

RESULTADOS OBTIDOS NO LAMINADOR (1)  
DE GRANDE PORTE DA USIMINAS

AUTORES:

- Plínio Ernani da Fonseca (2)
- Ferdinand Willy Puntigam (3)
- Valdacir Guidoni (4)

RESUMO

É mostrado o Lay-Out da linha de laminação de Chapas Grossas, propriamente dita, com as especificações básicas dos principais equipamentos instalados, e sua influência em termos de laminação de grande porte.

Os resultados operacionais, obtidos nos anos de 1977 e 1978, são apresentados com dados de produção, eficiência e qualidade, após um período de três meses do estágio inicial de funcionamento. Abrange especificamente as áreas de estocagem de placas, forno de reauecimento tipo viga móvel e laminador desbastador-acabador, com seus acessórios e estabelece itens de comparação com alguns laminadores do gênero, já existentes em todo mundo.

O trabalho enfoca alguns aspectos do controle automático de bitola, compensador de excentricidade de cilindro, medidor de espessura utilizando fonte radioativa

- (1) - Contribuição ao Simpósio de Laminação (COLAM) da ABM, Guarujá, SP. de 18 a 20 de Outubro de 1978.
- (2) - Engenheiro Mecânico, Membro da ABM, Chefe do Departamento de Laminação a Quente da Usiminas.
- (3) - Técnico em Eletrotécnica, Membro da ABM, Chefe da Seção de Laminação de Chapas Grossas.
- (4) - Técnico Metalurgista, Membro da ABM, Assistente Técnico de Chapas Grossas da Unidade de Metalurgia da Laminação a Quente.

## I - INTRODUÇÃO

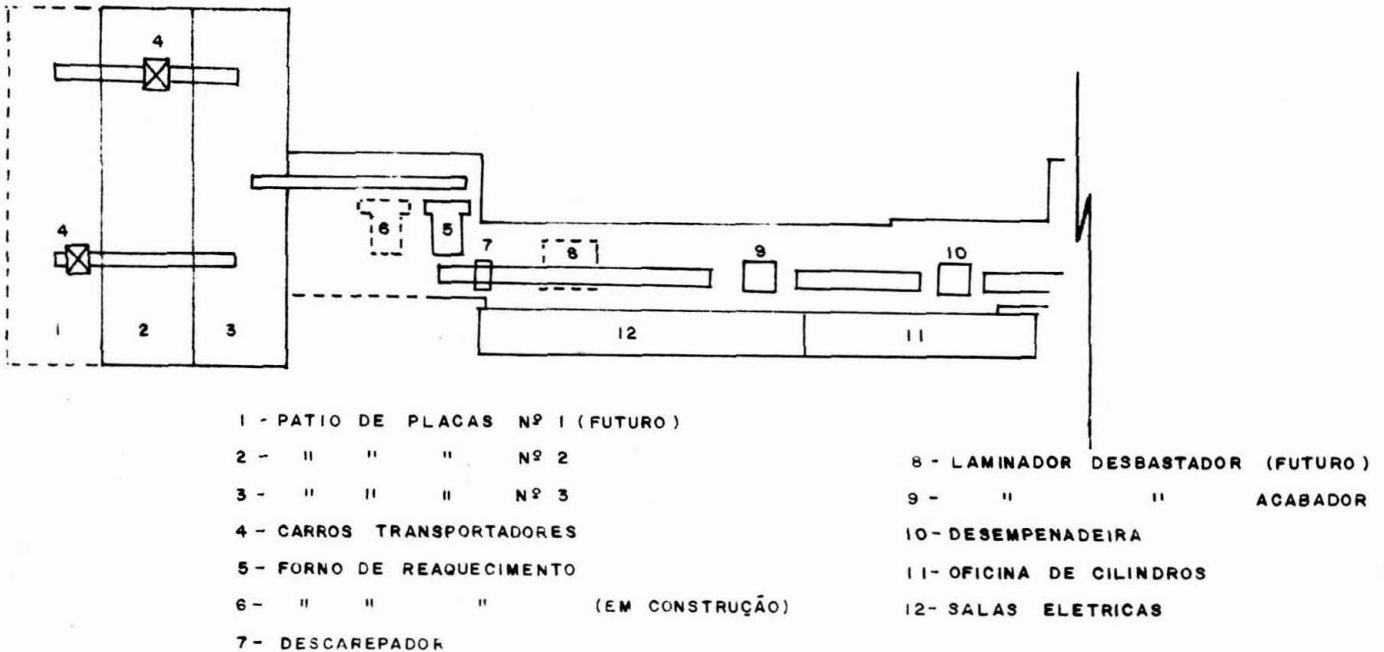
O laminador de Chapas Grossas, está em operação há quase dois anos, com mais de um milhão de toneladas lançadas no mercado.

Por ocasião do 14º Simpósio da COLAM, resolveu-se apresentar dados operacionais obtidos em 1977 e 1978.

Sendo o 1º laminador em laminar Chapas Grossas de 4.100mm de largura no Brasil, sentimos a necessidade de levar aos consumidores, informações sobre o progresso técnico adquirido pelo nosso pessoal, para que possam se situarem em termos de volume de produção e qualidade dos nossos produtos.

## II - DESENVOLVIMENTO

### 1 - Lay - Out da Linha de Chapas Grossas



### 2 - PÁTIO DE ESTOCAGEM DE PLACAS CONDICIONADAS

2.1 - GENERALIDADE - É muito comum ter os pátios de estocagem de matéria prima como setor secundário dentro de uma usina; no entanto para nós, é de grande importância, porque dele depende nosso bom desempenho, tanto no forno de reaquecimento como no laminador para a formação de chances.

2.2 - EQUIPAMENTOS INSTALADOS - Dois galpões, com quatro pontes rolantes de capacidade 40t cada, uma balança "On-Line", uma balança "Off-Line", dois desempenhadores de capacidade 80tx2 e dois carros transferidores de placas de capacidade 80tx2.

2.3 - CAPACIDADE DE ESTOCAGEM - O nível de estoque de placas é função direta da composição das chances de laminação e de prevenção, com anormalidades nos setores fornecedores. Admitimos como est. mínimo, aquele que permite suprir o laminador por sete dias, e como est. máximo:

- a) Galpão nº 2 com 240 pilhas de 20.230t.
- b) Galpão nº 3 com 214 pilhas de 18.040t.

2.4 - MÉTODO DE ESTOCAGEM - O recebimento é efetuado nos pátios nº 2 e 3, cujas pilhas são formadas em itens de empilhamentos, predeterminados pela programação de chapa - placa; é bom salientar, que o item é definido pelas dimensões da placa e do produto, prazo de entrega. A pilha só entra em condições de laminação, quando atingir uma altura de 2800mm, ou que o prazo de entrega esteja iminente; a quantidade

de pilhas encerrada é que cria opção na formação de uma chance adequada à laminação.

### 3 - FORNOS DE REAQUECIMENTO DE PLACAS - TIPO VIGA MÓVEL

#### 3.1 - VANTAGENS DESTES TIPO DE FORNO EM RELAÇÃO AO TIPO EMPURRADOR

- a) Aquecimento e resfriamento em menor tempo.
- b) Possibilidade de reenformamento de placas revogadas.
- c) Facilidade de retirada de carepa por não haver soleira.
- d) Impossível colamento de placas num super aquecimento.
- e) Desenformamento total do forno sem recursos auxiliares.
- f) Flexibilidade na variação de espessura de placas no enformamento.
- g) Eliminação total de defeitos em placas, provocados por soleira e skids.
- h) Maior vida útil dos skids.

#### 3.2 - ESPECIFICAÇÃO

Existe na linha, um forno de  $206m^2$  de área efetiva. O fluxo da carga é efetuado por vigas móveis e fixas. O combustível é óleo pesado-APF; Seis zonas de combustão, utilizando queimadores de mistura interna com capacidade de injetar 7554Kg/h; Recuperador cerâmico; Consumo médio de energia é de  $425 \times 10^3$  Kcal/t; Capacidade de máxima de aquecimento é de 160t/h e balanço térmico para aquecimento de 130t/h.

#### BALANÇO TÉRMICO DO FORNO W.B

(Para 130 t/h)

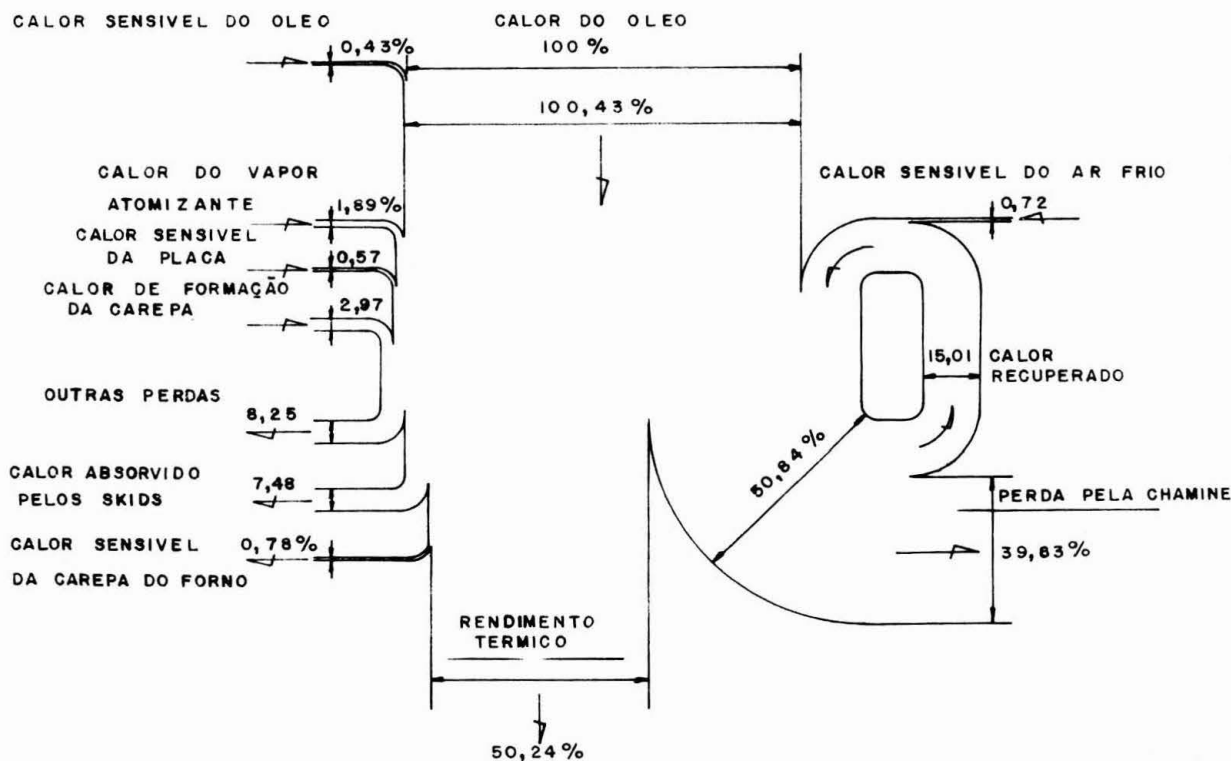


Fig. nº 1

### 3.3 - DADOS OPERACIONAIS OBTIDOS

#### 3.3.1 PERDA POR CAREPA

Para dimensionamento da materia prima na produção de Chapas Grossas, a perda por carepa no forno de reaquecimento foi considerado um ítem influente, por isso, foi estudado as causas e os controles necessários.

##### a) FATORES INFLUENTES NA FORMAÇÃO DA CAREPA

Basicamente são três: Temperatura, tempo de permanência e ambiente do forno, conforme gráficos das figuras nº 2, 3, 4.

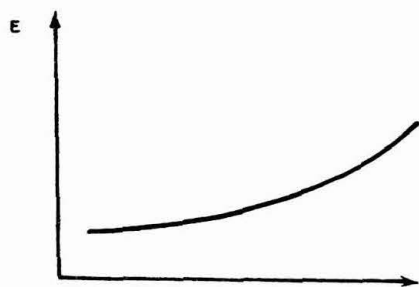


FIG. 2 T (°C)

E = Espessura da Carepa em mm



FIG. 3 tempo (t)

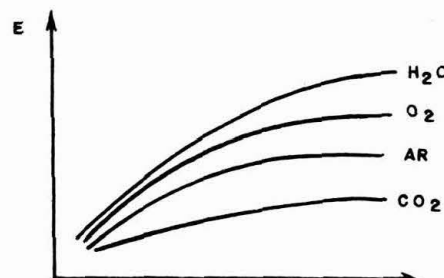


FIG. 4 tempo (ambiente)

##### b) ÍNDICE DE PERDA POR CAREPA

Recentemente foi feito um estudo que nos permitiu concluir, que a equação ficasse em função do peso da placa somente, uma vez que as variáveis acima eram padrões.

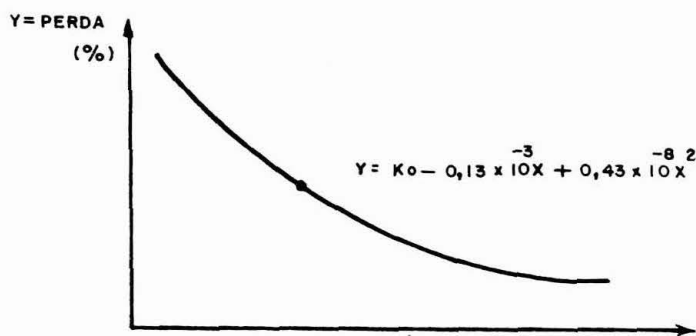


FIG. 5 X = PESO DA PLACA (Kg)

### 3.3.2 - PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA

O setor de forno de reaquecimento é o mais usado em redução de custo, uma vez que a fonte de energia no nosso caso é óleo pesado-APF, influenciando com uma alta percentagem no custo da produção. Conforme podemos observar no gráfico da figura 6, estamos dispendendo o máximo de esforços no sentido de minimizar a Kcal/t de placas aquecidas; vimos gradativamente obtendo melhores resultados.

A especificação do fabricante, garante um consumo médio equivalente a  $425 \times 10^3$  Kcal/t considerando aquecimento de placa padrão (200x1500x2700mm), com um peso de 6.300Kg; é bom salientar que chapas grossas, é um produto das mais variadas dimensões possíveis, implicando nas mais variadas dimensões de placas e consequentemente fugindo das condições ideais, com isso, não conseguimos obter placas com dimensões que nos permita manter uma marcha do forno por um período longo com um consumo mínimo, consequentemente as constantes alterações causam desperdício de energia.

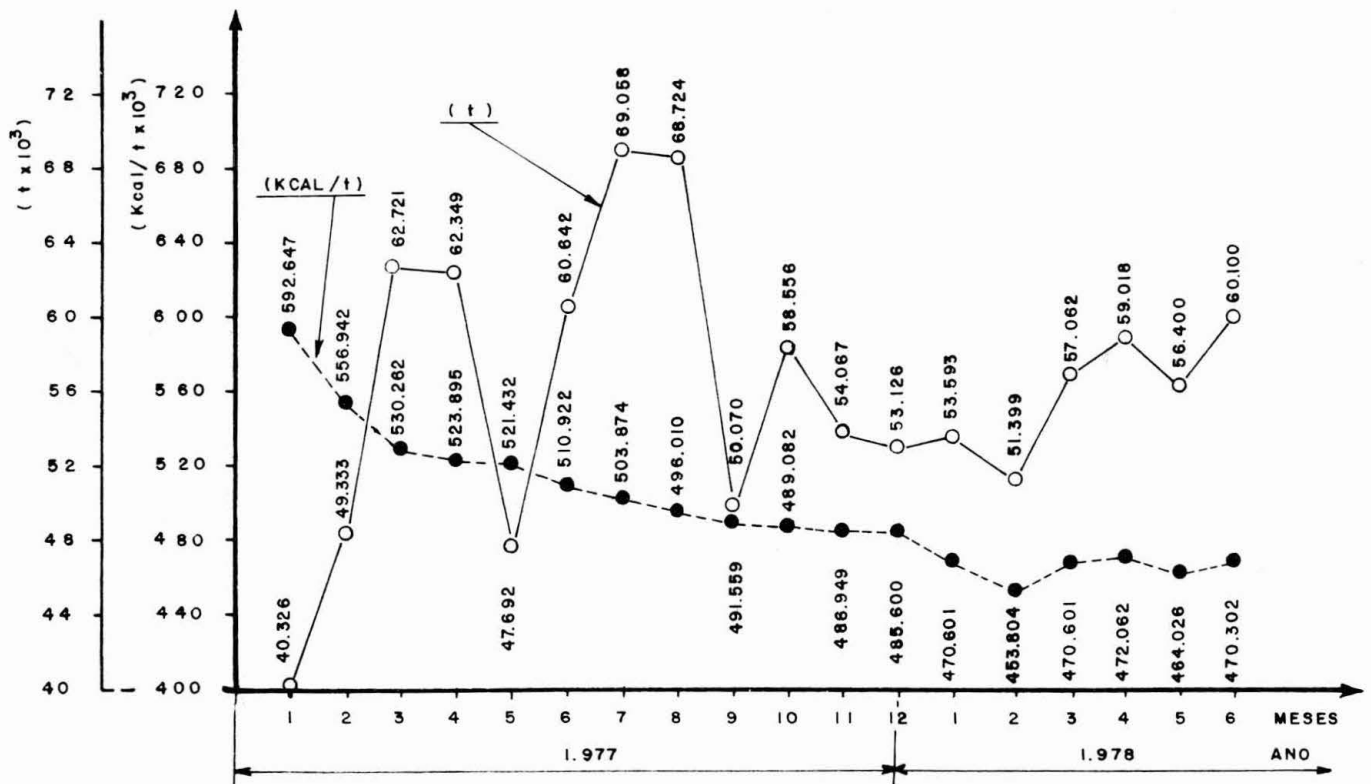


FIG. 6

#### 4 - LAMINADOR DESBASTADOR - ACABADOR

##### 4.1 - GENERALIDADES

Os consumidores de chapas grossas, através de suas engenharias de projetos, vem dimensionando os projetos de maneira mais econômica possível e, para atender tais exigências é que foi instalado um laminador de grande porte para que pudéssemos laminar chapas cada vez mais largas, com espessura bem próxima da nominal, com mínima variação em toda extensão e com ótima planicidade. Podemos classificar em duas maneiras distintas em obter estes resultados.

a) Variação da espessura no sentido da largura - Os laminadores, vem sendo construídos com dispositivos de contra-flexão nos cilindros de encosto e nos de trabalho, ou aumentar o diâmetro dos cilindros de trabalho e encosto como é o caso da USIMINAS.

b) Correção da espessura no sentido comprimento - Os fabricantes de laminadores, vem aumentando a robustez da cadeira, diminuindo as folgas da estrutura em geral (cadeira fundida em peça única) e melhorando o sistema de ajustagem de redução, desta forma a constante do laminador atinge um nível elástico razoável; porém, está em vias de inovações um sistema de atuação com mínimo tempo de resposta e alta precisão; trata-se de um sistema hidráulico que atua instantaneamente com a variação de carga de laminação, comumente chamado de AGC - (Controle Automático de Bitola); este tempo mínimo de resposta e precisão, só foi possível com o advento dos sensores de posição dos cilindros de laminação "MAGNESCALE E LVDT", célula de captação de carga "LOAD CELL", e compensador de excentricidade de cilindro - FARE (FOURIER ANALYZER ROLL ECCENTRICITY).

O laminador da USIMINAS, está equipado com este sistema que é 7 vezes mais rápido na resposta que o tipo AGC - Elétrico.

##### 4.2 - ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS

###### 4.2.1 CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS LAMINADORES EXISTENTES NO MUNDO

Para melhor visualização do laminador no contexto internacional, mostraremos no quadro abaixo os principais dados de laminadores acabadores:

INSTALAÇÕES	BRASI- LEIRA	JAPONESA			ALEMÃ	BELGA	ITALIANA
	USIMINAS	KIMITSU	HIROHATA	NAGOIA	THYSSEN	FAB. DE FER	ITALSIDER
COMPRIMENTO DA MESA - mm	4100	4724	4064	4700	4980	4270	4830
DIA. DO CILINDRO DE TRABALHO - mm	1100	1000	1005	1020	1120	1050	1010
DIA. DO CILINDRO DE ENCOSTO.	2000	2000	1600	1830	1950	2100	2030
FORÇA DE LAMINAÇÃO MÁX. (tm)	7000	7000	5000	5000	6000	6000	-
ÁREA DO POSTE DA CADEIRA (cm <sup>2</sup> )	10000	10000	7010	9000	-	-	-
PESO DA CADEIRA(t)	285 x 2	245 x 2	172 x 2	260 x 2	284 x 2	300 x 2	-
MÓDULO DO LAMINA-DOR (t/mm)	640	800	490	570	-	-	-
POTÊNCIA DOS MOTO-RES (KW)	4500 x 2	5000 x 2	3750x 2	4500x 2	-	6000x2CV	7000x2CV
VELOCIDADE DOS MOTO-RES (rpm)	40~100	50~100	40~80	40~100	40~90	40~100	50~120
BENDING WR	-	-	-	-	SIM	-	SIM
BENDING BUR	-	-	-	SIM	SIM	SIM	SIM
AGC	HIDRÁUL.	HIDRÁUL.	ELETRICO	ELETRICO	-	-	-
PRESSÃO DA DESCA-REPAÇÃO (Kg/cm <sup>2</sup> )	160	150	150	166	-	-	-

#### 4.2.2 CONTROLE AUTOMÁTICO DE BITOLA - AGC

Tipo hidráulico, montado na base da cadeira, pressão de 250Kg/cm<sup>2</sup>; curso de atuação  $\pm$  10mm.

#### 4.2.3 COMPENSADOR DE EXCENTRICIDADE DE CILINDROS - FARE

É composto por um analisador de excentricidade, dois geradores de pulso montados no topo de cada cilindro de encosto, um computador NAKED MINI - 16, uma impressora-leitora-perfuradora de fita acoplada ao computador do sistema AGC.

#### 4.2.4 MEDIDOR DE ESPESSURA RAI0 GAMA

Utiliza fonte de raio 137Cs 20 Ci; mede espessuras de 4,5 a 75mm; compensação de temperatura entre 650 a 1200°C; correção de densidade  $\pm$  10% com relação ao padrão 7,85g/cm<sup>3</sup>; precisão de 30 $\mu$  a 160 $\mu$  para chapas de 4,5 a 75mm respectivamente.

#### 4.2.5 RESFRIAMENTO FORÇADO

Existem dois conjuntos com jatos tipo Spray, na parte supe-



rior e inferior das mesas, utilizando pressão de  $8\text{Kg/cm}^2$ , com finalidade de resfriamento rápido para controle de temperatura de laminação.

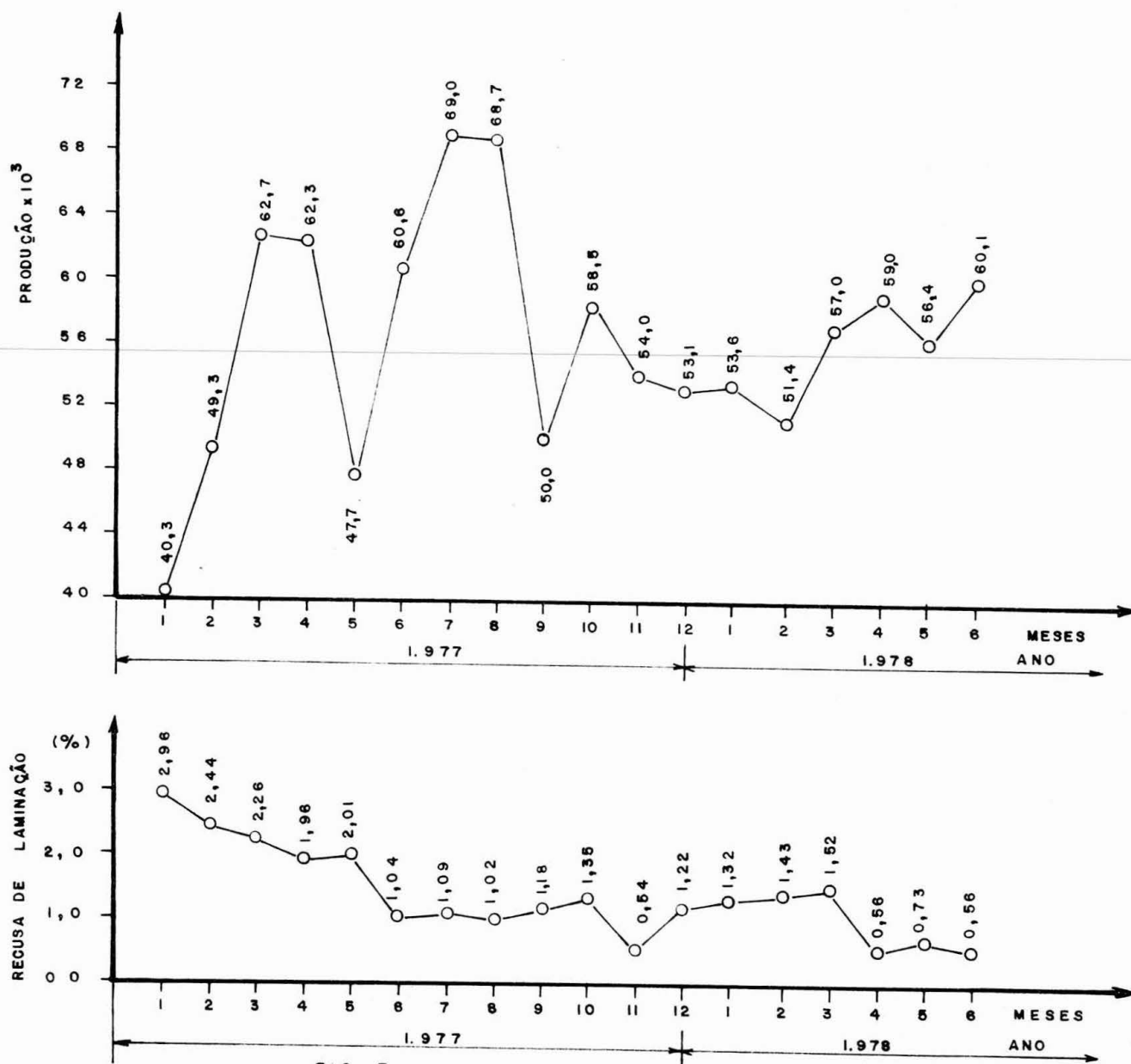
#### 4.2.6 DESEMPENADEIRA A QUENTE

Utiliza sistema de rolos de encosto; espessura de desempenho entre 4,5 a 40mm; temperatura de desempenho na faixa 650 a 750°C; descarepação  $50\text{Kg/cm}^2$ , balanceamento hidráulico e um sistema de resfriamento forçado.

### 4.3 - DADOS OPERACIONAIS OBTIDOS

#### 4.3.1 PRODUÇÃO E RECUSA

Em 1977 e 1978, até junho foram laminadas 1.014.236t de placas para chapas grossas, cujos valores de produção e perdas de laminação, são mostrados na fig. nº 7 abaixo:



Pela análise da fig. nº 7, observamos que o índice de recusa por defeitos de laminação, veio diminuindo gradativamente até atingir um nível bom, espelhando assim o estágio técnico que se encontra o pessoal. A maior recusa refere-se à falta de espessura, podemos avaliar o grau de acerto pela fig. nº 8, cujo desvio padrão se situa em torno de 0,20mm, considerado bom; com a entrada do medidor de espessura "Raio Gama" com ótima precisão de medida em altas temperaturas em substituição ao bitolador manual de baixa eficiência, trouxe sem dúvidas ótima colaboração neste sentido.

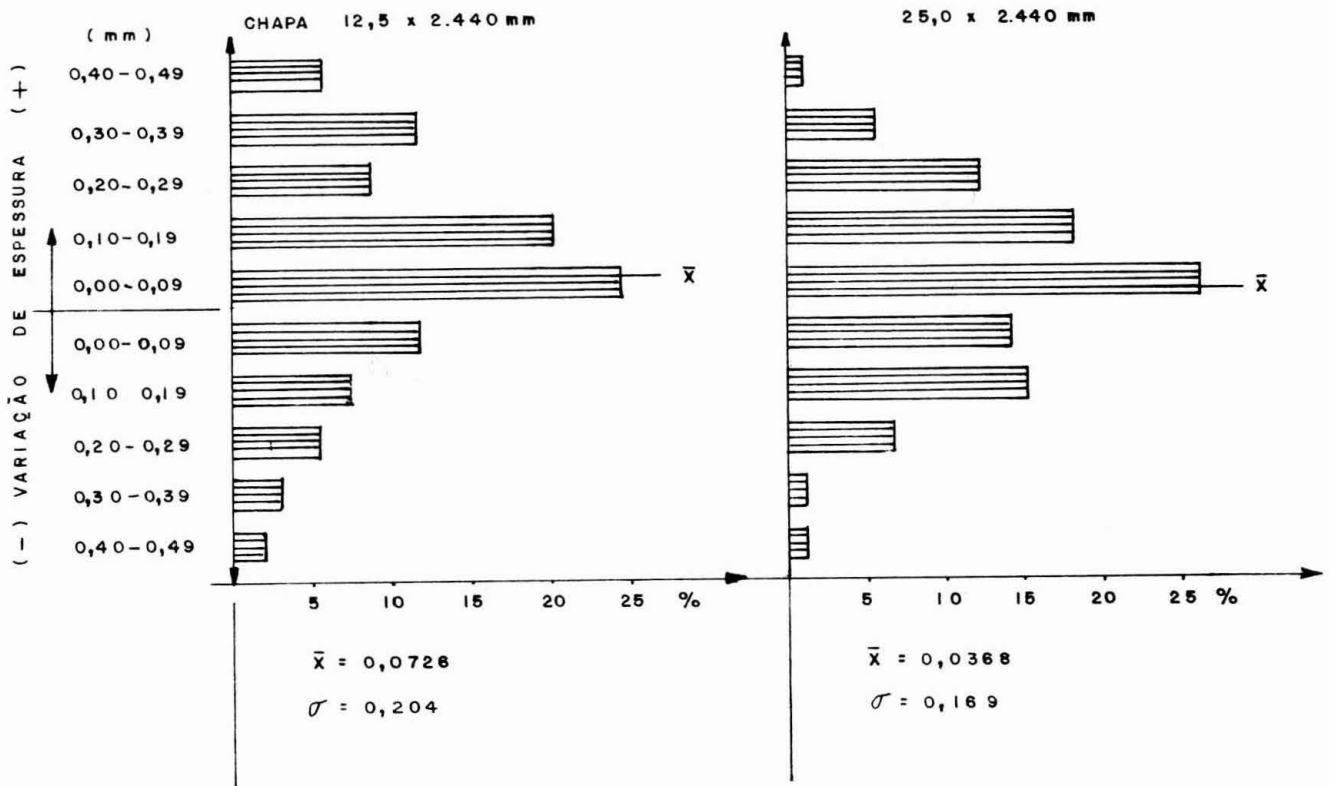


FIG. 8

#### 4.3.2 VARIACÃO DA ESPESSURA NO COMPRIMENTO DA CHAPA

Em laminadores convencionais, as variações da deformação da cadeira é função direta da força de laminação; durante a laminação de acabamento, as variações da força são causadas por marcas de Skids nas placas, temperatura e dureza desiguais ao longo das mesmas, causando variações na espessura da chapa que é indesejável à qualidade e ao rendimento. O sistema de controle automático de bitola (AGC), tem a função básica de corrigir tais distorções a cada instante; O tempo de resposta é de 0,03 a 0,07s. com uma eficiência de 70%.

O controlador que pega os sinais do sensor de posição, opera para manter a razão de alongamento (PR/KM) e desvio detetado pelo sensor ( $\Delta X$ ) em valores determinados, sendo uma característica de laminador hidráulico. Quando  $\Delta X \ll 1$ , o próprio laminador pode ser considerado, ser um aparente infinito Mill Spring. Isto si-

gnifica que o laminador é provido de uma perfeita rigidez. Além disto, o módulo do laminador pode ser mudado, variando de macio a duro.

A fig. nº 9, mostra o circuito elétrico e o sistema hidráulico, projetados para manter  $\Delta x$ , PR, KM constantes. Em outras palavras, quando o sinal C.PR/KM do sinal  $\Delta x$ , a pressão do cilindro hidráulico muda até que a diferença seja eliminada.

O princípio de operação é teoricamente indicado como segue:

$$h = S_0 + \frac{PR}{KM} + (X - X_0) \quad (1)$$

O laminador hidráulico é controlado para ser:

$$\Delta x = (X - X_0) = - \frac{CPR}{KM} \quad (2); \text{ das equações (1) e (2) vem:}$$

$$h = S_0 + \frac{(1-C)}{KM} \cdot PR \quad (3) \text{ onde: } S_0 = \text{Sinal de abertura de cilindro ajustado.}$$

$\Delta X$  = Sinal do sensor de posição do cilindro.

$X_0$  = Sinal inicial do sensor de posição cilindro.

PR = Carga de laminação.

KM = Razão total elástica dos cilindros e gaiola.

h = Espessura de saída.

$\frac{1-C}{KM}$  = Coeficiente de Mill Spring.

C = Valor a ser subtraído de 1,0.

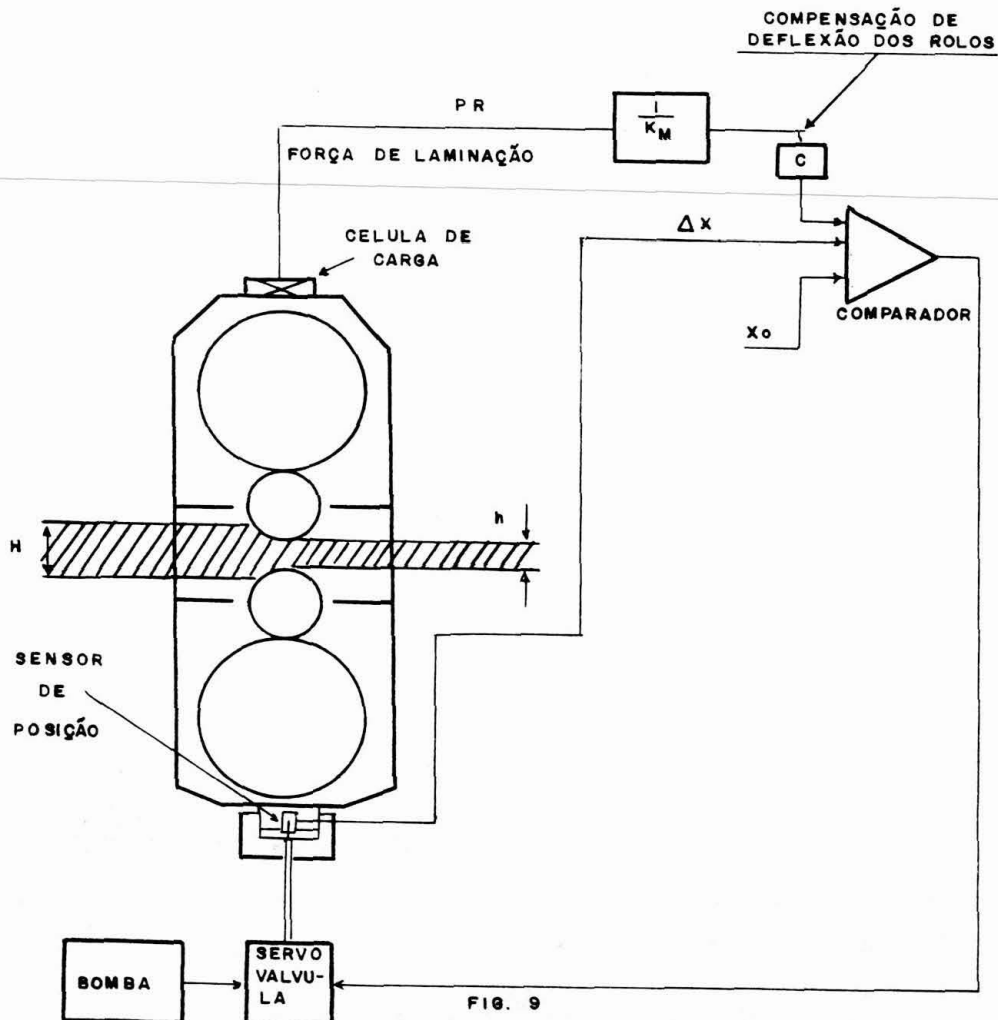


FIG. 9

Contudo, no laminador hidráulico o coeficiente de Mill Spring é variável, porque C(valor a ser reduzido de 1,00), pode ser livremente seletado para várias condições de laminação.

Assim, nós podemos obter coeficientes variáveis de M. Spring.

$$K_e = \frac{KM}{1-C}$$

a) SISTEMA DE CONTROLE DO AGC

São as informações necessárias à atuação do sistema.

- (1) - Abertura dos cilindros de trabalho: É indicada pelo controle do curso do "push up".
- (2) - LVDT(Linear, variável, transformador, diferencial): É usado para medir a posição do "Push up".
- (3) - Válvulas eletro-hidráulicas: Controla o fluxo de óleo do push up.
- (4) - Célula de carga: Fornece ao controlador o sinal da pressão de laminação.
- (5) - Largura de laminação: É fornecida em códigos através de chave manual.

b) COMPENSADOR DE EXCENTRICIDADE DE CILINDRO - FARE

Tem a função de enviar informações ao sistema do AGC sobre excentricidade no diâmetro dos cilindros, para que seja feita a correção. Os principais causas da excentricidade nos cilindros, são os defeitos de fabricação, imprecisão da máquina de retífica e acidentes operacionais; estes defeitos, são transmitidos à espessura da chapa ao longo do comprimento.

Este sistema, só atua para valores de excentricidade acima de 60 $\mu$ , corrigindo em 60% numa velocidade de até 300rpm.

A fig. nº 10 ilustra o funcionamento.

“FARE” - COMPENSADOR DE EXCENTRICIDADE DE CILINDROS

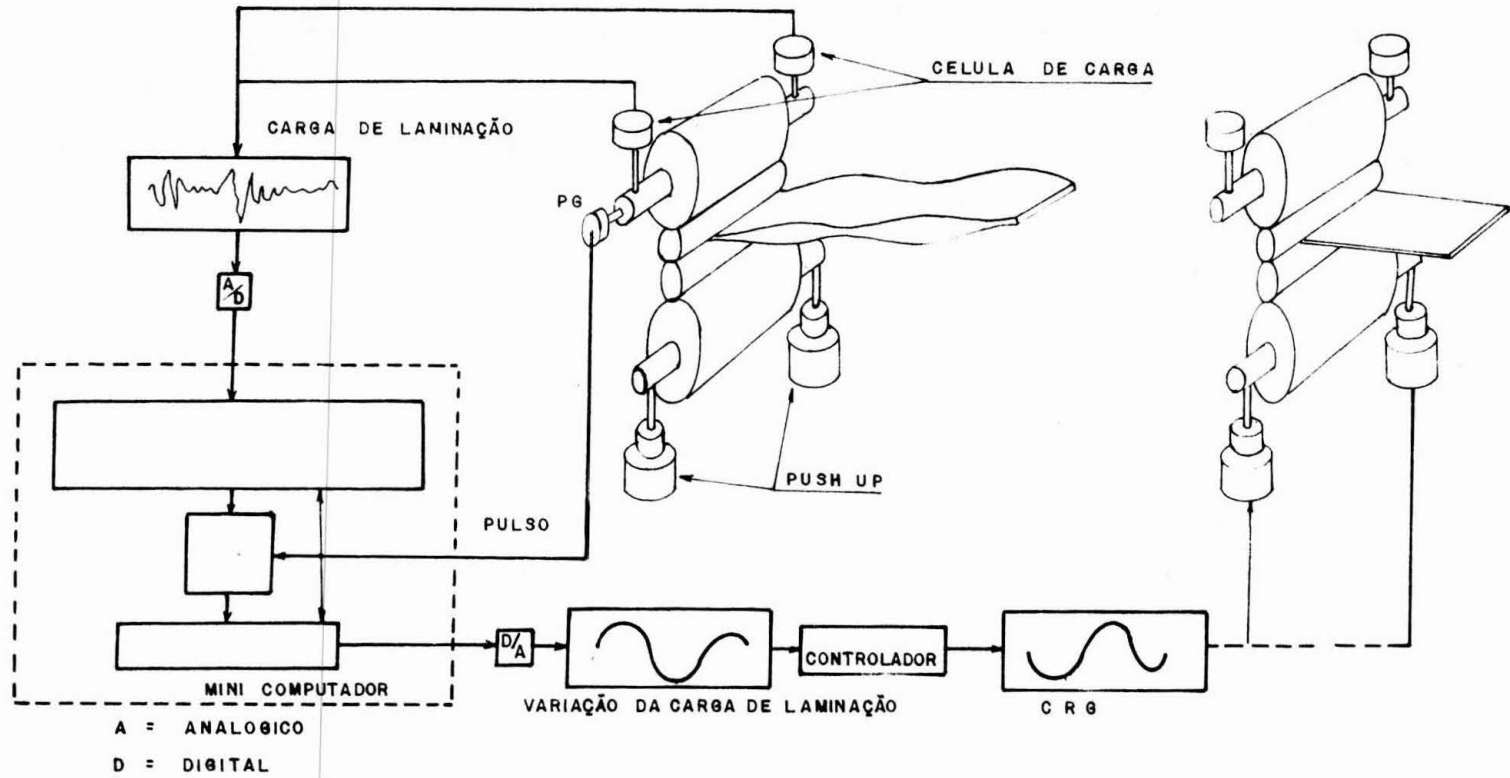


FIG. 10

c) RESULTADO REAL OBTIDO

A atuação do AGC, foi 65,8% com relação a chapas laminadas sem, isto pode ser claramente observado pela fig. nº 11A e 11B respectivamente.

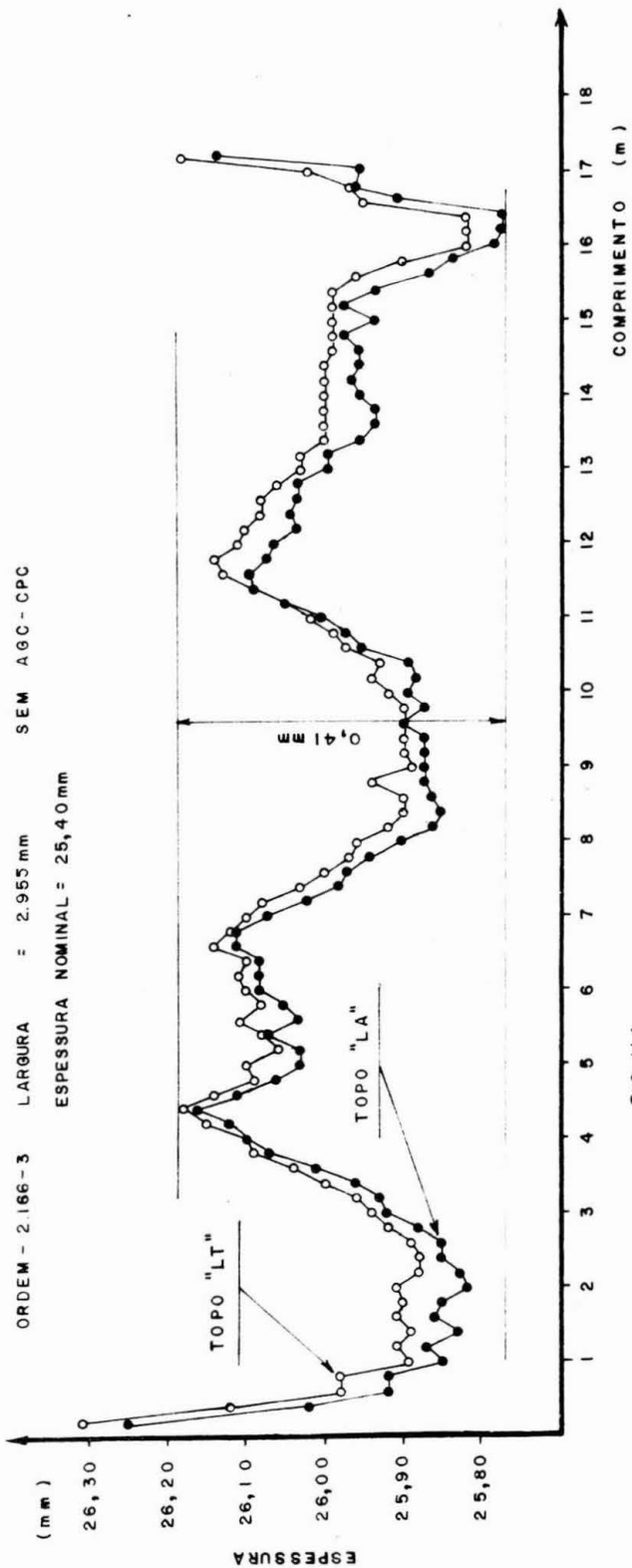


FIG. 11A

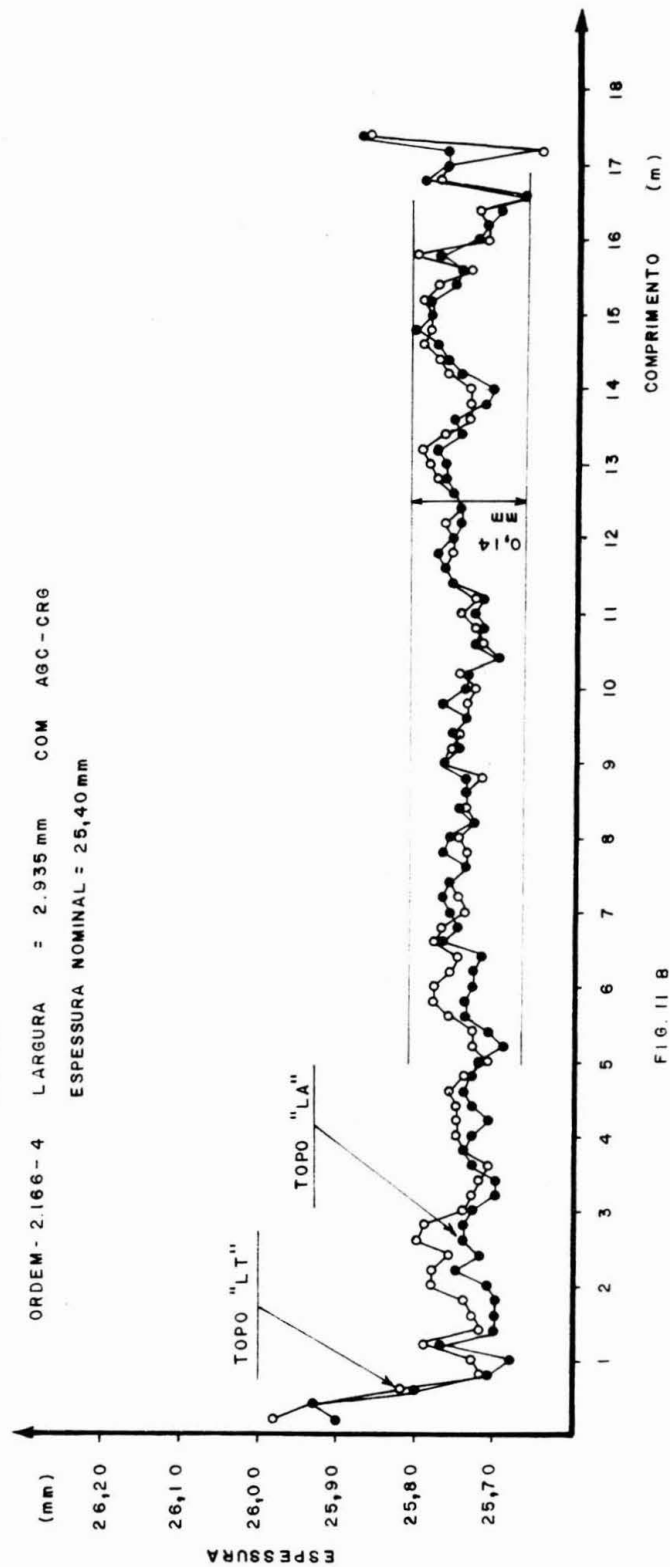


FIG. 11 B

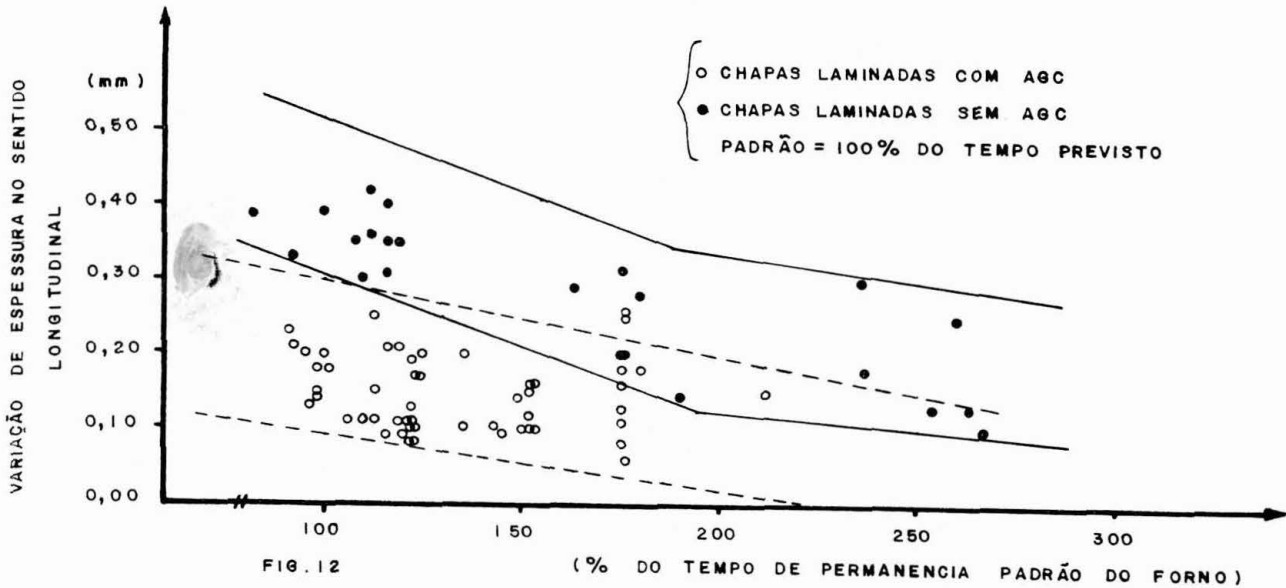
LA = BORDAS NO LADO DE ACIONAMENTO LB = BORDAS NO LADO DE TRABALHO

d) AGC COMO FATOR DE ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL

Podemos afirmar que quanto menor for o tempo de permanência da placa no forno, maior será a heterogeneidade da temperatura e conseqüentemente, durante a laminação haverá variação de pressão de laminação nas partes mais quentes às mais frias; estas variações podem atingir um valor máximo desde que não comprometa a qualidade e as condições operacionais de laminação.

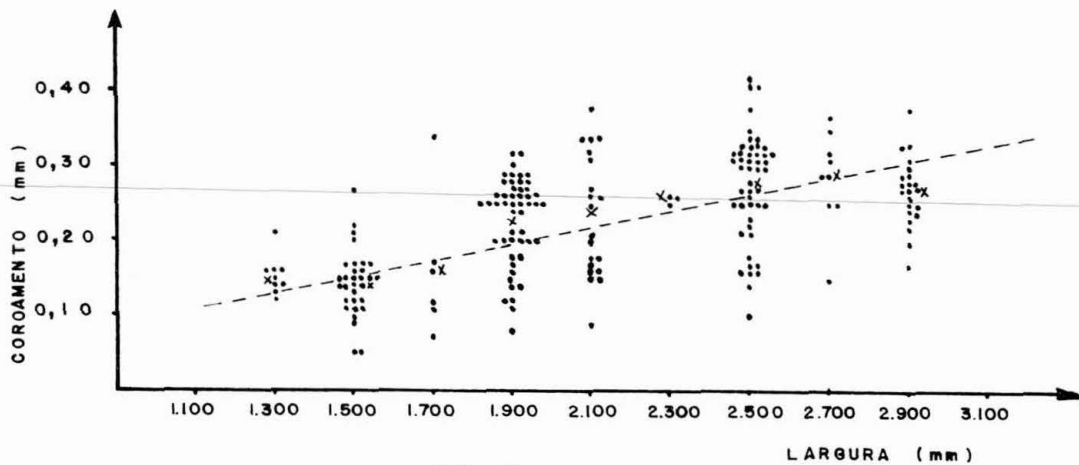
Pelo gráfico da fig. nº 12, observamos claramente que a medida que a placa fica em excesso no forno, a eficiência do AGC vai diminuindo; como nos

dias atuais o consumo de combustível derivado do petróleo, é fator importante, o AGC é também fator de economia de energia.



#### 4.3.3 VARIACÃO DA ESPESSURA NA LARGURA DAS CHAPAS

A variação da espessura no sentido da largura, é o que chamamos comumente de coroamento, cuja variação máxima se situa em 0,30mm para as condições mais severas e de 0,05 para as condições mais brandas. Na fig. nº 13, podemos observar os valores obtidos em função da espessura e largura das chapas.



As oscilações verificadas para uma mesma largura, é função das condições de laminação (deflexão dos cilindros), provocada pela inadequada pressão de laminação nos passes finais de acabamento, aliada ao desgaste dos cilindros de trabalho. Para chapas de larguras maiores que 3000mm, o coroamento admite valores inferiores a 0,20mm, por tratar-se de produtos que são laminados nas condições mínimas de desgaste dos cilindros de trabalho; dada a pouca frequência com que ocorreu estes casos, não foram representados na figura.

5 - BIBLIOGRAFIA

- IHI - ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES Co., LTD  
Manual de Instrução para equipamentos mecânicos,  
Vol. III - A, Dezembro, 1974.