as ações corretivas.**



Obs: Em 2004 computamos a produção e desvios até julho.

### **Conclusões**

A partir dos resultados obtidos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

1. a redução do percentual de nitrogênio, associada a alteração no ciclo de recozimento no forno de recozimento em caixa, permitiu que a microestrutura do material se adequasse às características necessárias para fabricação do produto;
2. a maior homogeneidade dos grãos proporcionou melhores resultados de propriedade mecânica, que se ajustaram de forma a atender as exigências de qualidade do cliente, reduzindo os desvios internos e garantindo ao material uma maior uniformidade.

# Process improvement of DWI/BA material production along the flow of tin plate for the production of two pieces cans

Marcos Delane of Souza <sup>(1)</sup>  
James Albert of Santos Soares Mohallem <sup>(2)</sup>  
Eduardo Amorim Motta <sup>(3)</sup>  
Eduardo Côrtes of Castro <sup>(4)</sup>  
Paulo Roberto Campissi of Souza <sup>(5)</sup>  
Carlos Agenor Onofre Cabral <sup>(6)</sup>

## Summary

The present work shows the realized alterations in process parameters of steel plant, hot rolling and box annealing to adapt mechanical properties of DWI steel to the final customer`s needs ( Metallic ), on the production of two-pieces cans for carbonated drinks. For the work development it was used the “ Method of Analysis and Solutions of Problems “ ( MASP ).

It was observed that material`s mechanical properties ( yield point, elongation and anisotropy coefficient ) were inadequati to the final use and this fact was associated to a combination of factors ( % N of base metal, temperatures of coiling and hot-finish, and annealing cycle in box furnace ).

After the reduction of % N of the steel, adjust of hot-finish and coiling temperatures, and also the adjust of annealing cycle, the plate`s mechanical properties reached necessary values to the good acting for the piece`s production in the client.

Word-Key : Two-pieces can, hot-rolling, box annealing.

---

41st SEMINAR OF ROLLING – Processes and Laminate and Covered Products –  
26 to October 28, 2004 – Joinville - SC.

- 1 Engineer of Development of Metalurgical Tecnology Management – CSN
- 2 Engineer of Development of Metalurgical Tecnology Management – CSN
- 3 Engineer of Production of Cold Holling Management - CSN
- 4 Coordinator of Special Projects of Metalurgical Tecnology Management - CSN
- 5 Engineer of Development of Research Management - CSN
- 6 Coordinator of Special Projects of Research Management - CSN