

# METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO PARA MATRIZ DE GARGALOS EM LAMINADORES DE PRODUTOS LONGOS<sup>1</sup>

**Avaliação das capacidades de produções individuais por produtos e por equipamentos para laminadores de produtos longos permitindo a identificação e gestão de gargalos nestas capacidades**

*Roberto de Cerqueira Coda<sup>2</sup>*

## RESUMO

Apresenta a metodologia utilizada na avaliação para a determinação dos limites das capacidades de produção instaladas em laminadores de produtos longos através do uso de matriz de gargalos produtos x equipamentos, resultando no conhecimento da capacidade de produção para cada produto e indicando o equipamento limitador. Esta metodologia consiste no desenvolvimento de sistemas de cálculos específicos com apoio de micro computador para a determinação da capacidade de produção instalada em cada tipo de equipamento característico dos laminadores de produtos longos tanto na produção de barras como na produção de rolos. Em apoio à metodologia são implementados procedimentos de cálculo para a determinação do rendimento metálico individual por produto laminado e critérios para a determinação do tempo efetivamente utilizado, da utilização real e do tempo programado para estes laminadores. Os resultados da aplicação desta metodologia em um laminador permitem determinar a capacidade de produção instalada com o conhecimento da capacidade individual por produto e a perfeita identificação do equipamento limitador para cada produto. A partir dos resultados obtidos é possível projetar cenários para a situação atual do laminador e para as alternativas futuras de investimentos e expansões com a determinação das capacidades de produção em cada cenário. Desta forma podemos desenvolver a gestão estratégica dos investimentos físicos através da análise dos ganhos efetivos em capacidade instalada, bem como procurar obter uma capacidade de produção uniforme e balanceada para todos os equipamentos e produtos de um laminador. Esta metodologia tem sido aplicada com sucesso nos principais laminadores de produtos longos da América do Sul.

Palavras-chave :

Capacidade

Gargalos

Laminação

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no 41º Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 26 a 28 de outubro de 2004 em Joinville - SC

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico, Diretor Técnico de Copar Engenharia e Tecnologia Industrial Ltda

# 1 INTRODUÇÃO

Os laminadores de produtos longos sempre estão envolvidos com a necessidade de dimensionar sua capacidade de produção de forma a garantir os melhores resultados operacionais obtendo assim a melhor competitividade dentro dos mercados de produtos siderúrgicos.

Estes laminadores na sua essência estão divididos em dois tipos principais : laminadores de rolos e laminadores de barras.

Os laminadores de rolos basicamente estão destinados à produção de redondos nas qualidades fio-máquina e vergalhão leve.

Os laminadores de barras estão destinados à produção de barras laminadas em diversas geometrias de seção transversal. As geometrias mais comuns são barras redondas, quadradas, retangulares, hexagonais, e as geometrias do tipo perfis. Os perfis principais são cantoneiras, tes, e as vigas do tipo I, U e H.

Para ambos os tipos de laminadores os cálculos de capacidade de produção são semelhantes para o forno de reaquecimento e para a etapa de deformação nas gaiolas onde ocorre a deformação dos passes desde o primeiro até o passe acabador.

A partir do passe acabador os cálculos de capacidade de produção são muito diferentes, baseados na diversidade de soluções de acabamento para os diversos produtos. Neste ponto entram a produção de rolos com compactadoras, amarração e transporte, e a produção de barras com leito de resfriamento, corte a frio, enfeixamento, amarração e transporte.

Os laminadores de produtos longos também apresentam na sua maioria uma quantidade significativa de produtos, sendo exemplo de quantidade comum para laminadores de rolos 20 a 60 produtos e para laminadores de barras 40 a 250 produtos.

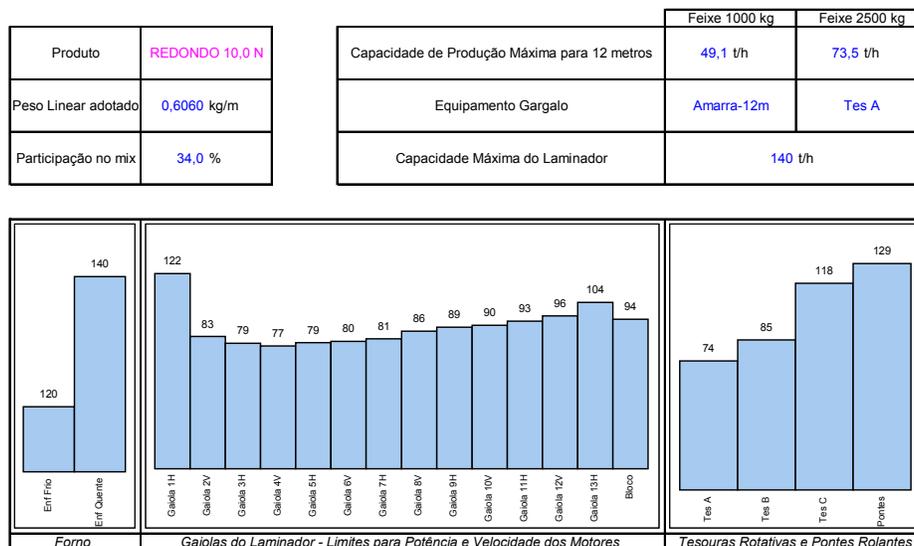


Figura 1 – Produto analisado através de matriz de gargalos

## 2 OBJETIVO

A metodologia de avaliação utilizando o conceito de Matriz de Gargalos procura detalhar as capacidades individuais de produção para cada produto do laminador calculando estas capacidades para cada equipamento que compõe o laminador. Laminadores com quantidade maior de produtos normalmente apresentam dificuldade em interpretar com exatidão estas capacidades individuais e identificar os equipamentos e grupos de produtos que efetivamente limitam a capacidade de produção.

## 3 DESENVOLVIMENTO

Os cálculos básicos para as capacidades individuais de produção para cada equipamento dos laminadores estão descritos a seguir.

### 3.1 Etapa comum para laminadores de rolos e de barras :

Forno de reaquecimento : é utilizada a capacidade nominal do forno para uma determinada condição de aquecimento de tarugos enfiados a frio, podendo ser utilizada também a capacidade para enfiamento a quente. Quando o laminador produz barras e a quantidade de produtos é grande, devemos considerar a possibilidade de enfiar tarugos de comprimentos variáveis para diminuir as perdas com pontas no leito de resfriamento e isto determina capacidade de produção variável no forno em função do comprimento do tarugo para cada produto.

Gaiolas : normalmente são consideradas as capacidades dos motores e redutores, no que diz respeito a velocidade, torque e potência. Em alguns casos especiais são considerados os limites de capacidade de deformar nos cilindros de laminação, as limitações quanto a torque para os eixos de transmissão e acoplamentos, e limites elétricos em equipamentos como transformadores e conversores.

Gaiola acabadora : calcular a capacidade considerando a velocidade de laminação possível para o formador de espiras ou para o leito de resfriamento, o peso linear do produto, o peso do tarugo utilizado para o produto e o intervalo de tempo entre barras no passe acabador costumeiramente chamado de “gap”. A velocidade de laminação possível para o leito deve considerar a máxima velocidade de frenagem admissível na entrada do leito.

Tesouras Rotativas : a capacidade é calculada considerando o limite de torque cortando as seções maiores laminando nas menores velocidades e o limite de velocidade de corte para as seções menores laminando nas maiores velocidades. Devemos calcular a capacidade das tesouras para as operações de desponte, picotamento e cortes em comprimentos para o leito de resfriamento.

### 3.2 Etapas somente para laminadores de rolos :

Sistema de resfriamento com água : considerar a velocidade máxima admissível para cada produto.

Formador de espiras : considerar a capacidade de velocidade para o impulsor e para o formador.

Sistema de resfriamento em transportador para espiras : considerar as limitações de velocidades e de resfriamento para cada produto.

Descarga de rolos e alimentação de compactadoras : calcular capacidade instalada.

Operação de desponte de espiras : calcular capacidade instalada.

Máquinas compactadoras e amarradoras de rolos : calcular capacidade instalada.

Descarga das compactadoras, outras operações de embalagem e transporte ao estoque : calcular capacidade instalada.

### 3.3 Etapas somente para laminadores de barras :

Leito de Resfriamento : calcular a capacidade de movimentação das barras no leito a partir do conhecimento do tempo de um ciclo para o quadro de réguas móveis ou outro sistema similar, e calcular a capacidade de resfriamento da área útil do leito para cada produto analisado. Isto significa que um leito de resfriamento tem uma capacidade de movimento e uma capacidade térmica. Ao final do cálculo adotar a capacidade menor entre estas duas.

Sistema de corte a frio : calcular a capacidade da descarga de barras do leito para a mesa de alimentação da tesoura de corte a frio e comparar com a capacidade do sistema de corte na tesoura e retirada de extratos cortados absorver todo um conjunto de barras na parte da mesa que está na frente do leito de resfriamento. O básico neste caso é calcular o tempo necessário para que se possa alimentar novamente a mesa em frente a tesoura com novo conjunto de barras que vem do leito de resfriamento. O cálculo deste tempo é dependente da quantidade de barras em cada extrato, do comprimento das barras no leito de resfriamento, da taxa de ocupação de barras no leito, do ciclo de corte na tesoura, da operação do sistema de batente móvel ou outro sistema de parada para os extratos, e do ciclo de descarga da mesa após a tesoura de corte a frio. Normalmente em laminadores de perfis o sistema de corte a frio tende a ser o equipamento limitador da capacidade de produção de todo o laminador, sendo esta então uma etapa muito importante de cálculo das capacidades.

Endireitamento de barras : calcular a capacidade do sistema de endireitamento de barras para todos os produtos onde esta operação é realizada. Neste caso devem ser consideradas as operações de alimentação da máquina endireitadora, a velocidade de endireitamento da máquina para cada produto, e a operação de descarga da barra endireitada.

Enfeixamento e amarração : deve ser determinada a capacidade de formação dos feixes para uma operação mecanizada ou para uma operação manual.



As etapas de cálculo descritas determinam as capacidades máximas de produção instaladas para cada equipamento e para cada produto. Com estes resultados é possível montar a matriz de gargalos para o laminador considerando as capacidades de produção calculadas, determinando o equipamento gargalo para cada produto e o valor de produção desta limitação sem considerar a utilização operacional.

Esta matriz de gargalos pode ser vista na figura 2 e ela será a base para a gestão de investimentos físicos no laminador visando à ampliação da capacidade total de produção.

A visualização das capacidades individuais para cada produto é apresentada em diagramas de barras como podemos ver na figura 3. Como o sistema da matriz de gargalos está desenvolvido em computador basta um simples toque em uma tecla para atualizar todos os produtos do programa de produção de um laminador sendo possível observar visualmente as capacidades de todos estes produtos em um tempo muito curto e a partir disto tomar a decisão que for mais conveniente.

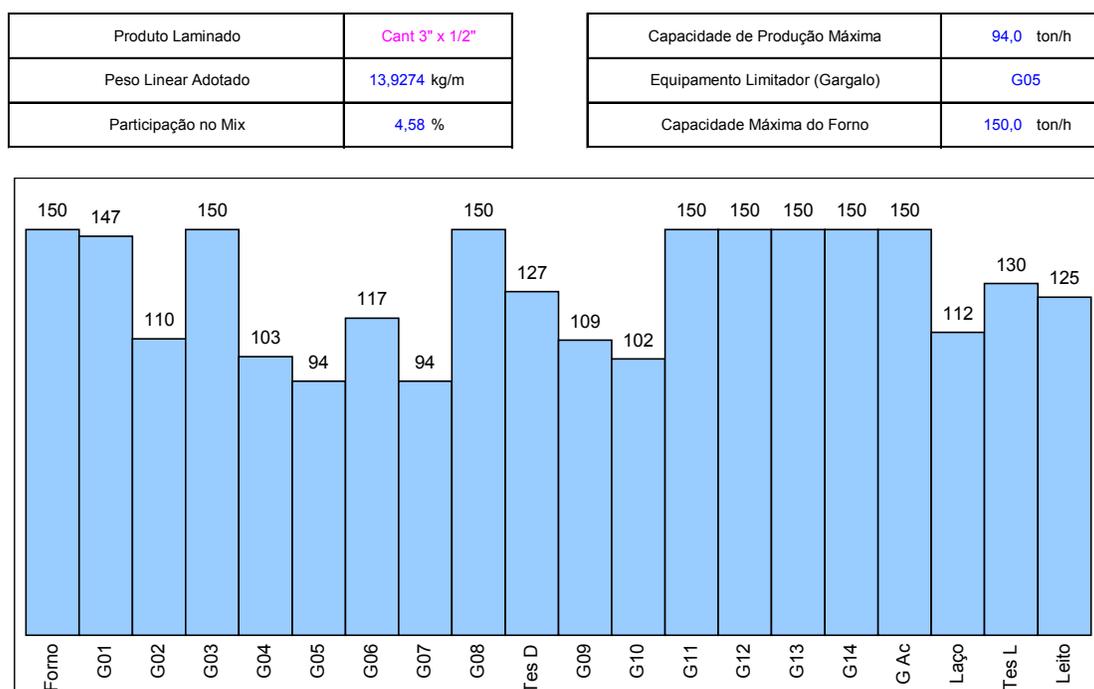


Figura 3 - Capacidade de produção individual por equipamento e por produto

Determinação da capacidade total de produção do laminador :

Para o cálculo da capacidade total do laminador necessitamos 3 grupos adicionais de informações :

- participação no mix em volume para cada produto do programa de produção;
- utilização operacional em tempo para cada produto do programa de produção; e
- tempo total programado para laminar em horas por mês ou horas por ano.

Desta forma é possível calcular a capacidade de produção máxima mensal ou anual para o laminador de acordo com as variáveis operacionais indicada acima.

A figura 4 apresenta um exemplo de capacidades para um sistema de acabamento de barras laminadas.

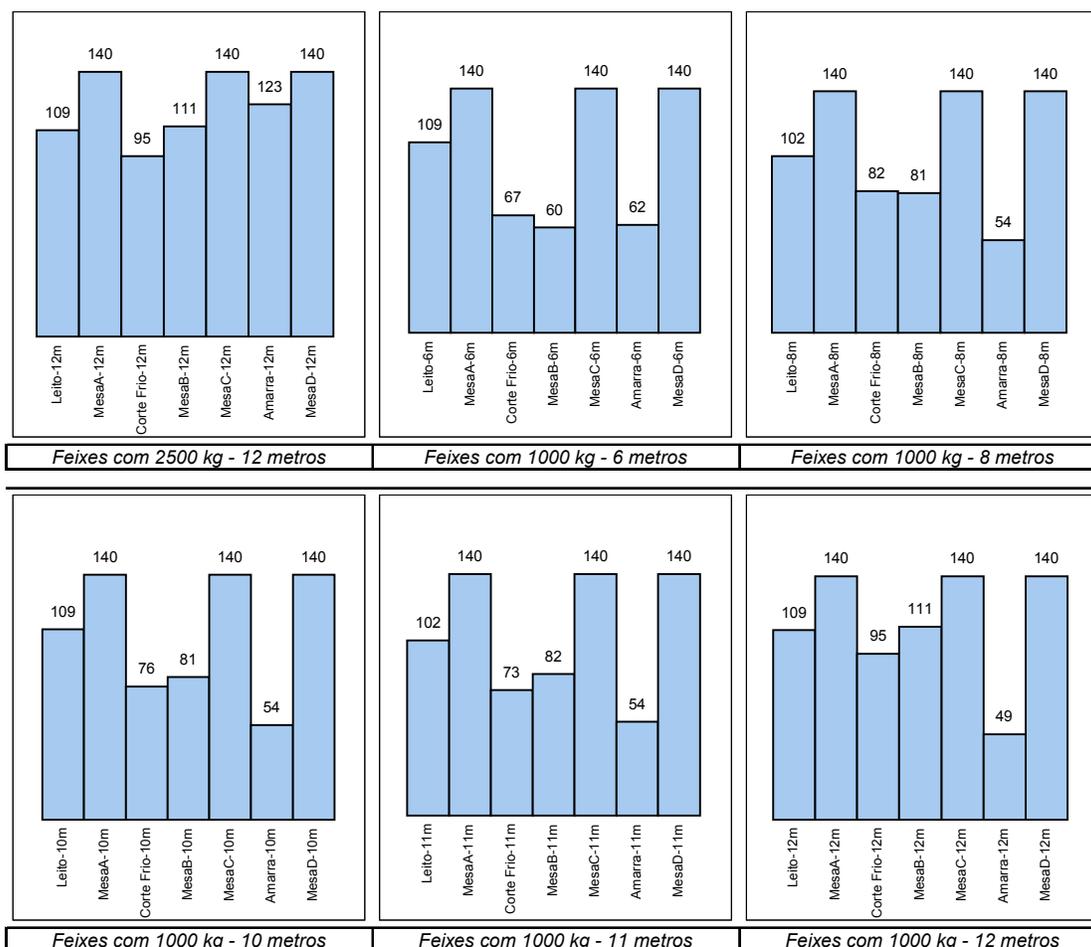


Figura 4 - Capacidade de produção para sistema de acabamento em laminador de barras

A utilização operacional pode ser definida de forma global para todo o programa de produção ou individualmente para cada produto, sendo este último o método que apresenta a melhor precisão nos resultados finais. Este método é desenvolvido a partir de um levantamento de dados mais detalhado.

A definição de uma utilização global está apresentada na figura 5 e um exemplo da utilização individual por produto pode ser visto na figura 6.

A matriz de gargalos calculada é válida para qualquer condição de mix de produtos, desde que este seja devidamente atualizado no sistema. Isto significa que podemos ter as informações das capacidades esperadas quando varia o mix de produtos de acordo com as condições de mercado, ou quando varia a programação do laminador por qualquer motivo operacional.

**UTILIZAÇÃO DO LAMINADOR**

Alternativas de Utilização	Utilização %	Tempo perdido %	Descrição do Tempo perdido - Paradas Operacionais %						
			Câmbios	Operação	Manut. Elétr.	Manut. Mec.	Oficinas	Eventuais	Outros
Operação ano de 2002	70,5	29,5	10,3	10,0	3,9	2,4	0,6	0,0	2,3
Operação ano de 2003	80,9	19,1	8,7	6,1	1,1	1,1	0,5	0,2	1,4
Operação ano de 2004 (jan-abr)	81,3	18,7	8,5	6,0	1,2	0,8	0,9	0,2	1,1
Operação projetada 2004	83,0	17,0	8,0	6,0	1,5	1,0	0,5	0,0	0,0
Operação Laminador Pleno	86,0	14,0	7,0	5,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0

Figura 5 - Determinação da utilização global para um laminador de produtos longos

*Utilização individual por produto em laminadores de produtos longos*

Produto			Tempo médio perdido %					Tempo Total % Perdido	Utilização%	Utilização % com fator de aumento	Utilização Estimada 70,0 %	Utilização % Adotada	Utilização - Limite Máximo 80,0 % Fator de aumento da Utilização 0,0 %	
#	Larg mm	Altura mm	Ac	Câmbio	Desgaste	Operação	Manutenção							Oficinas
1	8,0		BC	8,00	5,00	11,00	6,50	0,50	31,0	69,0	69,0	70,0	69,0	0,0
2	9,0		BC	8,00	5,00	11,00	6,50	0,50	31,0	69,0	69,0	70,0	69,0	0,0
3	10,0		BC	8,00	5,00	11,00	5,00	0,50	29,5	70,5	70,5	70,0	70,5	0,0
4	12,0		BC	8,00	4,00	11,00	5,00	0,50	28,5	71,5	71,5	70,0	71,5	0,0
5	12,5		BC	8,00	4,00	11,00	5,00	0,50	28,5	71,5	71,5	70,0	71,5	0,0
6	14,0		MC	8,00	4,00	8,00	4,00	0,50	24,5	75,5	75,5	70,0	75,5	0,0
7	16,0		BC	8,00	4,00	8,00	4,00	0,50	24,5	75,5	75,5	70,0	75,5	0,0
8	18,0		BC	8,00	3,00	8,00	4,00	0,50	23,5	76,5	76,5	70,0	76,5	0,0
9	20,0		MC	8,00	3,00	8,00	4,00	0,50	23,5	76,5	76,5	70,0	76,5	0,0
10	22,0		BC	8,00	3,00	8,00	4,00	0,50	23,5	76,5	76,5	70,0	76,5	0,0
11	22,5		BC									70,0	70,0	0,0
12	25,0		BC	8,00	3,00	8,00	4,00	0,50	23,5	76,5	76,5	70,0	76,5	0,0
13	32,0		BC	8,00	3,00	8,00	4,00	0,50	23,5	76,5	76,5	70,0	76,5	0,0
14	40,0		BC	8,00	3,00	8,00	4,00	0,50	23,5	76,5	76,5	70,0	76,5	0,0
15	16,0	3,00	BC	11,00	4,50	11,00	6,00	0,50	33,0	67,0	67,0	70,0	67,0	0,0
16	16,0	5,00	BC	11,00	4,50	11,00	6,00	0,50	33,0	67,0	67,0	70,0	67,0	0,0
17	16,0	8,00	BC	11,00	4,50	11,00	6,00	0,50	33,0	67,0	67,0	70,0	67,0	0,0
18	16,0	10,00	BC	11,00	4,50	11,00	6,00	0,50	33,0	67,0	67,0	70,0	67,0	0,0
19	19,0	5,00	BC	11,00	4,50	11,00	6,00	0,50	33,0	67,0	67,0	70,0	67,0	0,0
20	19,0	8,00	MC	11,00	4,50	11,00	6,00	0,50	33,0	67,0	67,0	70,0	67,0	0,0
21	19,0	10,00	AC	11,00	4,50	11,00	6,00	0,50	33,0	67,0	67,0	70,0	67,0	0,0
22	22,0	5,00	BC									70,0	70,0	0,0
23	22,0	8,00	BC									70,0	70,0	0,0
24	22,0	10,00	BC									70,0	70,0	0,0
25	25,0	5,00	BC	11,00	4,00	8,00	5,00	0,50	28,5	71,5	71,5	70,0	71,5	0,0
26	25,0	8,00	MC	11,00	4,00	8,00	5,00	0,50	28,5	71,5	71,5	70,0	71,5	0,0
27	25,0	10,00	AC	11,00	4,00	8,00	5,00	0,50	28,5	71,5	71,5	70,0	71,5	0,0
28	32,0	8,00	AC	11,00	4,00	8,00	5,00	0,50	28,5	71,5	71,5	70,0	71,5	0,0
29	32,0	10,00	AC	11,00	4,00	8,00	5,00	0,50	28,5	71,5	71,5	70,0	71,5	0,0
30	32,0	12,50	BC	11,00	4,00	8,00	5,00	0,50	28,5	71,5	71,5	70,0	71,5	0,0
31	38,0	8,00	AC	11,00	3,00	8,00	5,00	0,50	27,5	72,5	72,5	70,0	72,5	0,0
32	38,0	10,00	BC	11,00	3,00	8,00	5,00	0,50	27,5	72,5	72,5	70,0	72,5	0,0
33	38,0	12,50	BC									70,0	70,0	0,0
34	50,0	10,00	BC	11,00	3,00	8,00	4,00	0,50	26,5	73,5	73,5	70,0	73,5	0,0
35	50,0	12,50	AC	11,00	3,00	8,00	4,00	0,50	26,5	73,5	73,5	70,0	73,5	0,0
36	50,0	16,00	BC	11,00	3,00	8,00	4,00	0,50	26,5	73,5	73,5	70,0	73,5	0,0
37	50,0	19,00	BC	11,00	3,00	11,00	4,00	0,50	29,5	70,5	70,5	70,0	70,5	0,0
38	63,5	10,00	MC	11,00	3,00	11,00	4,00	0,50	29,5	70,5	70,5	70,0	70,5	0,0
39	63,5	12,50	MC	11,00	3,00	11,00	4,00	0,50	29,5	70,5	70,5	70,0	70,5	0,0
40	63,5	16,00	BC	11,00	3,00	11,00	4,00	0,50	29,5	70,5	70,5	70,0	70,5	0,0

Figura 6 – Determinação da utilização individual por produto

**5 CONCLUSÃO**

Nossa experiência neste desenvolvimento mostra que muitas vezes a matriz de gargalos revela limitações de capacidade de produção que não estavam identificadas e quantificadas pelos laminadores, reformulando assim as estratégias de ampliações destes.

O método para avaliação da capacidade de produção em um laminador de produtos longos utilizando a análise por matriz de gargalos tem sido implementado em uma quantidade muito grande de laminadores importantes na América do Sul e é utilizado de forma intensiva como uma ferramenta precisa e rápida na avaliação das ampliações de capacidades, nas alterações de mix, nos estudos de novos cenários operativos, e na combinação da operação de laminadores em grupos siderúrgicos.

A matriz de gargalos também é um importante instrumento na gestão estratégica de investimentos dos laminadores de produtos longos.

A conjuntura atual de mercado e as perspectivas futuras mostram a necessidade dos laminadores estarem perfeitamente adequados às condições máximas de produtividade, qualidade e baixo custo.

A metodologia de matriz de gargalos assegura aos laminadores operarem nas condições ideais de competição internacional, já que otimiza o aspecto de produtividade viabilizando a operação com baixo custo.

## ABSTRACT

This paper presents the method for evaluating the production capacity of hot steel long products rolling mills using the bottle neck matrix “products x equipments”.

The results are the production capacities of the rolling mill to each product and the determination of the maximum capacity to each equipment. The method consists in the development of the calculation system using computer to determinate the production capacity for each equipment in wire rolling mills and bar rolling mills. Metallic yield for each product is calculated and the method uses the rolling time and the time utilization too. The bottle neck matrix is used to evaluate the operational situation of the rolling mill and it is possible to estimate the future best conditions of rolling. The method developes an estrategic way for the investments considering the best results for the rolling mill capacity. It is posible to determinate an uniform production capacity for all products of the mill if the investments are developed using this matrix. The method of the bottle neck matrix is used in many long products rolling mills of South America with very good results.

Key-words :

Capacity

Bottle neck

Rolling