

EVOLUÇÃO DO DESGASTE DO REVESTIMENTO DAS REGIÕES: RAMPA,  
VENTRE, CUBA DO ALTO FORNO II DA COSIPA - 2ª CAMPANHA (1)

José Aparecido Vieira Prado (2)  
João Benedito dos Santos (3)  
José Maria Lopes Neto (4)  
Pedro Mandaj Filho (5)

R E S U M O

A evolução do desgaste no revestimento refratário do Alto Forno nº II da COSIPA (2ª campanha) e as técnicas utilizadas na determinação do perfil, são mostradas neste trabalho, onde faz-se comentários sobre o equipamento, refratários e os fatos decorrentes do desgaste ocorridos nas regiões da rampa, ventre e cuba.

- (1) Contribuição Técnica para ser apresentada no Seminário da COMIN/COMAP - Redução de Minério de Ferro e Matérias Primas, setembro de 1987 - Porto Alegre/RS.
- (2) Técnico de Desenvolvimento da Gerência de Metalurgia de Redução da COSIPA.
- (3) Técnico de Desenvolvimento da Gerência de Metalurgia de Redução da COSIPA.
- (4) Técnico de Metalurgia e Qualidade da Gerência de Metalurgia de Redução da COSIPA.
- (5) Técnico de Desenvolvimento da Gerência de Metalurgia de Redução da COSIPA.

## 1 - INTRODUÇÃO

Os controles existentes para o acompanhamento do desgaste do revestimento refratário do alto forno II (rampa, ventre e cuba) são ferramentas que permitem conhecer os pontos críticos e a velocidade de desgaste, dando condições de prevenir e corrigir as deficiências que possam existir.

O acompanhamento do desgaste do alto forno II é realizado periodicamente, através do rastreamento de fontes radioativas Co60, insetidas em diferentes profundidades e planos do revestimento refratário interno do forno.

Através das informações obtidas dos rastreamentos e dos fatos operacionais ocorridos em período anteriores às medições, elabora-se o perfil onde é determinado a perda do revestimento e as possíveis consequências ao equipamento.

Este trabalho mostra a evolução do desgaste ocorrido nas regiões da rampa, ventre e cuba, mostrando os valores médios da parede no decorrer do tempo e produção da campanha, e a comparação de desgaste entre as regiões mencionadas, sendo que tais resultados vêm ajudando nas determinações dos pontos do forno a iniciar os serviços de manutenção do revestimento refratário interno do forno.

## 2 - ALTO FORNO II (COSIPA)

O alto forno nº II da COSIPA, teve seu blow in em julho/82 com as seguintes características:

VOLUME INTERNO .....	3.180	m <sup>3</sup>
DIÂMETRO DO CADINHO .....	12,4	m
PRODUTIVIDADE .....	1,92	t/m <sup>3</sup> /dia
REGENERADORES .....	4	unid.
FUROS DE GUSA .....	3	unid.
PLACAS REFRIG.: (cuba, ventre, rampa)	1.575	unid.
VENTANEIRAS .....	33	unid.
REFRATÁRIOS DAS REGIÕES:		
CUBA .....(volume = 1.662 m <sup>3</sup> )-	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	>=42%
VENTRE E RAMPAA..(volume = 877 m <sup>3</sup> )-	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	>=68%
VENTANEIRAS .....	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	>=50%
CADINHO .....	carbono	

### 3 - DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE DESGASTE

#### 3.1 - Fontes Radioativas

Na avaliação do perfil do alto forno II é utilizado o método de acompanhamento do desgaste do revestimento através de fontes radioativas. A instalação das fontes deu-se no início do blow in, tendo as seguintes características (1):

- TIPO DAS FONTES INSTALADAS ..... Co 60
- QUANTIDADE DE FONTES INSTALADAS ..... 192
- LOTES DE TRÊS FONTES POR PONTOS CARDEAIS E COLATERAIS INTERCALADAMENTE.
- CADA LOTE DE TRÊS FONTES INSTALADAS EM PROFUNDIDADES DIFERENTES, COMO MOSTRA A FIGURA nº 2.

#### 3.2 - Sondagem

Efetuada conforme norma COSIPA, onde obedece os seguintes critérios (2):

- Medições a cada parada programada no forno.
- Utilizado nos rastreamentos monitor GEIGER ou CINTILADOR.
- Na medição de uma fonte, caso o valor seja menor que 0,01 mr/h (radiação de fundo) a fonte de cobalto não é mais considerada no local de instalação, significando que o desgaste do revestimento atingiu a mesma, que foi levada pelo fluxo descendente da carga do forno.
- Com as informações do rastreamento é elaborado o perfil de desgaste do revestimento.

#### 3.3 - Elaboração do Perfil

Após a queda da primeira fonte das 192 instaladas, iniciou-se o acompanhamento do perfil. O traçado do perfil de desgaste é feito entre a fonte não detectada e a detectada dentro de um mesmo lote de fontes (três), no sentido da face interna do revestimento para a carga, isto para a cada plano e ponto da rampa, ventre e cuba conforme mostra a figura nº 1.

### 4 - PAREDE REFRATÁRIA

No decorrer da 2ª campanha, o alto forno nº II da COSIPA já totalizou mais de 9,2 milhões de toneladas de gusa, sendo que a evolução

do desgaste do revestimento refratário da região da cuba e ventre e rampa em relação a produtividade e ao mesmo tempo de campanha, portou-se da seguinte forma:

#### 4.1 - Velocidade de Desgaste

Nos primeiros meses de campanha, a velocidade de desgaste apresentou-se alta (0,481 mm/mil t), sendo que a partir do 1º milhão de gusa produzido (1983) a velocidade de desgaste começou a diminuir chegando a um patamar de (0,055 mm/mil t). Este período que estendeu-se até fevereiro de 1985.

Apesar dos anos de 1985, 1986 apresentarem um pequeno aumento na média da velocidade de desgaste (ver gráfico 1), neste período, verificou-se uma grande instabilidade sendo observado paralelamente uma perda contínua do revestimento refratário no referido período.

Em 1987 a velocidade de desgaste vem mostrando um índice mais estável, com valores menores que os anos anteriores 85 e 86.

A literatura referente, destaca que o desgaste do revestimento refratário dos fornos é acentuado nos primeiros anos de campanha, com posterior estabilização (3). No caso do alto forno nº II, tal fato pode ser observado de maneira coerente até os 2,5 anos de campanha, a qual já se tinha produzido aproximadamente 5 Mt gusa, sendo que os picos apresentados no decorrer da campanha deram-se em sua maioria ocorrências operacionais significativas que influenciaram em grande parte o aumento do valor da velocidade de desgaste em pontos localizados da rampa e ventre do forno (figura nº 3).

Atualmente o desgaste do revestimento refratário (maio/87) vem apresentando o menor índice desde o início deste acompanhamento, ver na tabela 3.

A evolução da Velocidade de Desgaste (VD) e a produção acumulada podem ser observadas na tabela 3.

#### 4.2 - Perfil de Desgaste (parede média)

Avaliando a parede média do forno nº II a cada ano, verificou-se que o desgaste evoluiu acentuadamente a partir de 1983 e 1984 nas regiões da rampa e seguidamente do ventre, sendo que nos anos seguintes 1985 e 1986 a situação do perfil destas duas regiões passou a ser o contrário, ou seja, o ventre atualmente é a região de maior desgaste sendo que através das figuras 3 e 4 pode-se visualizar os pontos mais

desgastados (Planos 4, 5 e 6). Na região que abrange a cuba inferior, o desgaste acentuado do revestimento teve sua maior incidência a partir de 1985, quando a produção acumulada já estava acima dos 5 Mt de gusa, sendo que em maio/87 o desgaste médio da cuba inferior foi maior que o da rampa do forno.

Em março/87 o desgaste acentuado do revestimento foi mais visível nas regiões do ventre e cuba inferior, sendo notado o surgimento de pontos de deformação na carcaça (trincas, pontos quentes) requisitando-se desta forma, o início da recuperação, e/ou, manutenção do revestimento remanescente. Na determinação dos pontos de recuperação, tomou-se como referências prioritárias as regiões das deformações da carcaça e aquelas que apresentavam menor espessura de parede refratária, informação esta conseguida pelo rastreamento das fontes radioativas.

## 5 - REFRIGERAÇÃO DO REVESTIMENTO REFRATÁRIO DO FORNO

### 5.1 - Placas de Refrigeração

O alto forno nº II, durante esta campanha registrou a sua primeira queima de peça de refrigeração (placas) em janeiro de 1985, período em que o forno apresentou condições térmicas e de processo irregulares, estando com uma produção acumulada de 5 Mt gusa. Outras ocorrências de queima de placas deram-se em novembro/85, março, agosto, setembro/86, sendo que a incidência das queimas na sua maior parte abrangem períodos de aumento do índice velocidade de desgaste do revestimento (ver gráficos 1 e 2).

Em média nesta campanha tivemos até maio/87 0,86 placas queimadas/mês ou 5,6 Placas queimadas/1 Mt gusa como pode ser visto na tabela nº 3.

### 5.2 - Ventaneiras

Excluindo a queima de 1 ventaneira em novembro/82 (acidente operacional), a queima de ventaneira iniciou-se a partir de agosto/83 (2 Mt), atingindo o maior número de queima no ano de 1984, decrescendo em 85. Avaliando a queima de ventaneiras em função dos meses e produção decorridos desta 2ª campanha verificou-se que os anos de 1984/1986 foram os que apresentaram os maiores índices.

O ano de 1987 foi excluído desta avaliação, podendo-se apenas concluir que dentro do mesmo número de meses, a evolução é proporcional ao ano anterior, ver tabela nº 5.

## 6 - FONTES RADIOATIVAS

O levantamento do perfil através das fontes radioativas instaladas no revestimento refratário no início da 2ª campanha, vem permitindo de maneira prática determinar os pontos críticos de desgastes e a evolução do perfil no decorrer do tempo e produção da campanha (figuras 3 e 4).

No período de 1985 (5 a 6,8 Mt gusa), tivemos o maior número de fontes perdidas (ver tabela 1), ocasionando uma acentuada e gradativa redução no perfil refratário no referido período (ver gráfico 1).

Do total de fontes instaladas temos atualmente um remanescente de 38%, que pode ser visualizado em detalhe na tabela nº 2.

Em março /87 o rastreamento das fontes mostrou vários pontos com parede refratária menor que 200 mm de espessura (ver figura nº 4).

## 7 - CONCLUSÃO

A atual campanha do forno nº II já ultrapassou 9,2 Mt gusa, e de mostra no seu perfil de desgaste uma estabilização, sendo que os controles implantados para o seu acompanhamento vem mostrando-se satisfatórios à detecção dos pontos de desgastes.

Até o ano de 1985 a rampa apresentava mais desgaste em relação as outras regiões do revestimento do forno, sendo que a partir de 1986 o ventre passou a apresentar maior desgaste, como pode ser verificado na figura nº 3.

O remanescente do revestimento da cuba, ventre e rampa do forno nº II em maio/87 estava em 39% do original e uma produção acumulada de 9,2 Mt gusa.

A partir dos valores já obtidos da evolução do desgaste, e considerando a mesma performance na velocidade de desgaste, é previsto para uma parede média de aproximadamente 100 mm uma produção acumulada de 13,6 Mt gusa, isto sem a adoção de medidas de caráter preventivo do revestimento. A efetivação das medidas preventivas relacionadas a baixo, como também outras que protejam o revestimento refratário do alto forno nº II da COSIPA, reforçará o aumento da vida útil do equipamento, e com isso aumentará a produtividade da atual campanha.

A injeção de massa refratária nas regiões de maior desgaste deve ser mantida, a fim de proteger o revestimento remanescente.

A substituição de placas de refrigeração queimadas, nas regiões de desgaste acentuado no revestimento, deverá proceder por troca de outras de menor comprimento, para reduzir a queima de placa.

A operação do forno deverá manter a marcha mais estável possível e de menor solicitação do revestimento refratário (de preferência mais central).

#### 8 - BIBLIOGRAFIA

1. Goês, J.J.P.; Pereira, E.M.L.; Prado, J.A.V. - "Avaliação do Desgaste do Refratário do Alto Forno nº II da COSIPA por Meio de Fontes Radioativas" - Trabalho apresentado no 39º Congresso Anual da ABM em Belo Horizonte - 1984.
2. "Determinação do Desgaste do Revestimento do Alto Forno nº II da COSIPA - Norma de Procedimento "COSIPA".
3. Frões W.L.O. - "Refratários para Equipamentos Siderúrgicos" - Curso ministrado pela ABM.

ANO	NÚMEROS DAS FONTES			QUANTIDADE	PRODUÇÃO GUSA x 1000 t
	1	2	3		
82	0	1	3	4	760
83	0	0	6	6	2772
84	0	1	8	9	4866
85	1	23	31	55	6753
86	11	17	5	33	8584
87 maio	5	2	6	13	9179
TOTAL	17	44	59	120	9179

Tabela nº 1 - Fontes Perdidas na Campanha AF. II

PROFUNDIDADE DAS FONTES	QUANTIDADES INSTALADAS	REMANESCENTES	
		QUANTIDADE	(%)
600 mm	64	8	13
400 mm	64	18	28
200 mm	64	46	72
TOTAL	192	72	38

Tabela nº 2 - Fontes Remanescentes no Revestimento do Alto Forno II (maio/87)

A N O	VELOCIDADE DESGASTE mm/mil t	PAREDE MÉDIA mm (DEZ.)	PROD. GUSA x 1000 t	PEÇAS DE REFRIGERAÇÃO QUEIMADAS							
				P L A C A S				VENTANEIRAS			
				a	b	p/Mt	p/mês	a	b	p/Mt	p/mês
82	0,481	716	760	0	0	0	0	2	2	1,3	0,17
83	0,200	706	2772	0	0	0	0	12	14	5,0	0,67
84	0,139	631	4866	0	0	0	0	67	81	16,6	2,23
85	0,144	469	6753	10	10	1,5	0,24	54	135	20,0	1,28
86	0,106	354	8585	37	47	5,5	0,87	64	199	23,2	3,68
87	maio 0,098	328	9179	4	51	5,6	0,87	27	226	24,6	3,83
C A M P A N H A			9179	51		5,6	0,86	226		24,6	3,83

Tabela nº 3 - Queima de Peças de Refrigeração no AF II

Legenda: a = unidade no ano  
b = unidades na campanha

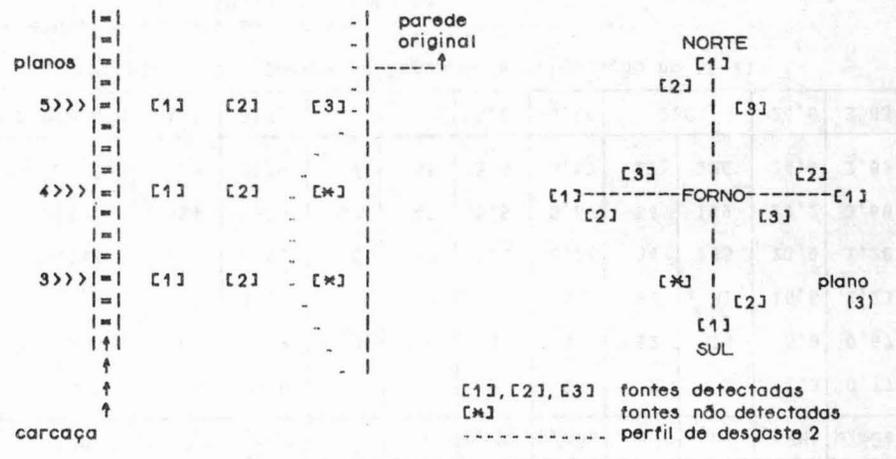


FIGURA 1.0 - PERFIL DE DESGASTE.

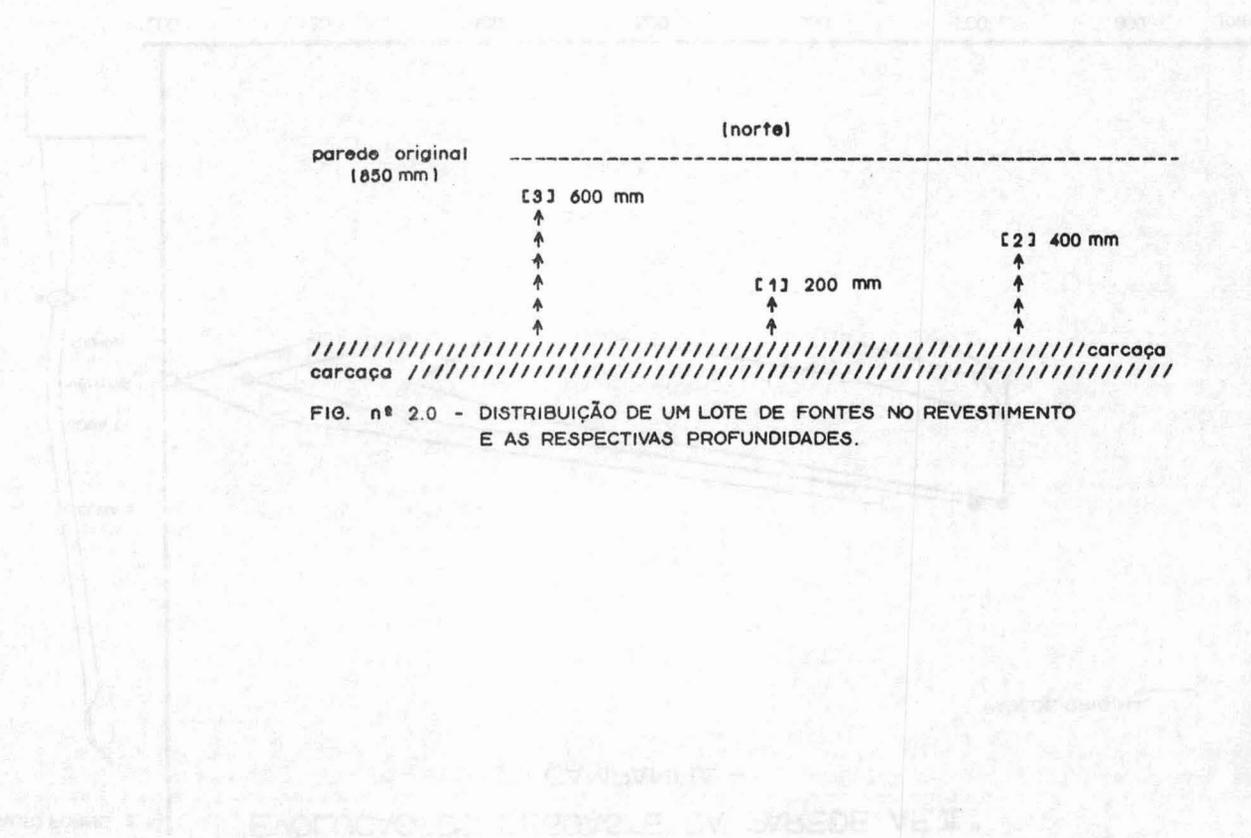


FIG. n° 2.0 - DISTRIBUIÇÃO DE UM LOTE DE FONTES NO REVESTIMENTO E AS RESPECTIVAS PROFUNDIDADES.

ALTO FORNO 2

# "EVOLUÇÃO DO DESGASTE DA PAREDE AF II" - 2ª CAMPANHA -

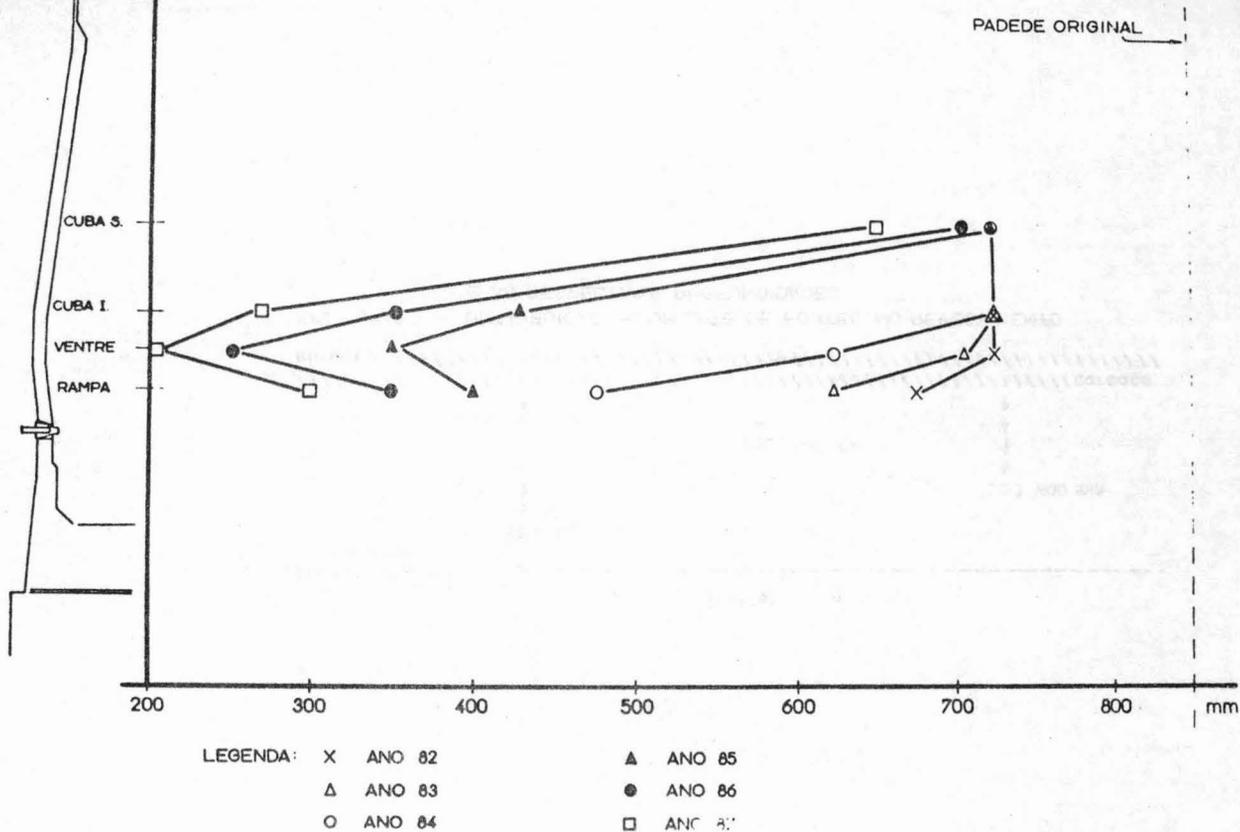


FIGURA 30 - DESGASTE DA PAREDE NA CAMPANHA

MAIO - 87

GMR

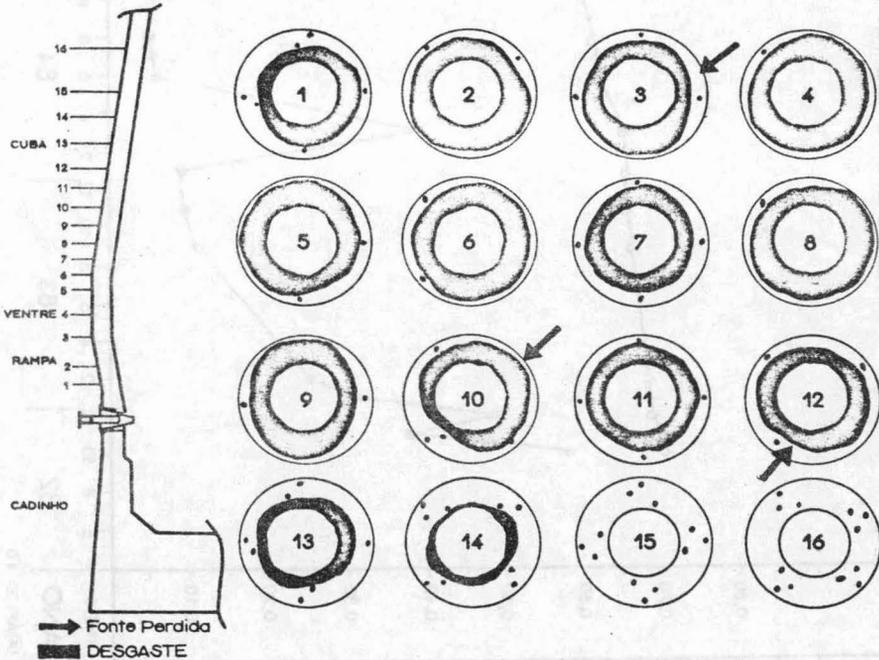
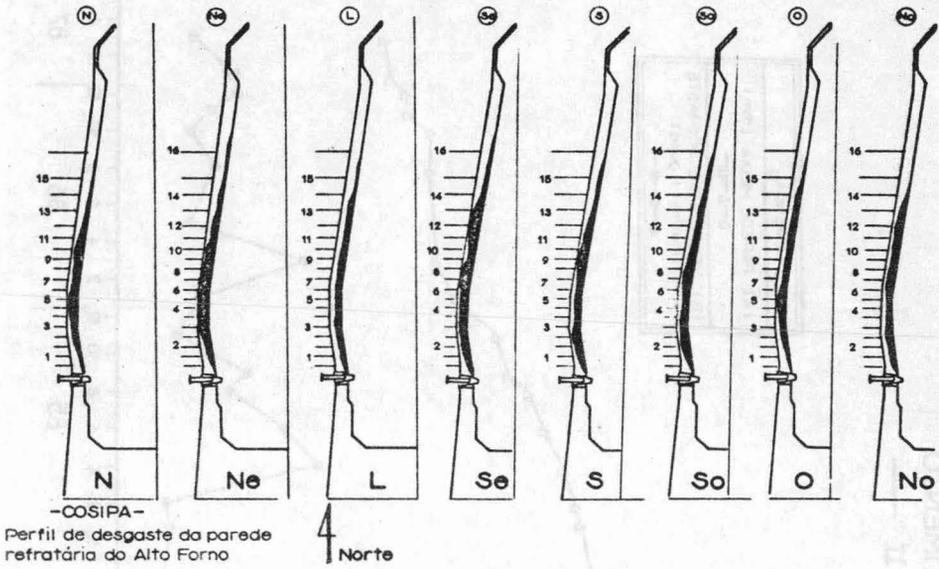


FIGURA 4.0 PERFIL DESGASTE AF.II (maio/87)

DESGASTE DO REVESTIMENTO  
 — REFRAATÁRIO DO A.F. II —

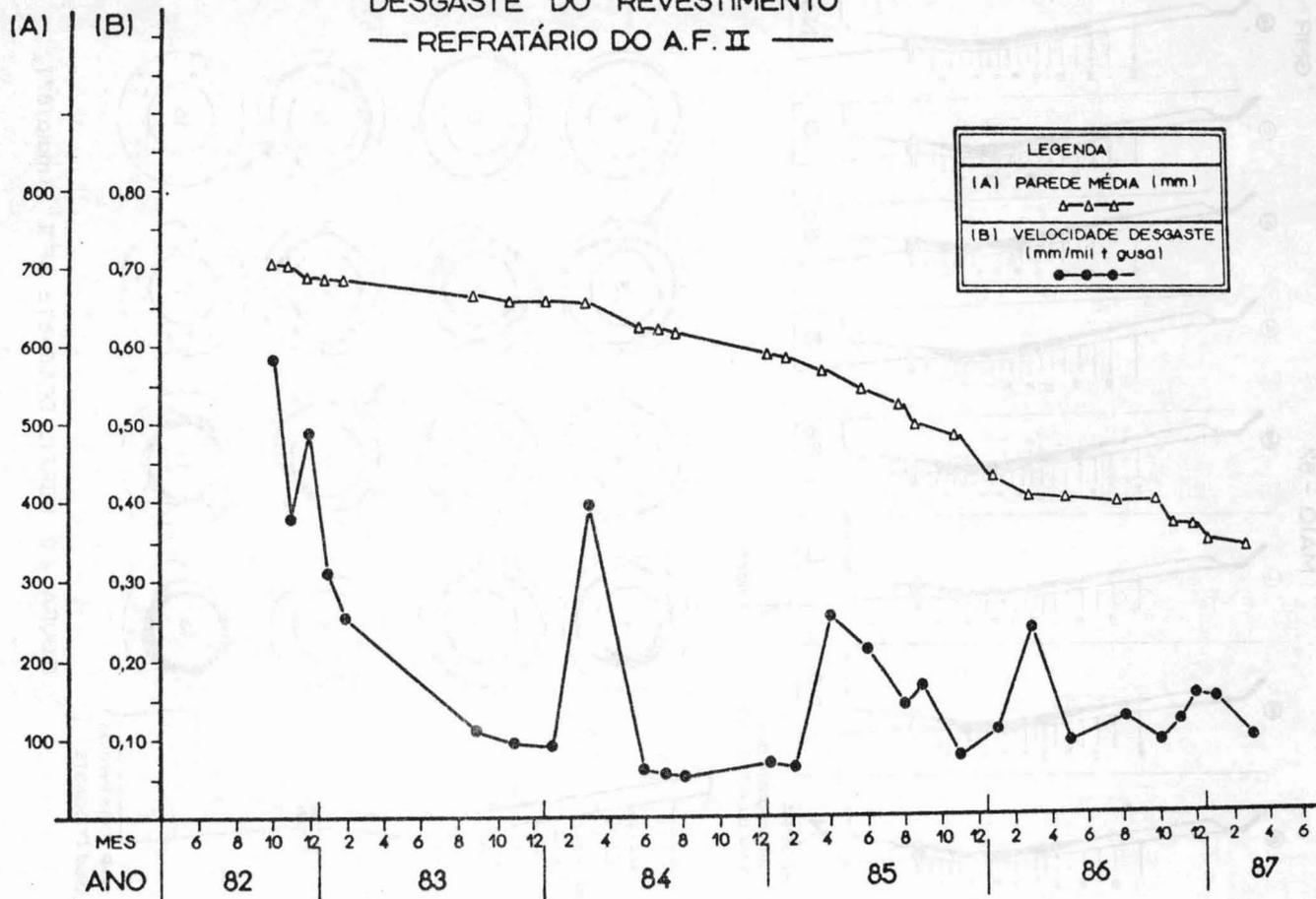


GRÁFICO 10

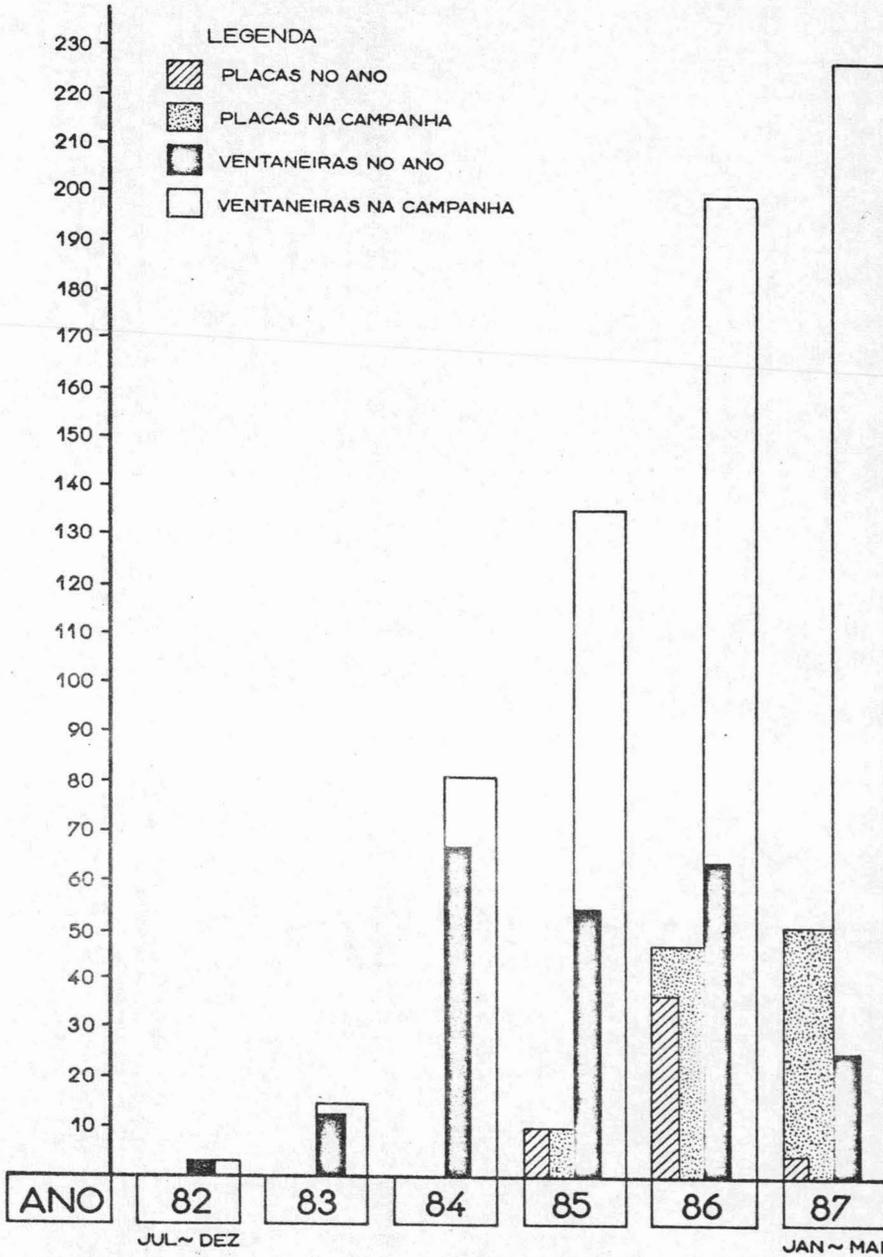


Gráfico 2.0 - PEÇAS REFRIGERAÇÃO QUEIMADAS ALTO FORNOII (2º)

