

## ENGENHARIA DE PROCESSO EM UM LAMINADOR DE BARRAS E PERFIS LEVES\*

*José Aparecido Pereira<sup>1</sup>*

### **Resumo**

Em um laminador de barras e perfis leves (MBQ) é necessário ter um padrão técnico corretamente elaborado a fim de facilitar a preparação do câmbio e tornar o ajuste de bitola (set up) mais rápido gerando o mínimo de sucata e de produto fora da especificação de qualidade. Para se chegar ao padrão diversas etapas necessitam ser cumpridas para se ter um resultado confiável e uma ferramenta de trabalho acessível e de fácil entendimento pelos operadores do laminador. A Engenharia de Processos cuida de todas as etapas deste trabalho e também adota métodos para que o processo de produção se mantenha estável e com boa produtividade.

**Palavras-chave:** Engenharia de processos; Padrão técnico; Câmbio; *Set up*.

### **PROCESS ENGINEERING IN A MERCHANT BAR ROLLING MILL**

#### **Abstract**

In a Merchant Bar Quality Mill (MBQ) you must have a properly technical standard to get easy the preparation of a product change and make the size adjustment (set up) faster generating minimal scrap and product out of quality specification. To reach the technical standard several steps must to be fulfilled to get a reliable result and a working tool accessible and easy to understand by the mill operators. The Process Engineering takes care of all the steps in this work and also adopts methods that keep production stable and with good productivity.

**Keywords:** Process engineering; Technical standard; Change; *Set up*.

<sup>1</sup> *Engenheiro Mecânico, consultor de laminação, J. A. Pereira Consultoria de Laminação e Projetos, Vila Velha, ES, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Normalmente um Laminador de Barras e Perfis Leves (MBQ) produz um range muito grande de produtos o que gera uma quantidade grande de câmbios (*Set up*). A ferramenta adequada para se trabalhar com estes câmbios e consequentes ajustes de bitola é o Padrão Técnico de Laminação onde devem estar estabelecidos todos os parâmetros de preparação de câmbio, envolvendo montagem e ajuste de guias. Os métodos para o ajuste do laminador devem estar contemplados no Padrão de Operação e a manutenção do processo produtivo deve ser feita através do Monitoramento de Processo.

## 2 ETAPAS ENVOLVIDAS NO DESENVOLVIMENTO

O fluxo de trabalho para elaboração do Padrão Técnico mostra as diversas etapas para se chegar a um resultado final confiável (Figura 1).

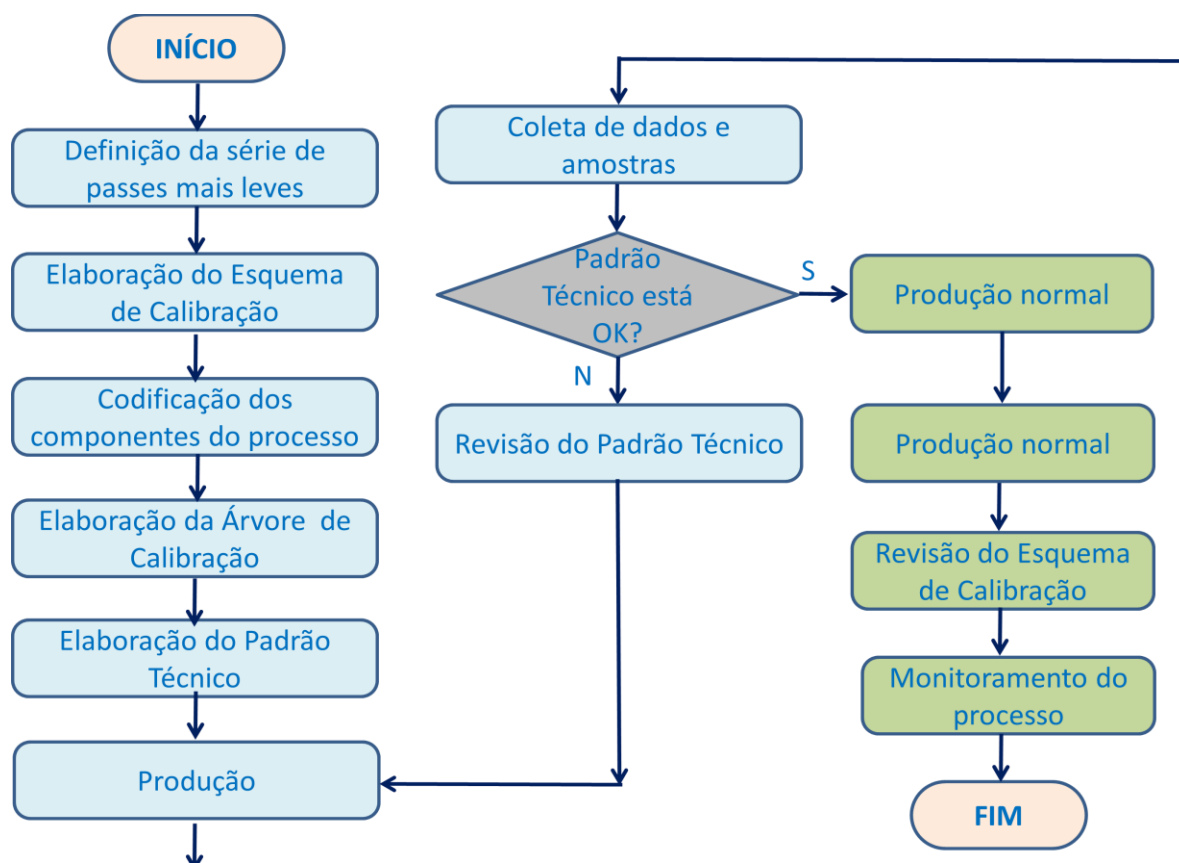
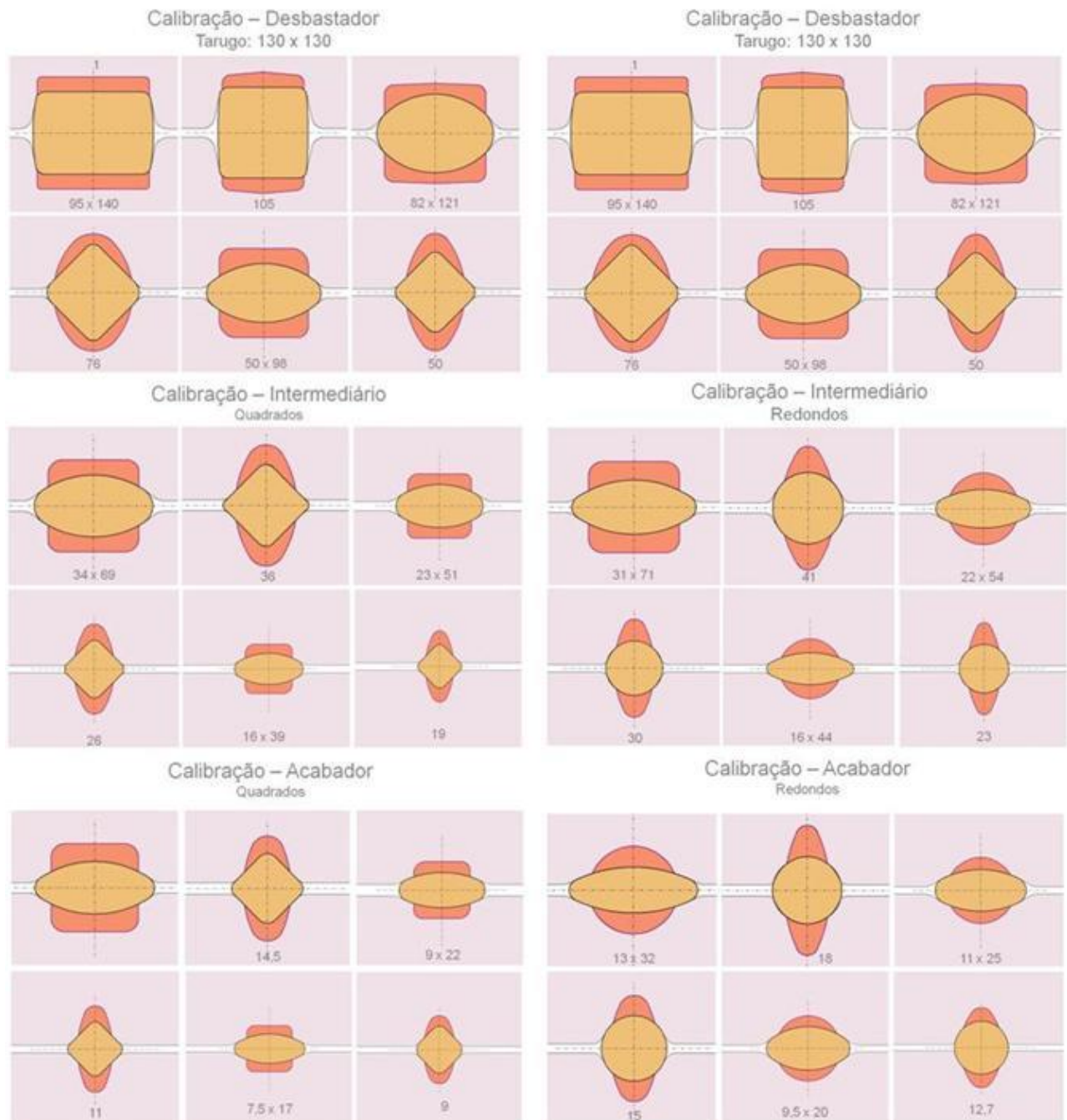


Figura 1 – Fluxograma de atividades

## 2.1 Passes Intermediários mais Leves

Inicialmente é necessário se conhecer os passes mais leves do laminador para se estabelecer os limites em termos das bitolas mais leves (Figura 2)



**Figura 2** – Dimensões dos passes mais leves do Laminador

Esta figura mostra os passes com maiores reduções nas séries Quadrado - Oval - Quadrado e Redondo - Oval - Redondo. Os passes quadrados e redondos intermediários irão servir com esboço para as diversas bitolas de Redondo, Quadrado, Chato e Cantoneira entre outros.

## 2.2 Esquema de Calibração

De posse da lista de bitolas a serem produzidas se parte para a elaboração do Esquema de Calibração onde se levar em consideração:

- Limites do laminador em termos de potência e redução;
- Velocidade máxima de acabamento;
- Produtividade mínima a ser alcançada;
- Agrupamento de bitolas para câmbios;
- Cadeiras que podem operar como acabadoras.

O esquema de calibração não mostra as dimensões de todos os passes e sim passes básicos que vão ser o esboço de cada bitola. Deve ser uma fotografia do processo produtivo. Exemplo na Figura 3

















































































Esquema de Calibração													
D	 52												
1		→					↓						
2	 41	→				↓	 34						
3					) (								
4	 30	→			↓		 25	→					
5				) (	) (			) (					
6	 23	→		↓			 19	↓		 25	 25	 25	
7		↓	↓										
8	 18	 19					 16			 19	 19		
9													
10	 15									 16			
11													
12													
	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1/2"	5/8"	3/4"	

Figura 3 – Esquema de Calibração para quatro famílias de produtos

## 2.3 Codificação dos Componentes do Processo

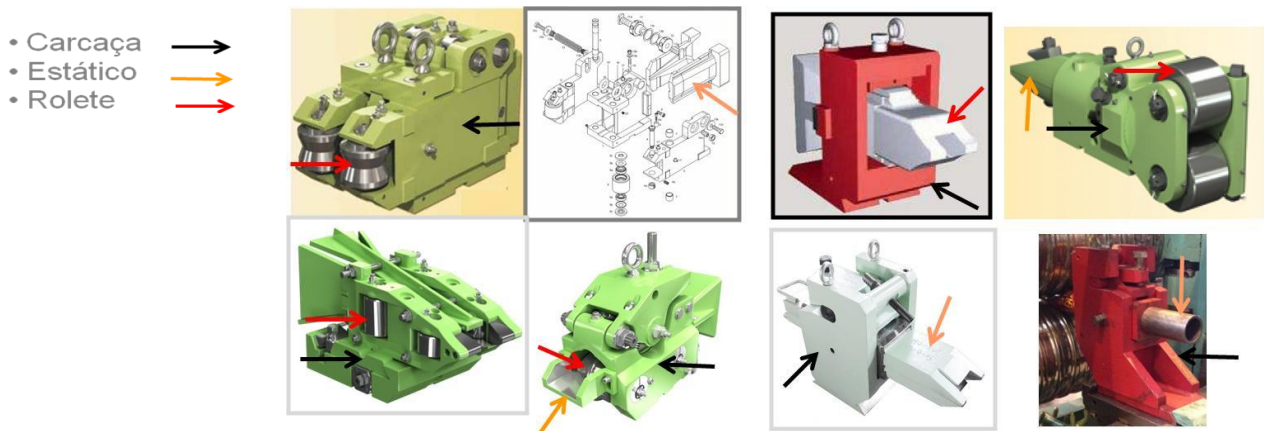
A partir do Esquema de Calibração e da Calibração se parte para elaboração do Padrão Técnico. O padrão Técnico deve mostrar todos os parâmetros para montagem das cadeiras e ajuste do laminador;

Para que o Padrão Técnico seja conciso e de fácil entendimento dos operadores é necessário que tenhamos códigos para os seguintes componentes:

- Cilindros => Montagem
- Canais
- Guias
- Acessórios das guias (Estáticos e Roletes)

Os desenhos de cilindros, canais, guias, estáticos, roletes e outros devem ter, além do número de desenho, o código correspondente.

Nas guias chamaremos de carcaça à estrutura da guia que não tem contato com a barra e esta carcaça será codificada. Dos seus acessórios serão codificados os roletes e os estáticos, conforme Figura 4.



**Figura 4** – Componentes das guias a serem codificados

Partes das guias que devem ser codificadas:

Carcaça

- Guia Roletada: ...GR-01 – GR-02 - ...
- Guia Seca: .....GS-01 – GS-02 - ...

Estático.

- Estático: .....GR-01-E-03 - ...

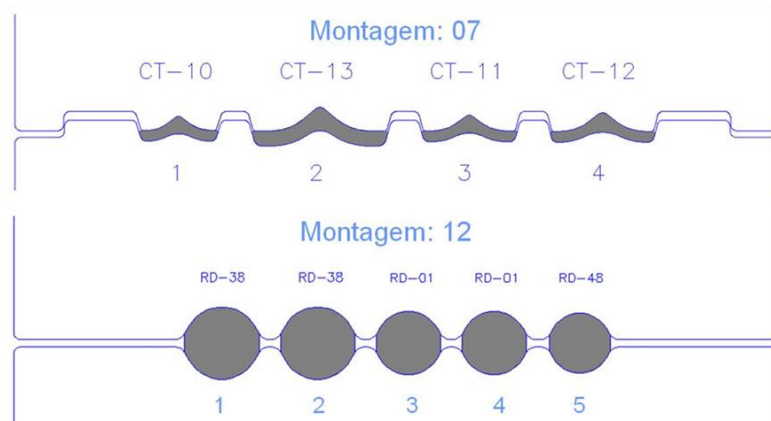
Rolete

- Rolete: .....GR-01-R-02 - ...

Gabaritos:

- Gabarito de Oval: .....GO-01 – GO-02 - ....
- Gabarito de Cantoneira: ...GC-01 – GC-02 - ....

Os cilindros devem ter um desenho definido e de preferência sem mudanças improvisadas sem o devido registro. No desenho dos cilindros deve constar o código da montagem, o código do canal e sua numeração sequencial. Figura 5:



Montagem: Cada jogo de cilindro com um desenho definido  
Cada canal tem um código

**Figura 5** – Codificação dos cilindros - Montagem e canal

## 2.4 Árvore de Calibração

Árvore de Calibração deve conter no mínimo quatro informações fundamentais para cada cadeira:

- Código do canal
- Largura da barra
- Espessura da barra
- Luz do cilindro

Com isto o dimensional do passe fica bem definido. Figura 6

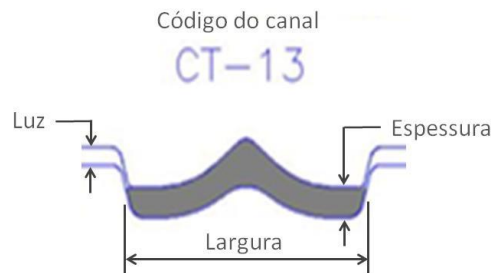


Figura 6 – Dimensional do passe














As bitolas devem ser dispostas na sequência de laminação e quanto houver alguma mudança de parâmetro, este deve ser assinalado em vermelho. Figuras 7 e 8

Árvore de Calibração						
Gaiola	Bitola	CTN 2" X 1/8"	CTN 2" X 3/16"	CTN 2" X 1/4"	CTN 2" X 5/16"	CTN 2" X 3/8"
	Parâmetro					
1	Canal	QD	QD	QD	QD	QD
	Largura	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Espessura	76,0	76,0	76,0	76,0	76,0
	Luz	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
2	Canal	LS-01	LS-01	LS-01	LS-01	LS-01
	Largura	96,7	96,7	96,7	88,8	88,8
	Espessura	42,4	42,4	42,4	49,4	49,4
	Luz	11,0	11,0	11,0	18,0	18,0
3	Canal					
	Largura	NC	NC	NC	NC	NC
	Espessura					
	Luz					
4	Canal	CH-01	CH-01	CH-01	CH-01	CH-01
	Largura	99,2	98,7	98,7	89,8	89,8
	Espessura	30,1	31,6	31,6	43,4	43,4
	Luz	30,5	32,0	32,0	44,0	44,0
5	Canal	CH-01	CH-01	CH-01	CH-01	CH-01
	Largura	110,5	108,6	108,6	96,7	96,7
	Espessura	20,7	23,7	23,7	29,6	29,6
	Luz	21,0	24,0	24,0	30,0	30,0
6	Canal	BC-44	BC-44	BC-44	BC-43	BC-43
	Largura	23,7	25,9	25,7	32,6	32,6
	Espessura	76,0	76,0	77,0	77,0	77,0
	Luz	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0
7	Canal					
	Largura	NC	NC	NC	NC	NC
	Espessura					
	Luz					

Figura 7 – Trecho de Árvore de Calibração para Cantoneira de 2"

## 2.5 Padrão Técnico

O padrão técnico deve ter todas as informações que permitam ao operador preparar o câmbio de uma bitola e ajustar o laminador gerando o mínimo de paradas, sucata acidental e produtos fora de especificação, a meta é que estes dois itens seja zero. O padrão técnico deve ser de fácil visualização e ser fixado em local visível de modo que todos tenham acesso às suas informações. Num estágio mais avançado o Padrão Técnico pode ser gerado a partir de um banco de dados, o que evita erros de preenchimento, além disto deve ser revisado sistematicamente para que não se torne obsoleto. Figura 8

Bitola: CTN 35 x 4 mm				Revisão	09/03/2015	Responsável	Zé da Silva								
G	Passe				Guia de entrada					Guia de saída					
	Montagem	Canal	Formato	Dimensão	Luz	Carcapa	Estático	Rolo	Abertura do Rolo	Gabarito	Carcapa	Estático	Abertura Rolo	Inclinação do rolo	Gabarito
D-9				42											
I-1	01	OV-		28 x 55	4	GS-03	E-07	x	x	x	GR-01	32 x 63	23	16°	GO-0 5
I-2	04	RD-01		35	4	GR-05		R-01	30	GO-05	GS-02	E-01	x	x	x
I-3	03														
I-4	07	ML		22 x 43	22	GS-04	E-05		x	x	GR-10	30 x 53	23	18°	x
I-5	08	PB-01		26 x 33	6	GR-06	E-05	R-02	24	x	GR-10	32 x 45	27	15°	x
I-6	02	CT-01		15 x 49	16	GR-07	x	R-01	35	x	GS-13	E-02	x	x	x
A-1	05	CT-02		12 x 52	12	GR-07	x	R-01	51	x	GS-13	E-03	x	x	x
A-2	06							R-01			x				
A-3	09	CT-03		10 x 58	3,5	GR-07	x	R-01	54	x	GS-13	E-04	x	x	x
A-4	12	CT-04		7,5 x 61	3	GR-07	x	R-01	60	x	GS-13	E-08	x	x	x
A-5	11	CT-05		5,5 x 65	2,5	GR-07	x	R-01	63	x	GS-13	E-10	x	x	x
A-6	10	CT-06		4 x 35	3	GR-10	x		x	GC-03	GS-19	E-11	x	x	GT-02

Observações:

Figura 8 – Padrão Técnico para Cantoneira - (Dados fictícios)

## 2.6 Cálculo de Velocidade

Para o cálculo da velocidade são os seguintes os dados de entrada para cada passe:

- Largura do passe
- Seção do passe
- Diâmetro dos cilindros
- Luz do passe
- Redução da reductora
- Velocidade de acabamento

A partir destes dados são calculados:

- A redução de seção
- A altura média
- Diâmetro de trabalho
- Velocidades
- Rotação dos cilindros
- Rotação dos motores

Ao calcular a rotação dos motores é necessário avaliar se a mesma está dentro dos limites mínimos e máximos dos mesmos. Num cálculo mais avançado é necessário verificar se a potência do passe está abaixo dos valores da curva de potência máxima dos motores.

A redução de seção é útil para verificar se não tem algum valor excessivo para a posição do passe e durante a produção, para monitorar para seja mantida sobre controle. Figura 9

Cadeira	Largura	Seção	Diâmetro	Luz	Redução da Redutora	Redução de Seção	Altura Média	Diâmetro de Trabalho	Velocidade	Rotação Cilindro	Rotação do Motor
1	60	1123	400	4	18,0		18,7	385	1,3	63	1130
2	35	925	420	4	14,0	18%	26,4	398	1,5	74	1034
3					12,0						
4	44	854	400	22	10,0	8%	19,4	403	1,7	79	790
5	25	757	420	6	8,0	11%	30,3	396	1,9	91	725
6	44	644	400	16	6,0	15%	14,6	401	2,2	105	630
7	54	535	390	12	4,5	17%	9,9	392	2,7	129	582
8					3,0						
9	60	420	360	4	2,5	21%	7,0	357	3,4	181	453
10	65	321	370	3	2,0	24%	4,9	368	4,4	230	460
11	67	253	365	3	1,8	21%	3,8	364	5,6	295	531
12	68	203	380	3	1,5	20%	3,0	380	7,0	352	528

Dados de entrada
Dados de saída

Figura 9 – Cálculo de velocidades e de rotações

### 3 ETAPAS ENVOLVIDAS NO TESTE E PRODUÇÃO

#### 3.1 Teste de Produção

Normalmente para o teste de produção é programado um volume mais baixo e neste teste se deve procurar ajustar todos parâmetros pré-estabelecidos, coletar dados como luzes, abertura de guias e rotações para revisão do Padrão Técnico. Amostras de todos os passes devem ser retiradas para conferência das dimensões e confecção de gabaritos onde necessário. Os gabaritos devem ser padronizados e codificados conforme Figura 10.





Figura 10 – Gabaritos padronizados e codificados

### 3.2 Produção Definitiva

Uma vez que o padrão técnico é revisado e se comprova que o processo está produtivo e gerando produtos de qualidade se parte para as revisões finais do Esquema de Calibração, Árvore de Calibração e Padrões Técnicos. Desenvolvimento de novos produtos devem ter sempre como ponto de partida a bitola mais próxima já testada e em produção normal

### 3.3 Acompanhamento do Laminador em Produção

Durante o teste e na produção normal deve ser feito um acompanhamento geral do laminador:

- Redução por passe e redução no canal acabador
- Corrente dos motores
- Enchimento dos canais
- Coleta e análise das amostras - Figura 11
- Largura da barra X Abertura da guia
- Compressão ou tracionamento
- Estabilidade do laço
- Estabilidade do produto acabado
- Tendência à torção nas cadeiras e no leito
- Ponta alta ou tendência a enrolamento
- Aspecto da cabeça da barra



Figura 11 – Retirada e análise das amostras

### 3.4 Amostragem de Barras na Tesoura a Frio

Uma maneira de verificar a estabilidade dimensional da barra ao longo de todo o seu comprimento é a retirada sequencial de amostras na Tesoura a Frio de modo a se ter um Raio-X de toda a barra. Figura 12

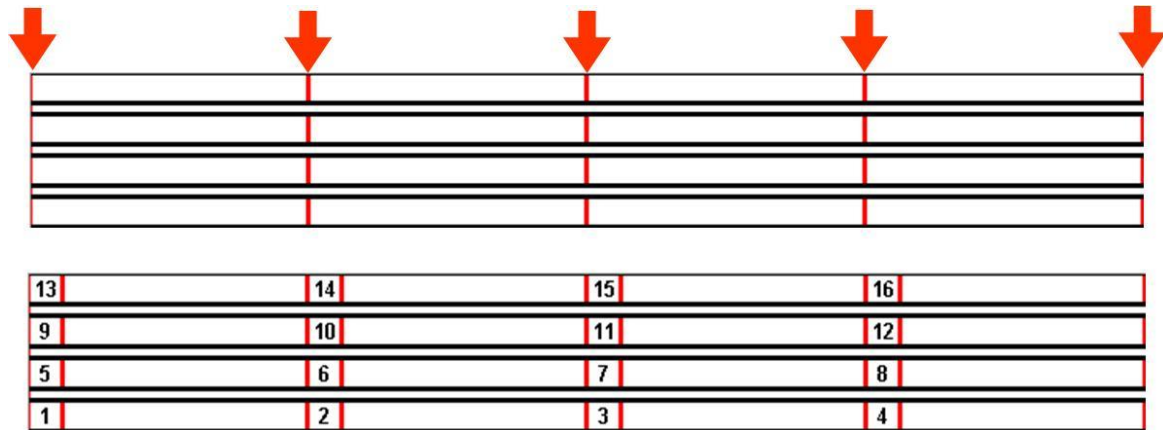


Figura 12 – Amostragem sequencial na Tesoura a Frio

Os dados desta amostragem são lançados em um Gráfico Sequencial e em um Histograma, onde se podem verificar a centragem das médias e a variabilidade das abas, onde se observa uma bitola com baixa variabilidade e média centrada (Figura 13), alta variabilidade e média deslocada (Figura 14) e média centrada e variabilidade localizada devido a tracionamento (Figura 15)

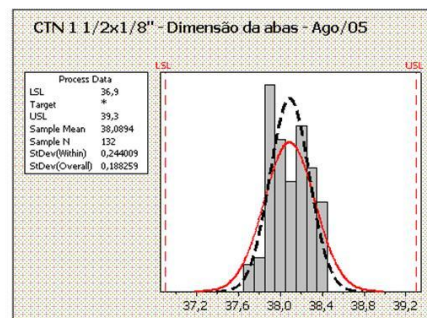
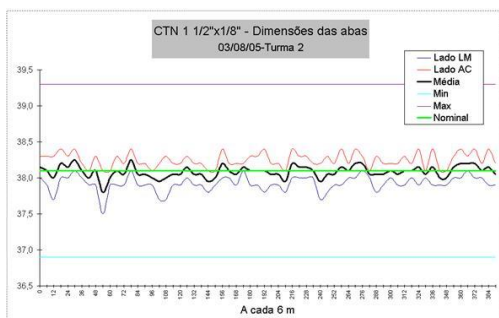


Figura 13 – Baixa variabilidade e média centrada

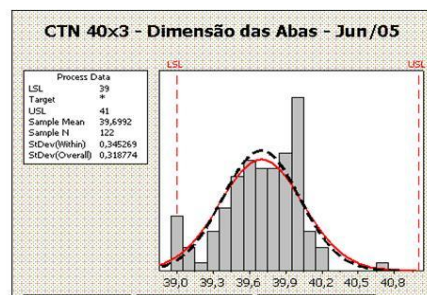
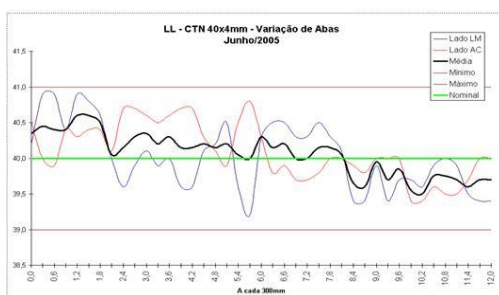


Figura 14 – Alta variabilidade e média deslocada

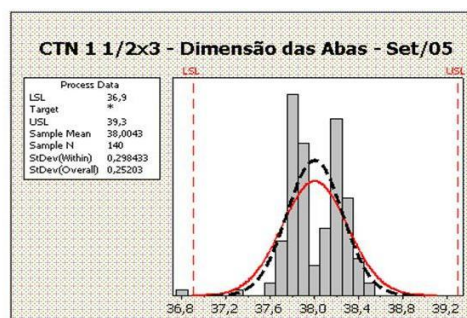
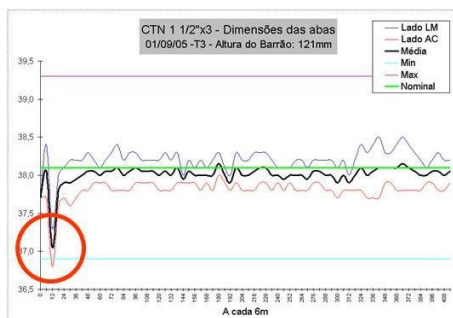


Figura 15 – Baixa variabilidade e tracionamento localizado

#### **4 CONCLUSÃO**

A Engenharia de Processos, aliada padronização e ao trabalho metódico contribui para o sucesso de implantação de novos produtos em um laminador, bem como ajuda no start-up de um novo laminador reduzindo perdas de tempo, improvisações, geração de sucata e de produtos fora de especificação.