

# IMPLANTAÇÃO DO LAMINADOR DE BARRAS GROSSAS (BILLET MILL) DA VILLARES METALS S.A.

Luiz Carlos Garcia da Silva Junior<sup>(1)</sup>  
Edmir Narchi Ranzani<sup>(2)</sup>  
Celso Antonio Barbosa<sup>(3)</sup>  
Rafael Agnelli Mesquita<sup>(4)</sup>  
Marcos Alexandre Stuart Nogueira<sup>(5)</sup>

## Resumo

A rota mundialmente conhecida de produção de barras redondas grossas (até aproximadamente 8 polegadas – 203,2 mm) é via transformação a quente por laminação. A Villares Metals S.A. produzia suas barras redondas na bitola maior que 4 polegadas (101,6 mm) pela rota de forjaria , numa condição de inferioridade frente aos principais produtores mundiais. O presente trabalho mostra a implantação de um laminador de barras grossas (Billet Mill – cadeira duo reversível de Ø 730 mm) , associado ao laminador desbastador (Blooming Mill) na Usina de Sumaré ; e a respectiva alteração da rota de produção de barras redondas de aço ferramenta e inoxidável de até 170 mm de forjado para laminado.

Palavras-chave : laminação de não planos , barras grossas , aço ferramenta

Contribuição técnica a ser apresentada no 41° Seminário de Laminação Processos e Produtos Laminados e Revestido , Joinville – SC , outubro de 2004.

- 
- (1) M.Sc Engenheiro de Processos e Produtos Laminados
  - (2) Gerente de Produtos Laminados
  - (3) Gerente de Tecnologia
  - (4) M Sc Engenheiro Pesquisador
  - (5) Diretor da Villares Metals

## 1 – Introdução

Desde a criação da Villares Metals em 1996, resultado da fusão do negócio de alta liga da Aços Villares com a antiga Eletrometal, a instalação de um laminador acabador de barras grossas nos moldes similares aos principais concorrentes , junto com o laminador de acabamento de barras e fio máquina, é item prioritário no plano de investimento da empresa.

Quando da criação da Villares Metals e conseqüente fechamento da planta de alta liga da Aços Villares em São Caetano do Sul, onde operava o laminador acabador de barras grossas (redondos de até 203,2 mm), as operações industriais ficaram distribuídas entre as plantas de Sorocaba e de Sumaré (antiga Eletrometal). Com esta configuração as laminações da Villares Metals se concentraram na planta de Sorocaba (antiga Siderúrgica Nossa Senhora Aparecida). No caso específico da laminação de desbaste foi reativado um antigo trem desbastador trio conhecido como T5, o qual havia sido desativado quando da compra da Siderúrgica Aparecida pela Aços Villares em 1988.

Este laminador de desbaste era utilizado no passado principalmente para aços de construção mecânica , e além de se encontrar fisicamente longe da aciaria de Sumaré, não possuía a condição de laminar barras acabadas. Com o objetivo de não deixar de atender o mercado a Villares Metals continuou a ofertar estas barras porém através do processo de forjamento. Além desta significativa limitação do equipamento podemos citar outras tais como : peso máximo de lingote de 650 kg, baixa velocidade de laminação associada a impossibilidade de reversão da operação de laminação (características estas de deformação de cadeiras de laminação tipo trio), o que é crítico para aços de alta liga pois possuem faixas estreitas de temperatura de deformação <sup>(1,2)</sup>.

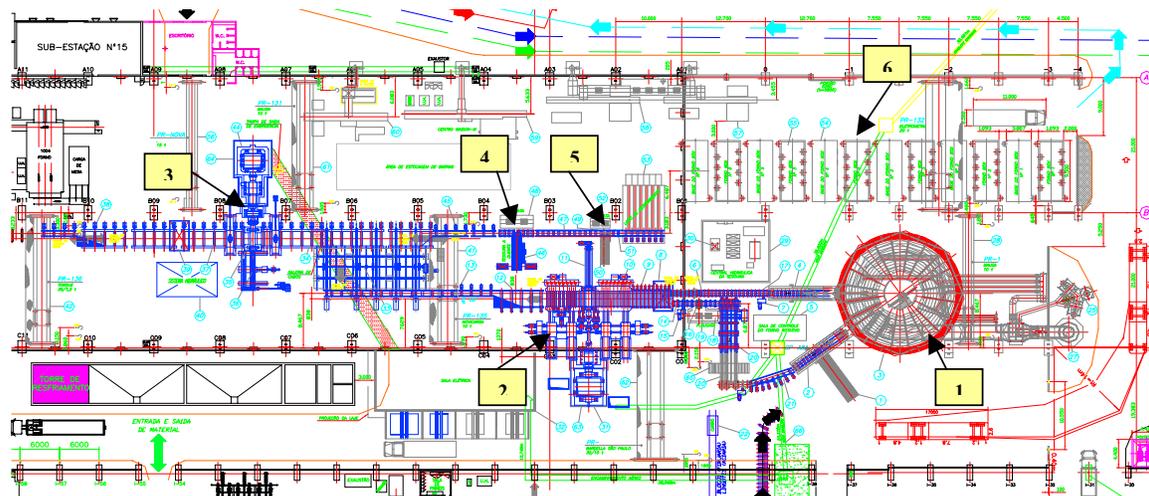
Na Tabela 1 pode ser vista uma comparação da Villares Metals com seus principais concorrentes na produção de aços de alta liga, em relação a laminação de barras grossas, antes e após a realização deste investimento.

<b>Produtor Aço Alta Liga</b>	<b>Cad. Desbastadora</b>	<b>Cad. Acabadora</b>	<b>Bar. Redondas</b>	<b>Barras Chatas</b>
Villares antes investimento	Trio 650 mm	1 x Trio 650 mm	—	—
Concorrente A	Duo-Reversível 950 mm	3 x Duo-Rev. 730 mm	240 mm max.	L 450 mm max.
Concorrente B	Duo-Reversível 950 mm	1 x Trio 650 mm	180 mm max.	L 440 mm max.
Concorrente C	Duo-Reversível 850 mm	3 x Trio 630 mm	155 mm max.	L 450 mm max.
<b>Villares após investimento</b>	<b>Duo-Reversível 850 mm</b>	<b>1 x Duo-Rer. 730 mm</b>	<b>170 mm max.</b>	<b>L 430 mm max.</b>

**Tabela 1** : Comparação da laminação pesada da Villares Metals antes e após o investimento com seus principais concorrentes.

## 2 – Descrição do Projeto

Na Figura 2 podemos ver o layout do investimento, além da cadeira acabadora (Billet Mill) todos os outros equipamentos constantes no projeto estão citados na legenda.



**Figura 2 :** Layout do investimento do novo laminador pesado da Villares Metals.

Legenda :

- 1 – Forno Rotativo , capacidade de 25 t/h
- 2 – Cadeira Desbastadora , Duo-Reversível 850 x 2.400 mm
- 3 – Cadeira Acabadora Barras Grossas , Duo-Reversível 730 x 2.400 mm
- 4 – Tesoura Mecânica
- 5 – Serra de Disco
- 6 – Fornos de Tratamento Térmico

Como principais ganhos deste laminador, em relação ao antigo T5 da usina de Sorocaba podemos citar :

a) Aumento no tamanho do lingote

Os antigos lingotes eram o 272 com 600 kg para o aço rápido e o 294 com 650 kg para o aço válvula, aço ferramenta e aço inoxidável, e os mesmos foram substituídos respectivamente pelo 314 com 850 kg e pelo 434 com 1650 kg, ou seja, um aumento de 41% no peso para a linha do aço rápido e um aumento de 150% nas linhas de aço válvula, ferramenta e inoxidável. A Tabela 2 mostra esta comparação entre os lingotes.

Um importante ponto além do ganho de produtividade, é a melhoria na qualidade dos produtos gerados com estes lingotes, seja devido a suas relações geométricas que favorecem uma melhor solidificação , seja pela maior taxa de deformação proporcionada pelo aumento das suas dimensões.

Lingotes	Aço Rápido		Aço Válvula , Ferramenta e Inox	
	Antigo	Novo	Antigo	Novo
	272	314	294	434
Peso (kg)	600	850	650	1.650
Comprimento (mm)	1.160	1.200	1.180	1.350
Secção Max. (mm)	300	385	330	490
Secção Min. (mm)	160	200	270	370
<b>Aumento de Peso (%)</b>	<b>42%</b>		<b>154%</b>	

Tabela 2 : Comparação lingotes antigos x novos

b) Novos produtos

O novo investimento contempla a instalação de uma cadeira acabadora de barras grossas permitindo a produção tanto de barras redondas entre 100 e 170 mm (anteriormente produzidas por forjamento), como barras chatas com larguras entre 250 a 430 mm (anteriormente produzidas por corte e recorte a partir de blocos forjados).

c) Aumento do rendimento metalúrgico

- Conversão do forno rotativo de óleo para gás (menor formação de carepa)
- Diminuição dos números de calores durante o desbaste
- Menor ocorrência de trincas de canto nos tarugos devido a maior massa térmica do lingote 434 e portanto menor esfriamento de cantos , melhorando a operação de desbaste (menor remoção no condicionamento).
- Menor quantidade de descartes na operação de laminação devido a menor quantidade de lingotes por corrida.
- Aumento do rendimento na aciaria devido a diminuição do número de lingotes por corrida.

d) Ganhos de custo

- Aumento da produtividade
- Diminuição dos números de calores durante o desbaste
- Aumento da capacidade de desbaste
- Eliminação da transferência de lingotes a quente entre usinas
- Redução do lead-time de produção

### 3 – Resultados e Discussão

#### 3.1) Aço Ferramenta

Na classe dos ferramentas o escolhido para ilustrar o trabalho de migração da rota de forjados para laminados foi o aço para trabalho a quente AISI H13, designação Villares VH13. Este aço é usualmente utilizado em ferramentas de conformação a quente, principalmente em matrizes de forjamento a quente e ferramentas para extrusão de ligas não ferrosas, como ligas de alumínio. Em tais

aplicações, as principais propriedades são a resistência a quente, especificamente dada pela resistência à perda em dureza, e a tenacidade.

A resistência a quente é condicionada à composição química, sendo pouco afetada pela microestrutura. Contudo, a tenacidade depende essencialmente da microestrutura, sendo afetada pelas condições de processamento a quente do material <sup>(3,4)</sup>. Por exemplo, existem especificações de qualidade baseadas na tenacidade ; uma delas é dada pela *North American Die Casting Association*<sup>(5)</sup>, que determina as condições de microestrutura e tenacidade para classificação do aço H13 de qualidade Premium. Apesar de inicialmente desenvolvida para as aplicações do aço H13 em matrizes de fundição sob pressão, esta norma também é adequada para classificar a qualidade do material para outras aplicações.

Devido ao acima exposto existem particularidades na transformação a quente deste aço para que seja possível atingir os níveis de tenacidade desejáveis. Na solidificação do aço H13 existe a tendência, devido a microsegregação, da formação de carbonetos primários ricos em vanádio nos espaçamentos interdendríticos. Esses carbonetos idiomórficos são alinhados pelo processo de conformação a quente e diminuem a tenacidade, principalmente na direção transversal. Uma sensível melhoria na qualidade dos aços para trabalho a quente, além da modificação das inclusões gerada pelo refino secundário (desgaseificação a vácuo com adição de cálcio-silício), foi obtida com a aplicação de tratamentos de homogeneização dos lingotes, em temperaturas próximas a solidus por longos períodos, a qual concorre para redução da microsegregação<sup>(3)</sup>. Uma outra particularidade desta classe de aço é a realização de um recozimento especial após a sua transformação a quente , o qual envolve resfriamento rápido a partir do campo austenítico visando evitar a precipitação de carbonetos secundários em contornos de grão.

O material produzido em barras grossas laminadas foi, portanto, avaliado quanto à microestrutura e tenacidade, sendo os resultados comparados as especificações da NADCA.

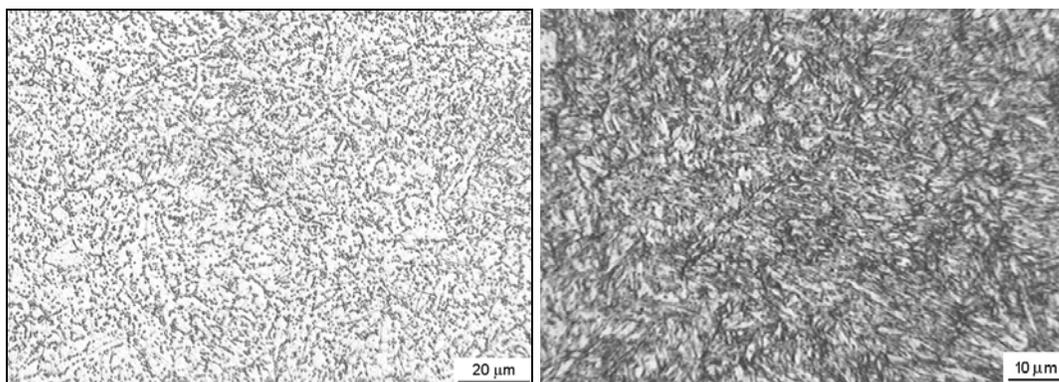
Na tabela 3 podemos verificar a composição química da corrida do aço VH13 avaliado neste trabalho.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	W	Al
0,38	0,98	0,32	0,021	0,001	5,28	1,27	0,82	0,11	0,012

**Tabela 3 :** Composição química da corrida do aço VH13 estudada. Valores em porcentagem em massa e balanço em Fe.

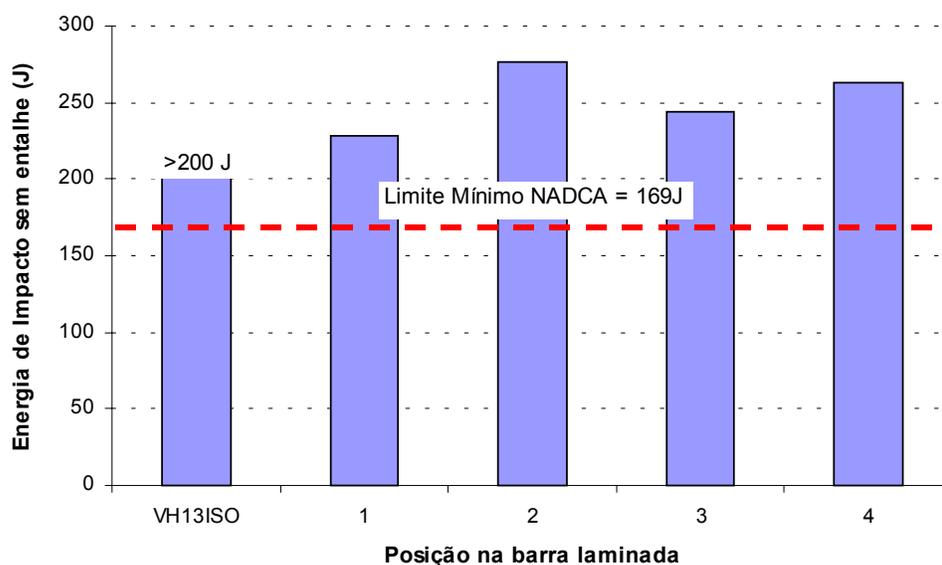
Primeiramente, foi analisada a microestrutura do estado recozido, mostrada na figura 3a, a qual é classificada pela norma NADCA como aprovada (códigos B1 a B2). Os carbonetos finos e esferoidizados, sem marcações em contornos de grão, são obtidos graças ao já citado recozimento especial<sup>(3)</sup>, aplicado após a transformação mecânica a quente.

Após têmpera e revenimento, figura 3b, a microestrutura também é uniforme, constituída de martensita revenida, sem carbonetos primários grosseiros. Esta homogeneidade resulta da aplicação do ciclo de homogeneização, imprescindível para eliminação dos carbonetos primários ricos em vanádio e melhorias das propriedades mecânicas. O tamanho de grão obtido, da ordem de 8 a 9 ASTM, pode ser considerado fino e adequado para o material.



**Figura 3:** Microestrutura do aço VH13 ISO, barra  $\varnothing$  135 mm laminada, para região longitudinal no núcleo da barra. **a)** no estado recozido, aprovada pela NADCA, classificação B2, aumento 500 x. **b)** após têmpera de 1020 °C e duplo revenimento a 615 °C.

A microestrutura adequada do material também conduziu a resultados plenamente satisfatórios quanto a energia de impacto (tenacidade). O ensaio foi conduzido segundo as recomendações da NADCA, sendo as amostras retiradas do núcleo das barras. Pode-se observar na figura 4, que o material supera consideravelmente o limite da NADCA, para várias posições na barra laminada. Isto resulta, portanto, da adequada rota de processamento a quente (laminação), responsável pela microestrutura homogênea.



**Figura 4:** Tenacidade em impacto em corpos de prova sem entalhe do aço VH13 ISO, para várias posições de uma barra laminada para 135 mm de diâmetro. O limite de aceitação da norma NADCA para qualidade "Premium" e valores típicos dos aços VH13 ISO<sup>®</sup> são também apresentados. Corpos de prova de 5 x 7 mm<sup>2</sup> de secção, usinados na transversal e tratados para 45 ± 1 HRC, conforme NADCA.

Vale lembrar que os requisitos da NADCA são rigorosos, pois destinam-se a ferramentas especiais, como moldes de fundição sob pressão, estando acima das exigências usuais das ferramentas obtidas a partir das barras laminadas aqui avaliadas. Normalmente, tais requisitos são apenas garantidos com o processo ESR. Assim, o fato do material laminado aqui analisado, mesmo sem a refusão por ESR, ser superior às especificações da NADCA constitui resultados muito expressivos.

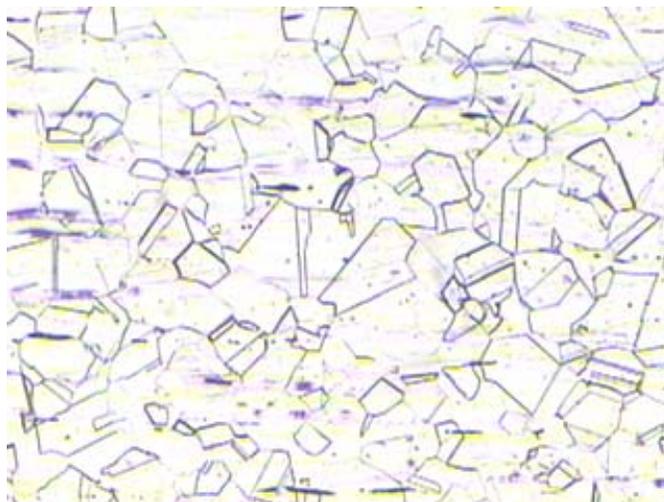
### 3.2) Aço Inoxidável

Similarmente ao já comentado para o aço ferramenta, a linha de aços inoxidáveis também possui um significativo mercado para barras grossas e foi beneficiada com este investimento.

Na Tabela 4 podemos verificar a composição típica de um aço inoxidável austenítico AISI 304L (designação Villares V304XLUF). Já na Figura 5 pode-se verificar a microestrutura de uma barra redonda 146 mm produzida por laminação no Billet Mill e solubilizada a 1050°C em um forno contínuo. A matriz austenítica isenta de precipitação com tamanho de grão ASTM 4-6, nos permite concluir que não houve diferença no produto final com a adoção desta nova rota de fabricação.

C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Ni (%)	N (%)
0,03 max.	0,30	1,90	18,20	8,10	0,09

**Tabela 4** : Composição química nominal do aço Villares V304XLUF.



**Figura 5** : Microestrutura da barra redonda 146 mm do aço V304XLUF laminada no Billet Mill e solubilizada no forno contínuo LPV2. Aumento 100X

### 3.3) Ganhos de Competitividade

Com a adoção desta nova rota de fabricação via laminação de barras redondas até 170 mm, em comparação com a rota de produção via forjaria, podemos citar como principais ganhos médios :

- aumento no rendimento metalúrgico de 12%
- aumento da produtividade na etapa de transformação a quente de 100%
- redução nos números de calores durante a transformação mecânica a quente
- redução do sobremetal de acabamento pela melhor qualidade superficial da barra e menor nível de decarbonetação.

### 4 – Conclusões

- A instalação do laminador acabador de barras grossas na usina de Sumaré, permite à Villares Metals produzir competitivamente aços de alta liga.
- O novo laminador permitiu a alteração da rota de processo, para barras redondas de 101,6 a 170 mm de aço ferramenta e inoxidável, de transformação a quente via prensa para laminação.
- Nas barras de aço VH13 laminadas observou-se elevados valores de tenacidade, devido a adequada microestrutura. Esta, por sua vez, é proporcionada pelas condições de deformação a quente, especialmente pelo ciclo de homogeneização e o recozimento especial empregados.
- A implantação deste novo laminador acabador de barras grossas (Billet Mill), permitiu quando comparado com a rota de forjados para barras redondas, um aumento do rendimento metalúrgico de 12% em todo processo e um aumento na produtividade da etapa de transformação a quente de 100%.

### 5 – Referências Bibliográficas

1. Dieter, George E., “*Workability Testing Techniques*”. American Society for Metals , 1984.
2. Roberts, George A.; Cary , Robert A. “*Tool Steel*”, forth edition. American Society for Metals , 1980.
3. Mesquita, R. A.; Barbosa, C. A., “*Aços Ferramenta de Alto Desempenho para Matrizes de Fundição sob Pressão*”, Caderno Tecnológico Metalurgia de Não Ferrosos n°1, parte integrante da revista Metalurgia & Metariais, vol.59, n°539/SUPL, p. 17-22
4. Wilmes, S. und Bruns, K. P., “*Vergleich der Zähigkeit von Warmarbeitsstahl unterschiedlicher Herstellverfahren im Hinblick auf die Verwendung für Druckgiebformen*”, Giesserei 76, N°24, p. 342-385, November 1989.
5. NADCA n° 207/90 – “*Premium Quality H13 Steel Acceptance Criteria for Pressure Die Casting*”, Ed. North American Die Casting Association , November 1990

## **ABSTRACT**

**The well-known production route for high alloy heavy round bar (until 8 inches – 203,2 mm) is by rolling. Before this investment Villares Metals S.A. produced your round bars higher than 4 inches (101,6 mm) by forged route, which is not the route of the main world competitors. This paper shows the Billet Mill installation (two high stand with roll diameter 730 mm), in association with a Blooming Mill in a Sumare plant, and the respective replace the hot transformation, of tool and stainless steel heavy round bar until 170 mm, from forged to rolling process.**

**Key words : billet mill , tool steel , heavy round bars**