

## A LAMINAÇÃO DE PERFIS PESADOS E TRILHOS DA AÇOMINAS (1)

José Carlos Martins F. de Melo (2)

Oara Silva (3)

R E S U M O

Inicialmente são mostrados os produtos desta laminação, seguida de descrição do arranjo da instalação e fluxo de produção. Logo após, mostra-se o sistema de automação dos laminadores, serras a quente e empilhadeiras, além do computador coordenador.

---

- (1) Trabalho apresentado no Seminário de Laminação da COLAM.
- (2) Engenheiro Metalurgista - Gerente de Metalurgia da Laminação de Perfis da AÇOMINAS, Ouro Branco.
- (3) Engenheiro Metalurgista - Gerente de Laminação de Perfis Pesados da AÇOMINAS, Ouro Branco.

## 1. INTRODUÇÃO

A AÇOMINAS colocará em operação nos próximos anos, um Laminador de Perfis Pesados e Trilhos com capacidade para produzir 440.000 t/ano, em seu primeiro estágio de implantação, e 990.000 t/ano de trilhos e perfis pesados, no estágio final de implantação.

Com a operação desta linha, serão produzidos no País alguns perfis até então importados, como perfis H de abas paralelas, perfis I de abas paralelas, cantoneiras de abas e espessuras desiguais, além de produtos já fabricados no País como perfis U e trilhos. Com relação aos trilhos, apesar de já produzidos no Brasil há mais de 30 anos, ainda existe importação expressiva, vindo então a AÇOMINAS ao encontro desta necessidade do mercado.

## 2. LINHA DE PRODUÇÃO

No primeiro estágio de implantação, esta linha tem capacidade para produzir perfis nas faixas de dimensões mostradas na tabela 1. No segundo estágio, será possível produzir perfis HP com dimensões de até 600 x 300 mm.

Os perfis listados na tabela 1 podem ser produzidos em comprimentos entre 6 e 24 m, e os trilhos em comprimentos entre 6 e 36 m no primeiro estágio. No segundo, poderão ser produzidos trilhos de até 50 m de comprimento.

Os perfis HP e IP a serem produzidos pela AÇOMINAS são do tipo de abas paralelas e têm qualidades estruturais superiores aos seus similares de abas inclinadas, devido principalmente ao menor peso por metro e à maior facilidade nas ligações.

São utilizados principalmente para a construção de edifícios, galpões industriais e estaqueamento. A cantoneira de abas e es-

pressuras desiguais é utilizada principalmente em construção naval e as estacas-prancha são usadas na construção de barragens, diques, arrimos e também em estaqueamento.

Os perfis IP, HP, CAED e estacas-prancha serão laminados no Brasil pela primeira vez.

### 3. ARRANJO GERAL DA INSTALAÇÃO E FLUXO DE PRODUÇÃO

O arranjo geral da laminação é apresentado nas figuras 1 e 2.

A figura 1 mostra as mesas de carga, os fornos de reaquecimento, os laminadores esboçadores, universais e de borda e as serras a quente, além de equipamentos auxiliares como balança, descarepador, serra de pontas, mesas de transferência e estampadeira de trilhos.

Na figura 2 estão os leitos de resfriamento, as desempenadeiras de rolos horizontal e vertical e as linhas de acabamento de perfis e de trilhos.

Os perfis serão acabados e empilhados na linha de acabamento norte, e os trilhos na sul. Como esta linha tem somente a metade da capacidade da laminação, uma parte dos trilhos será enviada ao pátio de estocagem intermediária, para posterior acabamento.

#### 3.1. PRODUÇÃO DE TRILHOS

Blocos com seção transversal de  $350 \times 265 \text{ mm}^2$  e comprimentos variáveis entre 8.000 e 10.800 mm são alimentados nas duas mesas de carregamento. A seguir, são transferidos para a mesa de rolos, pesados e enformados nos dois fornos de vigas caminhantes. Após o aquecimento e encharque, são desenformados e dirigidos aos laminadores, passando antes pelo descarepador a água.

Para a laminação de trilhos de 57 kg/m (TR-57), são necessários

10 passes nos laminadores esboçadores, 3 passes no laminador universal 1 (U1), 1 passe nos laminadores de borda 1, 2 e 3 (B1, B2 e B3) e universais 2 e 3 (U2 e U3), como ilustrado na figura 3.

Na saída do laminador acabador (U3) está instalada uma estampa-deira automática que marca o trilho conforme as exigências de norma: número da corrida, número do lingote e letra do trilho.

A seguir, os trilhos são encaminhados às serras a quente, onde são cortados em comprimentos próximos às medidas padrões que normalmente são de 12, 18, 24 e 36 m. Ainda na serra a quente, são retiradas amostras para inspeção dimensional, de forma, superfície e para testes mecânicos.

Em seguida o material é encaminhado aos leitos de resfriamento, sofrendo antes um contra-empeno para compensar o empeno normal ocorrido no resfriamento. Resfriado, o trilho é desempenado utilizando-se duas desempenadeiras, sendo uma de rolos horizontais e outra de rolos verticais.

Daí, o trilho vai para a linha de acabamento: como sua capacidade é a metade da laminação, uma parte é dirigida ao estoque intermediário, e a outra ao acabamento. Quando for mudado o programa de laminação de trilhos para perfis, o material estocado será realimentado na linha de acabamento, seguindo o fluxo normal.

A primeira operação de acabamento é a inspeção de pontas: detectado o empeno, o material é dirigido à prensa, e a seguir reintegrado ao fluxo normal de produção; não sendo necessário o desempenho de pontas, o trilho é encaminhado diretamente ao ultra-som, onde, dependendo das exigências do cliente, pode ser testado ou não.

Em seguida é enviado às máquinas de corte e furação, onde é no-

vamente cortado em comprimentos exatos e furado, se necessário.

A última operação é a inspeção total do trilho, feita em um leito que permite que o material seja virado quatro vezes, de modo a permitir a inspeção das quatro faces.

Inspecciona-se a superfície, marcação, forma e dimensões. Após a inspeção, o trilho acabado é enviado ao pátio de expedição e ao cliente.

### 3.2. PRODUÇÃO DE PERFIS

Enquanto os trilhos são laminados utilizando-se apenas o processo universal, na laminação de perfis é usado, além do universal, também o processo convencional. Os perfis U, as cantoneiras de abas e espessuras desiguais e as estacas-prancha são laminados pelo processo convencional, enquanto para os perfis HP e IP utiliza-se o processo universal.

Os blocos, com seções transversais mostrados na tabela 2 e comprimentos variáveis entre 3.500 e 10.800 mm, são alimentados nas mesas de carga; daí, vão para a mesa de rolos, balança, fornos de reaquecimento e descarepador, de modo idêntico à laminação de trilhos.

Se o perfil for laminado pelo processo universal, a cadeira de borda B2 é retirada da linha de laminação e substituída por uma seção de mesa de rolos. O número de passes até a obtenção do produto final varia segundo o tipo de perfil (HP ou IP), e suas dimensões. Como exemplo, é mostrado na figura 4 o plano de passes para o perfil IP de 400 x 180 mm.

Caso o perfil seja laminado pelo processo convencional, as cadeiras de borda B1, B2 e B3 são retiradas da linha e substituídas por seções de mesas de rolos e, as cadeiras universais U1,

U2 e U3, por três cadeiras duo convencionais C1, C2 e C3. O número de passes, até a obtenção do produto final, também varia com o perfil a laminar (U, CAED e estacas-prancha) e suas dimensões.

A figura 5 mostra exemplo de plano de passes para a laminação de perfil U de 350 x 100 mm.

Após laminados, independentemente do processo utilizado, os perfis são enviados às serras a quente, onde são cortados em comprimentos usuais de venda, que variam entre 6.000 a 24.000 mm, e, após, aos leitos de resfriamento. Na serra fixa, são retiradas amostras para inspeção de forma, dimensões e superfície, e para testes mecânicos.

Após o resfriamento, os perfis são desempenados apenas na desempenadeira de rolos horizontais, pois a de rolos verticais é substituída por uma seção de mesa de rolos.

Em seguida, o material é enviado ao leito de inspeção de perfis, para verificação de forma, dimensões e superfície.

Detectado o empeno, o material é dirigido à prensa para correção e daí às empilhadeiras automáticas; constatado defeito de forma, superfície ou dimensões — e se este defeito puder ser corrigido no corte — o material é enviado à serra a frio, cortado e reintegrado ao fluxo normal de produção, dirigindo-se às empilhadeiras automáticas; se a peça estiver perfeita, segue diretamente para as empilhadeiras.

Apresentando peso unitário menor ou igual a 83 kg/m, o perfil vai para a empilhadeira horizontal; caso o peso unitário seja superior a este, é utilizada a empilhadeira vertical.

Após o empilhamento, o pacote é pesado e cintado, seguindo para o pátio da expedição.

#### 4. AUTOMAÇÃO E COMPUTADORES DE PROCESSO

A Laminação de Perfis Pesados e Trilhos da AÇOMINAS possui cinco computadores de processo PDP 11/34: um coordenador, três computadores que controlam os laminadores e as serras a quente, e um computador de reserva, conforme figura 6.

O computador de reserva é necessário, porque os laminadores U1, U2, B1 e B3 não podem operar sem os computadores de processo.

##### 4.1. COMPUTADOR COORDENADOR

O computador coordenador tem função de acompanhar o material na linha de laminação, controlar, fornecer e receber informações dos computadores de processo e controlar a empilhadeira horizontal de perfis.

##### 4.1.1. Acompanhamento de Material na Linha

O acompanhamento se inicia na balança de blocos. Neste ponto, o computador recebe o peso do bloco diretamente da balança, sendo o número do bloco informado por um operador. Outros dados, como número da corrida, dimensões do bloco a laminar, peso calculado, tipo de aço, código de inspeção, perfil a laminar, comprimento do produto final e outros, são informados ao coordenador antes de se iniciar a laminação via disquete, que é gerado no computador comercial IBM 4341.

Após a pesagem, os blocos são dirigidos aos fornos de reaquecimento. Como o computador gera um mapa da situação dos blocos nos fornos, é possível saber, por vídeo e/ou impressora, a posição, tempo de aquecimento, etc, dos blocos a qualquer instante.

Depois de aquecido e desenformado, o material é encaminhado aos laminadores. O coordenador conhece, por meio de Detectores de

Metal Quente (DMQ), a posição de cada bloco nas linhas de laminação e serras a quente, podendo informá-la ao operador a qualquer momento.

Para fazer este acompanhamento, a linha de laminação é dividida em "zonas de acompanhamento", que podem conter, cada uma, um número máximo de blocos ou produtos. Na interface de duas zonas, existem fotocélulas ou Detectores de Metal Quente (DMQ) que informam ao coordenador a passagem de um bloco de uma zona para outra (figura 7). Deste modo, o computador conhece, a qualquer instante, a posição de todos os blocos, desde a balança até as serras a quente.

A partir dos leitos de resfriamento, o acompanhamento de material passa a ser manual. Os operadores das cabines de saída dos leitos, desempenadeiras, leitos de inspeção de perfis e trilhos etc informam ao computador todas as mudanças de itens de laminação ocorridas. Na balança de perfis, ou na saída do leito de inspeção de trilhos, existem operadores que identificam o pacote (no caso de perfis) e os trilhos para o computador. A partir destes pontos, o material entra no estoque, onde toda a movimentação de material, até saída para expedição, é informada ao coordenador e atualizada, o que permite saber, a todo instante, a posição de qualquer pacote ou peça no pátio.

#### 4.1.2. Comunicação com os computadores de processo

O coordenador envia a cada um dos computadores a ele ligados todas as informações necessárias ao seu funcionamento, como por exemplo:

. Programa de laminação a utilizar, que consta basicamente do número de passes, referências de régua e parafusos, indicação de tombamento e o fator de alongamento.

. Informação dos comprimentos programados para corte nas serras a quente.

. Dados do material de entrada e do produto a laminar.

As informações geradas durante a laminação — como sucata de peças ou parte delas, comprimento de descarte e comprimentos cortados nas serras, peças curtas, não disponibilidade de equipamentos etc — são passadas, via computadores de processo ou diretamente, ao coordenador, que as arquiva para utilização posterior.

#### 4.1.3. Controle da Empilhadeira Horizontal

O computador coordenador tem arquivados todos os programas de empilhamento necessários a cada produto, em cada comprimento. Para um mesmo produto, é possível o empilhamento "amarrado" ou "não amarrado" e ainda diferentes dimensões de pacotes, conforme figura 8.

De acordo com a solicitação do cliente, o operador da empilhadeira informa ao computador qual o programa a utilizar, ficando atento apenas a pequenos ajustes durante a operação.

#### 4.1.4. Emissão de Relatórios

Baseado em informações colhidas automaticamente ou manualmente, o computador coordenador emite relatórios de produção, rendimentos, de turno e outros, tais como:

. Relatório de Produção por Lote: inclui tempo de aquecimento, sucata na linha, produção horária, rendimentos de corte, etc.

. Relatório de Turno: inclui o número de lotes laminados, causas e tempos de parada, peso e quantidade de peças ou pacotes re-

cusados, produção do turno e outras informações. Neste relatório o supervisor de turno dispõe de um espaço para seus comentários.

#### 4.2. COMPUTADORES DE PROCESSO

São os computadores que operam os laminadores e serras a quente. São ligados diretamente a microprocessadores que, por sua vez, operam os parafusos, régua, basculadores, mesas de rolos, serra móvel e batente.

##### 4.2.1. Controle dos Laminadores LE1, LE2, U1, B1, U2, B2 e B3

Os computadores têm dois sistemas de controle dos laminadores: o total e o do parafuso.

###### a) Controle total:

São realizadas automaticamente as seguintes operações:

- . Posicionamento dos parafusos de aperto.
- . Posicionamento das régua.
- . Centragem automática do bloco/esboço.
- . Desaceleração dos cilindros com parada do material a distância pré-determinada da cadeira.
- . Reversão de mesas de rolos e cilindros.

Se a laminação for efetuada com controle total, o operador apenas acelera os cilindros até a velocidade de laminação e faz o tombamento do bloco/esboço quando necessário.

###### b) Controle do parafuso

Somente os parafusos de aperto são operados automaticamente. É usualmente utilizado em caso de falha no controle total ou por conveniência operacional.

#### 4.2.2. Controle das Serras a Quente

É efetuado pelo computador, com o posicionamento automático do batente e da serra móvel, de modo a otimizar o rendimento de corte, de acordo com:

- . Informações recebidas do computador coordenador, tais como: tipo de corte, comprimento de descarte, etc.
- . Comprimento do laminado medido através dos Detectores de Metal a Quente na saída da cadeira acabadora.

#### 5. CONCLUSÃO

Acreditamos que, a sofisticação dos equipamentos, alto grau de automação, aliados a utilização do processo de laminação universal de trilhos e perfis de abas paralelas, possibilitará a AÇOMINAS oferecer produtos de alto nível de qualidade a preços competitivos, contribuindo para o incremento das ferrovias e da construção metálica no País.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

1. PEREIRA, A. R. e FARIA, J. X. Laminação de Trilhos na AÇOMINAS, 5a. Reunião Técnica do Sub-Comitê Brasileiro de Trilhos, AMV, Fixações e Acessórios (SCB-6-16) da ABNT; Belo Horizonte, junho 1981.

Tabela 1 - Linha de Produção

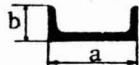
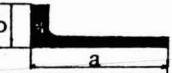
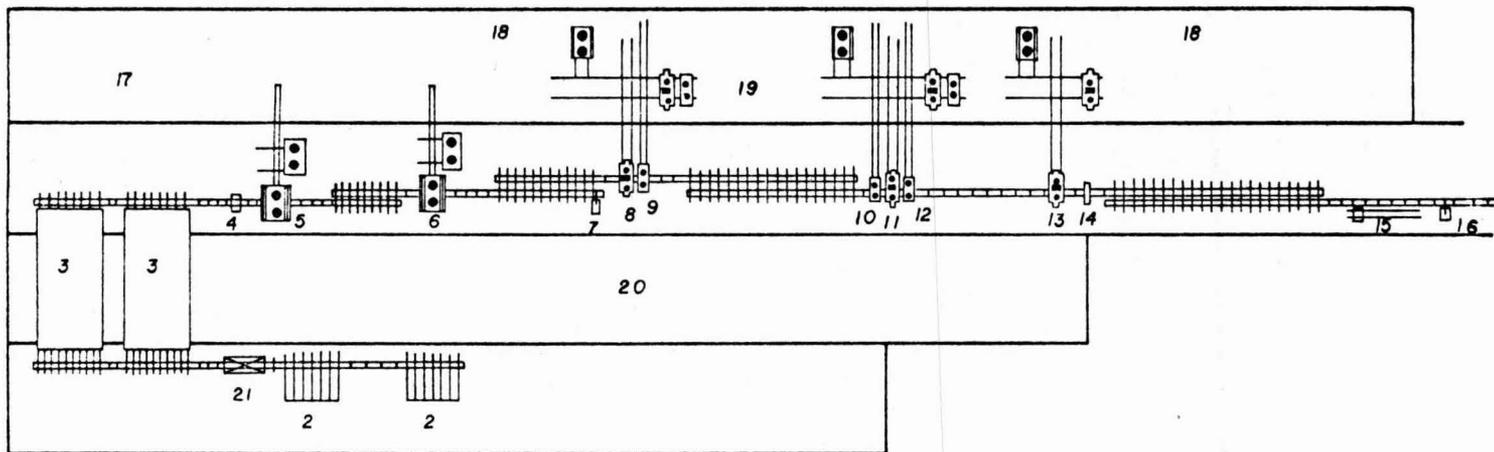
PRODUTO	UNI-DADE	FORMA	DIMENSÕES	
			a	b
Perfis HP	mm		160 a 400	160 a 300
Perfis IP	mm		200 a 600	100 a 220
Perfis U	mm		200 a 400	75 a 110
Cantoneiras de abas e espessuras desiguais (CAED)	mm		200 a 500	90 a 120
Trilhos ferroviários	kg/m		TR 45, TR 50, TR 57 e TR 68	
Trilhos para ponte rolante	kg/m		PR 73 e PR 75	
Estacas-prancha	mm		Até 500 mm de largura	

Tabela 2 - Seções Transversais de Blocos para Perfis

SEÇÃO (mm)	PESO (kg/m)	SEÇÃO (mm x mm)	PESO (kg/m)
275 x 205	440	540 x 470	1970
350 x 265	720	630 x 440	2160
380 x 350	1030	720 x 500	2800
450 x 300	1050	720 x 600	3350

- Figura 1 - Arranjo Geral da Laminação de Perfis Pesados e Tri-  
lhos.
- Figura 2 - Arranjo Geral do Acabamento de Perfis Pesados e Tri-  
lhos.
- Figura 3 - Plano de Passes para Laminação do TR 57.
- Figura 4 - Plano de Passes para a Laminação do Perfil IP de  
400 mm
- Figura 5 - Plano de Passes para a Laminação do Perfil U de  
350 mm.
- Figura 6 - Esquema dos Computadores de Processo.
- Figura 7 - Zonas de Acompanhamento.
- Figura 8 - Possibilidades de Empilhamento para o Perfil HP de  
180 mm em Amarrados de 6,0 t.

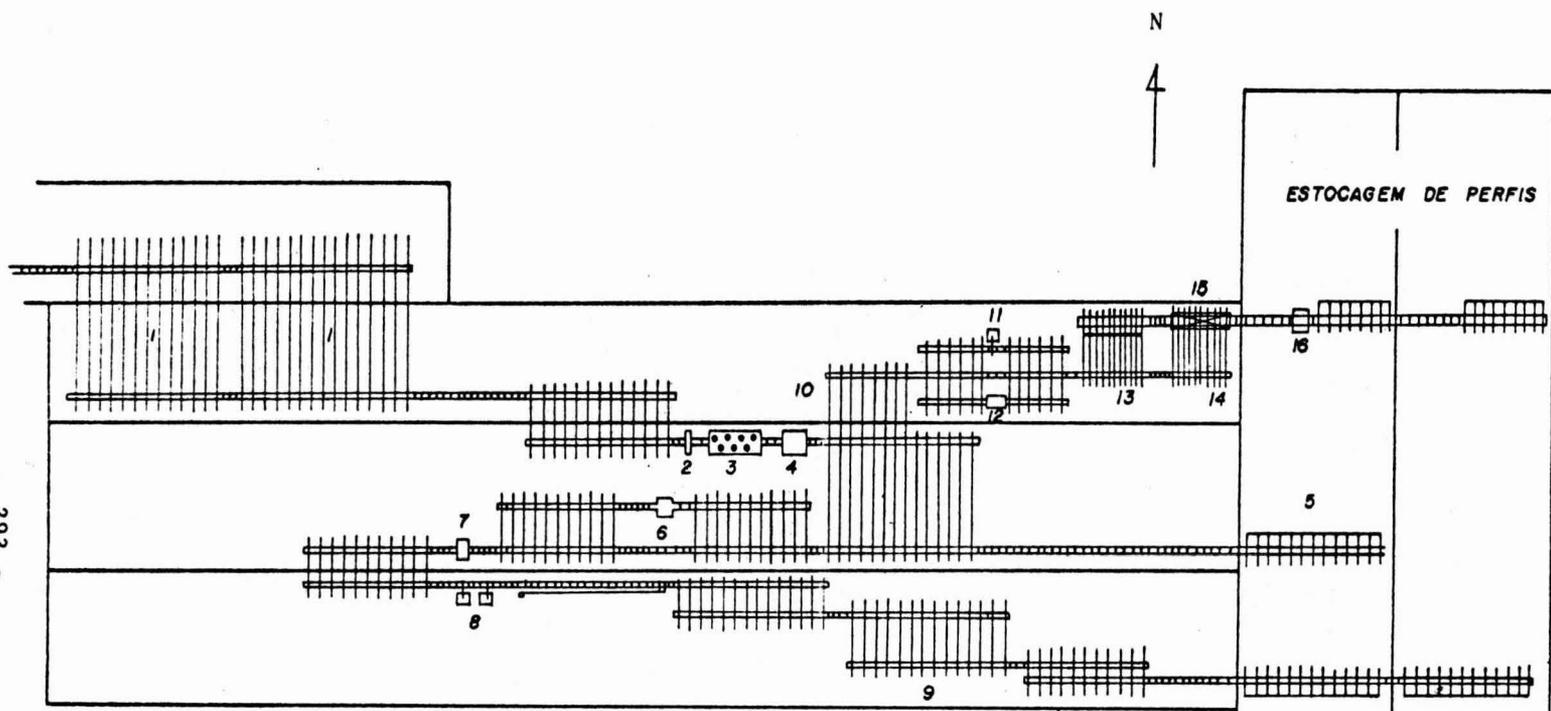


- 1 - Pátio de blocos
- 2 - Mesas de carga
- 3 - Fornos de reaquecimento
- 4 - Descarepador
- 5 - Laminador Esboçador 1 - LE 1
- 6 - Laminador Esboçador 2 - LE 2
- 7 - Serra de pontas
- 8 - Laminador universal 1 - U 1
- 9 - Laminador de borda 1 - B 1
- 10 - Laminador de borda 2 - B 2

- 11 - Laminador universal 2 - U 2
- 12 - Laminador de borda 3 - B 3
- 13 - Laminador acabador - U 3
- 14 - Estampadeira de trilhos
- 15 - Serra móvel
- 16 - Serra fixa
- 17 - Estoque de cilindros
- 18 - Usinagem de cilindros
- 19 - Estoque de guias
- 20 - Sala elétrica

21 - Balança

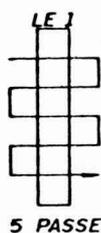
FIGURA - 1



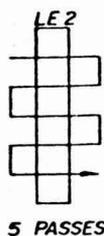
- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1 - Leitos de resfriamento              | 10 - Leito de inspeção de perfis |
| 2 - Virador de trilhos                  | 11 - Serra a frio                |
| 3 - Desempenadeira de rolos horizontais | 12 - Prensa de perfis            |
| 4 - Desempenadeira de rolos verticais   | 13 - Empilhadeira horizontal     |
| 5 - Estocagem intermediária de trilhos  | 14 - Empilhadeira vertical       |
| 6 - Prensa de trilhos                   | 15 - Balança                     |
| 7 - Ultra-som                           | 16 - Máquina de cintar           |
| 8 - Corte e furação                     |                                  |
| 9 - Leito de inspeção final             |                                  |

FIGURA - 2

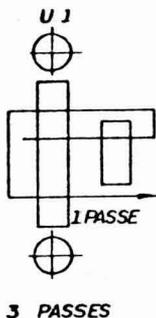
**SEÇÃO DE ENTRADA**  
350 x 265 mm x mm



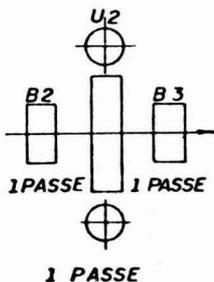
5 PASSES



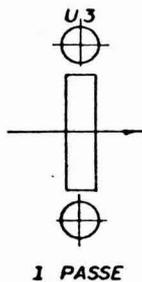
5 PASSES



3 PASSES



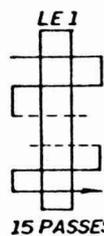
1 PASSE



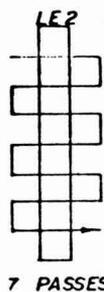
1 PASSE

FIGURA - 3

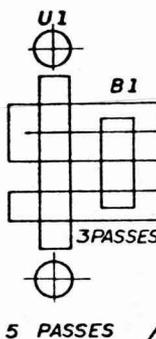
**SEÇÃO DE ENTRADA**  
540 x 470 mm x mm



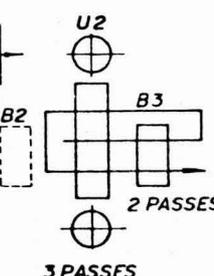
15 PASSES



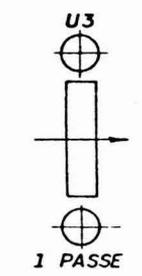
7 PASSES



5 PASSES



3 PASSES

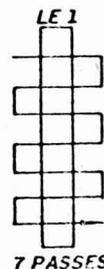


1 PASSE

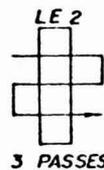
RETIRADA DA LINHA DE LAMINAÇÃO

FIGURA - 4

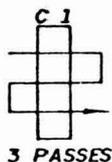
**SEÇÃO DE ENTRADA**  
450 x 300 mm x mm



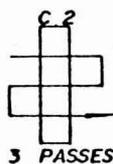
7 PASSES



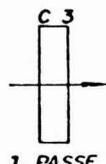
3 PASSES



3 PASSES



3 PASSES



1 PASSE

FIGURA - 5

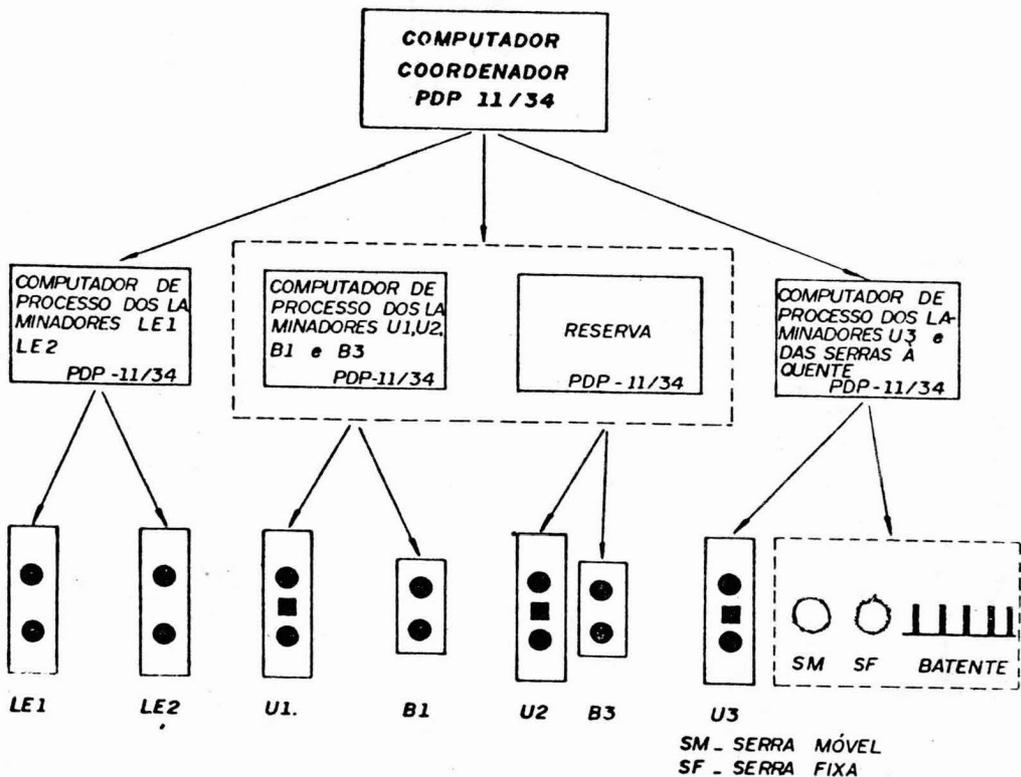


FIGURA - 6

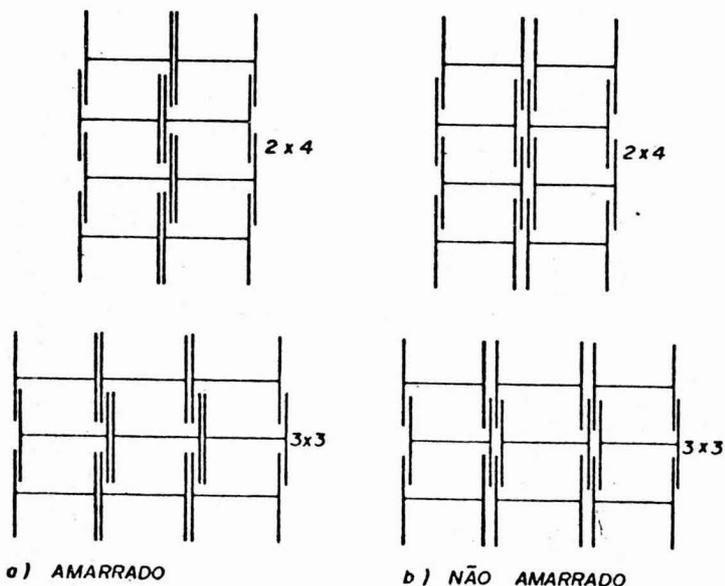


FIGURA - 8

▷ DETECTOR DE METAL QUENTE (DMQ)  
 ▲ FOTOCÉLULA

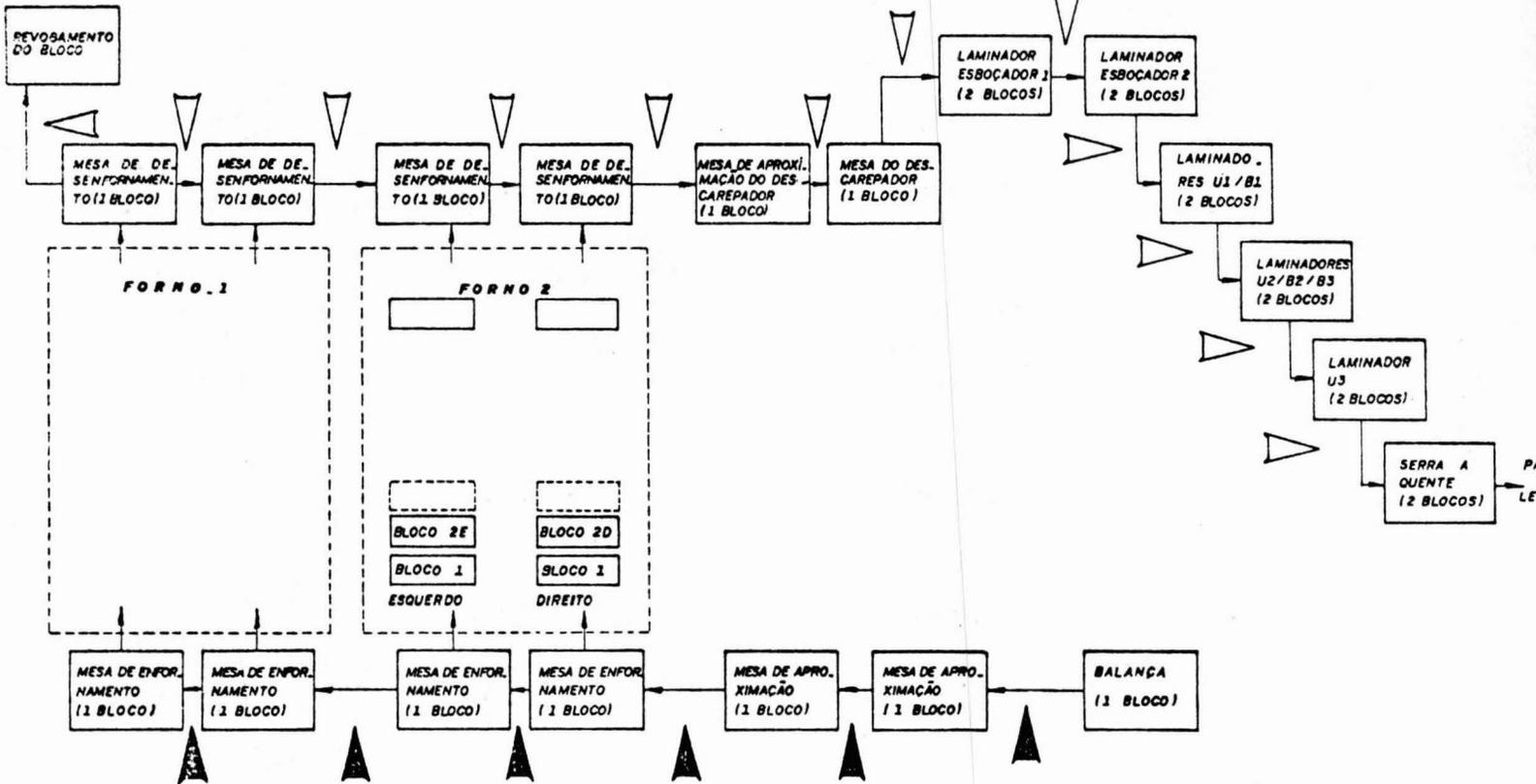


FIGURA - 7