

PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO FERRO-NÍQUEL NO BRASIL ⁽¹⁾

ERNEST LANGER ⁽²⁾

RESUMO

Após breve introdução resumindo os problemas da produção de ferro-níquel em geral, o autor descreve a nova usina "MORRO DO NIQUEL", fornecendo pormenores sobre a sua localização, história, jazida, calcinação e redução do minério e refinação do metal. Apresenta também dados sobre a produção e o consumo de ferro-níquel nas indústrias siderúrgicas do Brasil. Ventila finalmente a questão de até que ponto o ferro-níquel nacional pôde substituir o níquel puro importado.

1. INTRODUÇÃO

Considerando que mais da metade da produção de níquel no mundo é consumida nas indústrias siderúrgicas, deveria o ferro-níquel há tempos ocupar um lugar importante na produção total de níquel. Mas, ao contrário das outras ferro-ligas, o ferro-níquel somente nos últimos anos ganhou importância; ainda hoje, participa apenas com uma pequena parcela na produção total de níquel. Este fato tem dois motivos principais:

- 1) Aproximadamente 85% da produção mundial são obtidos de jazidas de sulfuretos de níquel, principalmente das jazidas canadenses. Estes minérios de níquel-cobre ligados ao enxofre são tratados segundo o processo conhecido que vai através do matte ao níquel puro. A fabricação do níquel metálico destas associações é relativamente fácil, tornando a fabricação de ferro-ligas obsoleta.
- 2) Outrossim, também por parte dos consumidores existe um desinteresse pelo ferro-níquel, uma vez que as acia-rias, nas condições de mercado livre e de igualdade de preço preferem granulados e cátodos de níquel, em virtude de sua mais fácil manipulação, ao ferro-níquel mesmo de alta concentração.

(1) Contribuição Técnica n.º 531. Apresentada ao XIX Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1964.

(2) Membro da ABM e engenheiro metalurgista da "Morro do Níquel", S.A. Mineração, Indústria e Comércio; Praça da República, 497, São Paulo, SP.

Nessas circunstâncias, a produção de ferro-níquel interessava, pois, apenas aos países possuidores de jazidas de silicatos de níquel, tais como, em primeira linha, a França (Nova Caledônia), o Brasil, os EUA, etc. Nesses minérios de silicatos de níquel, normalmente isentos de enxôfre, o processo mais simples e econômico de industrialização leva ao ferro-níquel. É verdade que êsses minérios podem também ser transformados, com a adição de enxôfre, em níquel-matte e níquel puro. Trata-se de um método ainda largamente empregado em Nova Caledônia. Tal processo, porém, devido à introdução artificial de enxôfre, o qual numa operação subsequente deverá ser removido cuidadosamente, não pode competir economicamente com o método direto. Deve-se ainda considerar que a parte da produção destinada às indústrias de ferro e aço não exige as custosas operações de eliminação do ferro. O ferro constitui nêsse caso, ao contrário, um suplemento muito benvindo.

Em face do acima expôsto, compreende-se que os primeiros ensaios em fundir ferro-níquel diretamente dos silicatos de níquel tenham sido realizados pelos franceses, na Nova Caledônia. Já no ano de 1927 obtinha-se o primeiro ferro-níquel em Yaté, com fôrno elétrico. A produção, no entanto, era assaz pequena, em comparação com a de níquel matte. Sômente depois de 1958, com a instalação de uma usina moderna e de grande porte em Doniambó, alcançou-se uma produção de ferro-níquel numa ordem de grandeza de 10.000 — 15.000 t de níquel contido por ano, exportada sobretudo para as aciarias da Europa. Em 1935 também a Alemanha iniciou a produção de ferro-níquel em Frankenstein, Silésia, e durante a guerra, a Itália fundiu silicatos de níquel oriundos da Grécia. Nos EE.UU. foi construída nos últimos anos uma grande usina para tratamento dos minérios de Riddle, Oregon; produziu em 1959 aproximadamente 46.000 t de ferro-níquel, com mais de 10.000 t de Ni contido.

Melhores informações sôbre a fabricação de ferro-níquel e sôbre as instalações acima mencionadas encontram-se nas obras de Coutagne⁽¹⁾, Berg e Friedensburg⁽²⁾, Durrer e Volkelt⁽³⁾, Cremer⁽⁴⁾, Thurneyssen, Szeniowski e Michel⁽⁵⁾, Coleman e Vedenky⁽⁶⁾.

O fato de tôdas as jazidas importantes de níquel no Brasil pertencerem à classe de silicatos de níquel torna patente a importância econômica da produção nacional de ferro-níquel. Pelo menos uma boa parte do volume total de níquel puro até hoje importado pelas nossas indústrias siderúrgicas poderá ser substituída por ferro-níquel, favorecendo nosso equilíbrio cambial. Eis a razão porque já relativamente cedo, i.e. em 1939, instalou-se o primeiro fôrno elétrico para a fabricação de ferro níquel, em Liberdade, no Estado de Minas Gerais. Importantes trabalhos de

pionerismo devemos aos técnicos desta companhia. Devido à deficiência de capital e de energia elétrica, a produção na fase inicial era pequena e esporádica. A falta de instalações refinadoras limitou a produção a um ferro-níquel em bruto, com teor relativamente elevado de Si e C e, portanto, de aplicação industrial bastante restrita.

É preciso mencionar, porém, que importantes estudos para refinação do ferro-níquel cru de Liberdade, em forno elétrico básico, foram feitos no I.P.T. — São Paulo, pelo Prof. Dr. Tharciso de Souza Santos⁽⁷⁾. O autor julga desnecessário entrar em pormenores, já que essa instalação é conhecida por publicações anteriores. A atual capacidade produtiva de Liberdade é orçada pelo autor em aproximadamente 70 t de Ni contido por ano.

2. A USINA “MORRO DO NÍQUEL”

Sòmente com o início da produção desta usina chegou o Brasil a produzir ferro-níquel em quantidade suficiente para satisfazer integralmente o consumo das nossas indústrias siderúrgicas. Julgamos, assim, conveniente fornecer uma descrição da usina em epígrafe:

2.1 *Localização, História, etc.* — A jazida e a fábrica situam-se no município de Pratápolis, no sudoeste do Estado de Minas



Fig. 1 — Jazida e Usina “Morro do Níquel”

Gerais. Rodovias relativamente boas ligam esta região com os centros industriais de São Paulo, Belo Horizonte e Volta Redonda, sendo que também a Estação de Itaú da Estrada de Ferro Mogiana dista apenas 12 km da jazida. O abastecimento de energia elétrica é excepcionalmente favorável: Peixoto e Furnas encontram-se a apenas 65 km de distância e o “Morro do Níquel” é ligado a ambas as usinas por uma linha de transmissão de 132 kV. Importantes depósitos de cal encontram-se em proximidade imediata, o carvão vegetal é extraído da mata virgem, e o será futuramente das próprias plantações de eucalipto. A jazida é conhecida desde 1929 e fôra descrita por Moraes ⁽⁸⁾ pela primeira vez. Em 1957, a MINERAÇÃO SERTANEJA S/A obteve opção para a jazida, passando a realizar amplos trabalhos de prospecção. Concomitantemente empreenderam-se ensaios metalúrgicos (vide e.o. Souza Santos ⁽⁹⁾). Com base nos resultados positivos foi fundada, em 1960, a “MORRO DO NÍQUEL” S/A, a qual, com a assistência técnica da SOCIÉTÉ LE NICKEL (Nova Caledônia), erigiu nos anos de 1961/2 uma usina moderna, inaugurada em Outubro de 1962.



Fig. 2 — Trabalho de Mineração

2.2. *Minérios* — O “Morro do Níquel” é um depósito superficial de silicatos de níquel formando uma intrusão de serpentinito dentro de rochas metamórficas da “Série de Minas”. O minério é composto de serpentinito niquelífero e inúmeros pequenos veios de garnierita. A análise do minério em bruto (média

de produção de 1963) dá os seguintes valores: Perda ao fogo, 11,9%; Ni, 2,1%; Fe, 6,5%; SiO₂, 43,4% MgO, 30,0%.

A relação SiO₂/MgO em média é 1,4 e constitui fator importante para a obtenção de uma escória flúida. A umidade varia entre 9% no tempo da seca e 30% no tempo das chuvas, sendo a média 15%. O minério apresenta somente traços de S e P, mais ou menos 0,5% Cr, abaixo e 0,002% Cu; 0,3% Co e menos de 1% Mn. Os trabalhos de pesquisa revelaram reservas medidas de 750.000 toneladas de minério com 2,2% Ni e adicionalmente reservas indicadas e inferidas de mais de 4 milhões de toneladas, com um mínimo de 1,75% de Ni. Com uma produção anual média de 55.000 toneladas as reservas medidas serão suficientes para 14 anos. As reservas indicadas e inferidas asseguram a produção por muitos decênios mais, possibilitando além disso uma substancial ampliação da usina no futuro, caso o consumo justifique tal expansão.

2.3. *Calcinação* — A umidade exterior e a água da constituição do minério alcançam uma média de 27%, percentagem esta que aumenta até 42% durante a época das chuvas. A fim de economizar energia elétrica e garantir uma maior uniformidade de marcha do forno elétrico, o minério é secado e calcinado num forno rotativo de 52 metros de comprimento e 2,5 metros de diâmetro. Este forno de fabricação da MECÂNICA PESADA, de Taubaté, sob licença da FIVES LILLE, França, é aquecido com óleo combustível B.P.F., sendo o seu consumo de aproximadamente 65 kg por tonelada de minério seco. O minério calcinado sai do forno com uma temperatura de 800°C e após a adição de carvão vegetal é conduzido por monotrilha em caçamba revestida com refratários, ao forno elétrico.

2.4. *Redução* — A fusão e a redução do minério são feitas em forno elétrico de 4800 kVA, construído e fornecido pela firma ELEKTROKEMISK, Noruega. Além do carvão vegetal não se agrega fundentes ou outras adições ao minério. O forno tem um diâmetro de 8 m e uma altura de 5 m e é equipado com três eletrodos Soederberg com 90 cm de diâmetro. O revestimento é feito com alvenaria de magnesita e a sola tem uma camada de dolomita sinterizada socada. O forno apresenta duas bôcas para a evacuação da escória e uma bôca de 50 cm abaixo das primeiras, para a corrida do metal. Em regime normal de trabalho, o escoamento da escória é feito cada duas horas e o vazamento do metal se faz duas a três vezes por dia, em corridas de 4 a 5 t. A escória é granulada em jato d'água.

A regulagem do processo de redução efetua-se principalmente pela quantidade de carvão vegetal adicionada. Sendo o Ni mais facilmente reduzido do que o Fe, a intenção é obter

ESQUEMA DA USINA MORRO DO NÍQUEL

PRATÁPOLIS

MINAS GERAIS

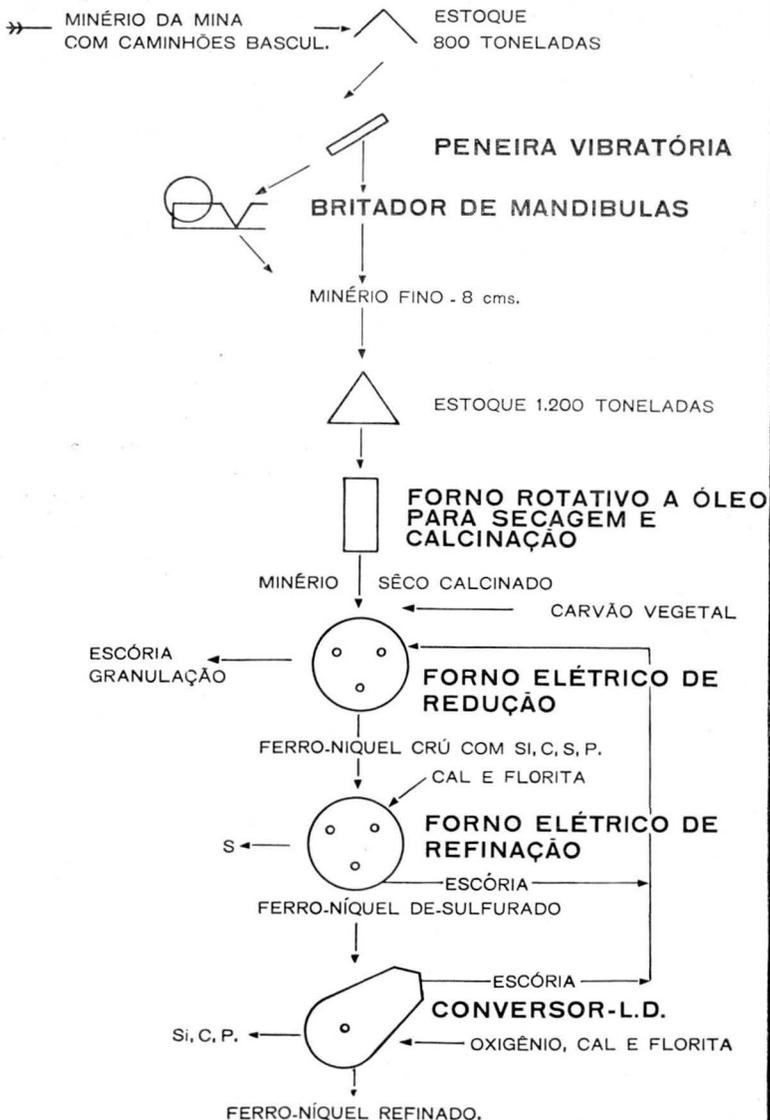


Fig. N^o 3

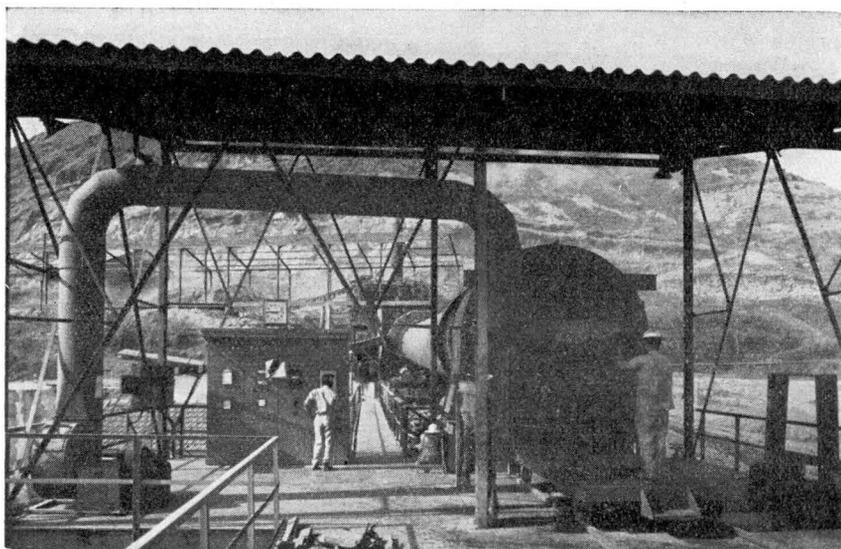


Fig. 4 — Forno rotativo

sòmente uma redução parcial para produzir um ferro-níquel com alto teôr de Ni. Por outro lado, precisa-se de um certo excesso de C sôbre a quantidade teórica para ter uma recuperação satisfatória. Um outro fator importante é o teôr de Si do metal que depende quase exclusivamente da quantidade de C adicionada ao minério. O teôr de C do metal, ao contrário, varia muito pouco com a variação do carbono na carga e fica praticamente sempre ao redor de 1%. Assim podemos resumir a influência do carbono na carga:

Aumento de C — melhora a recuperação; menos Ni na escória; diminui o teôr de Ni no metal; aumenta o teôr de Si no metal; aumenta a fluidez do metal.

Diminuição de C — baixa a recuperação; aumenta o teôr de Ni na escória; aumenta o teôr de Ni no metal; diminui o teôr de Si no metal; diminui a fluidez do metal.

Na prática precisa-se encontrar um denominador comum entre êstes fatores, tomando em conta também o fato de que a refinação do metal com alto teôr de Si é mais cara. A adição média de carvão vegetal é de 35 kg/t de minério sêco. Com esta quantidade a escória tem aproximadamente 0,25% de Ni, o que corresponde a uma recuperação de 88%.

A relação entre a temperatura de fusão e os teores de Si e C no ferro-níquel foi estudada pelo IRSID — França e é dada na figura n.º 6. Esta curva mostra que o ferro-níquel com 1% de C deve ter um mínimo de 2,5% de Si para poder trabalhar com temperaturas razoáveis nas corridas de metal.

A análise média do ferro níquel cru é a seguinte:

Ni 26 — 34%; Si 2 — 3%; C aprox. 1%; S aprox. 0,2%; P aprox. 0,18%; Fe resto.

Este ferro-níquel tem muitas aplicações na indústria siderúrgica, sendo por isto fundido em lingotes de aproximadamente 40 kg e vendido sem refinação. Acompanhando as designações usuais da SOCIÉTÉ LE NICKEL, Nova Caledônia, a MORRO DO NIQUEL S/A, também denominou este produto FN-4.

O gasto de energia elétrica do forno redutor situa-se perto de 680 kWh por tonelada de minério seco e o consumo de pasta para eletrodos é de 6 kg por tonelada de minério seco. A escória por ocasião da evacuação apresenta uma temperatura de 1.500 — 1600°C, determinando-se a fluidez principalmente pela relação SiO_2/MgO no minério. A fluidez máxima corresponde a um valor de $\text{SiO}_2/\text{MgO} = 1,5$. Para assegurar uma marcha uniforme do forno precisa-se manter esta relação a mais constante

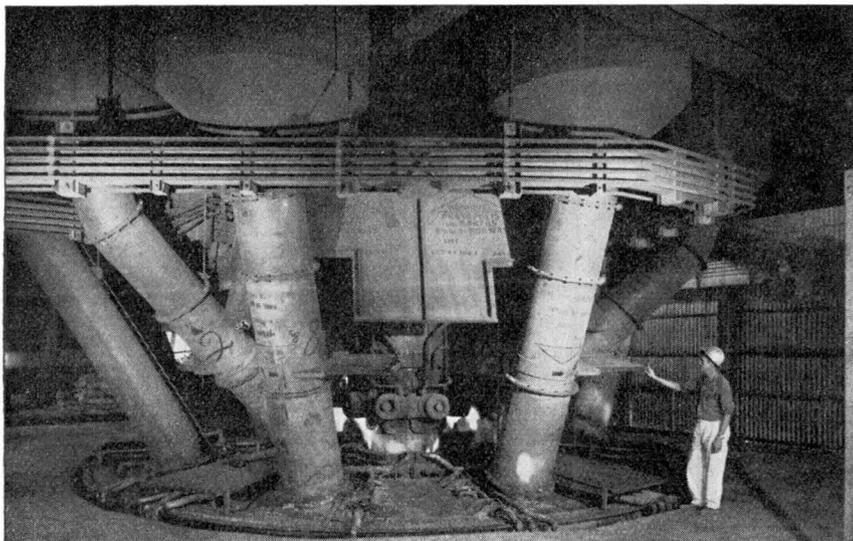


Fig. 5 — Forno de fusão

possível, mediante mistura de minérios de diferentes lugares da jazida.

2.5. Refinação

a) — *Dessulfuração* — O metal líquido destinado à refinação é primeiramente dessulfurado num forno a arco. Este forno de 1200 kVA foi construído pela BROWN BOVERI em São Paulo, com uma capacidade de 4 toneladas, eletródos de 7" de diâmetro e revestimento básico. As paredes são feitas com massa OXIMAG socada, a sola com dolomita calcinada e a abóbada com tijolos de magnesita. De conformidade com o teor de enxôfre no metal cru, fazem-se 6 a 8 escórias, cada vez com a adição de cal e um pouco de fluorita.

O processo integral toma aproximadamente 5 horas, obtendo-se ao fim uma típica escória branca. O teor de enxôfre é

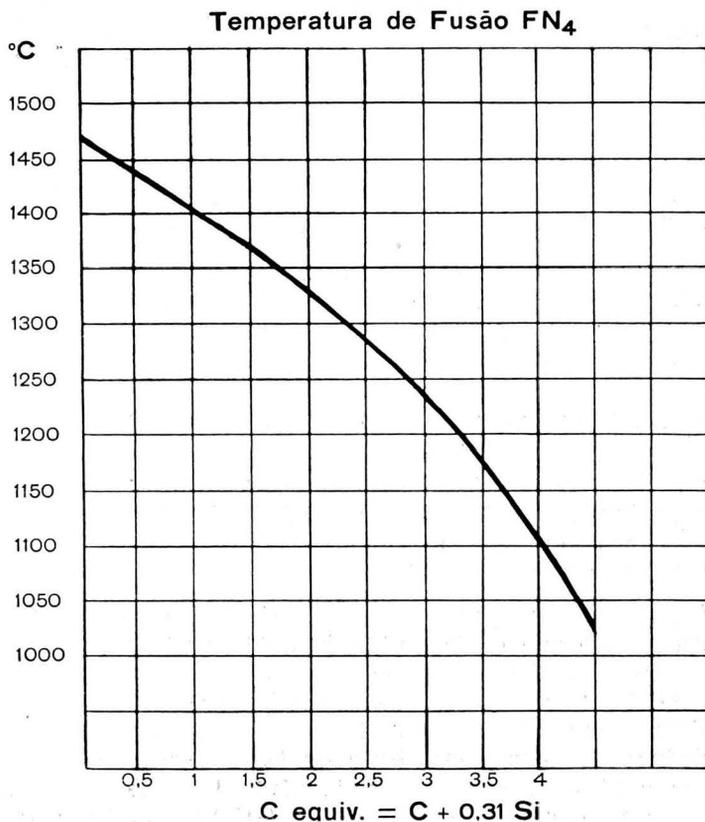


Fig. 6 — Temperatura de fusão do ferro níquel em relação ao teor de C e Si

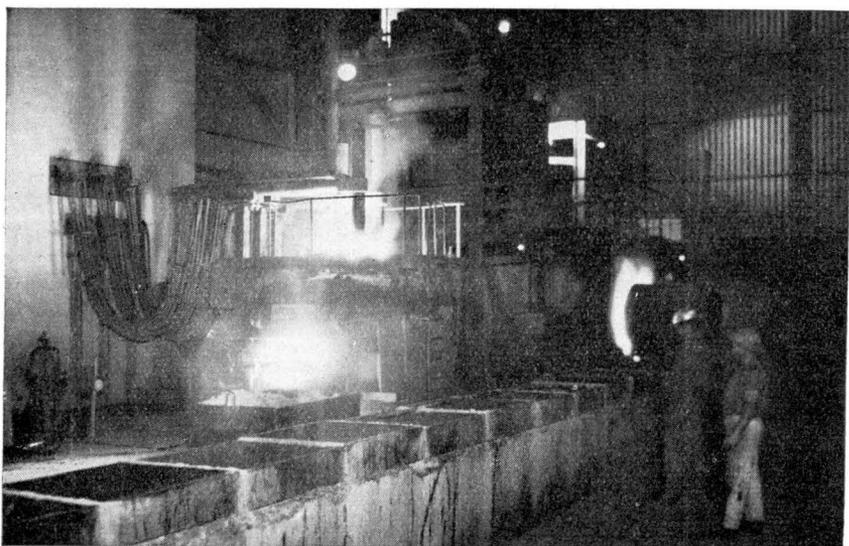


Fig. 7 — Forno de dessulfuração e lingoteiras

controlado por análises contínuas e apresenta no ferro-níquel dessulfurado um máximo de 0,04%; a média, porém, é bem mais baixa, ou seja, mais ou menos 0,025%. Este metal dessulfurado, o qual, com exceção do teor de S, apresenta praticamente uma análise idêntica ao FN-4, poderia teoricamente ser vendido. Até agora, porém, não se encontraram compradores no Brasil, apesar de que sua aplicação deveria ser considerável. Este ferro-níquel é denominado FN-3.

b) — *Oxidação de Si, C e P no conversor LD* — O metal dessulfurado é vazado do forno a arco com uma temperatura de aproximadamente 1550°C e introduzido no conversor. Este tem uma capacidade de 5 toneladas de metal e é também basicamente revestido com alvenaria de magnesita. O oxigênio é fabricado em uma pequena instalação própria.

A primeira fase para a oxidação do Si demora de 15 a 20 minutos, com a adição de 50 kg de CaO por tonelada de metal. O oxigênio é insuflado sob uma pressão de 8 a 10 kg/cm² e uma vazão de 9 m³ por minuto. A segunda fase para a eliminação do C dura mais ou menos 2 minutos, com a mesma pressão e vazão de oxigênio. Nestas operações a ponta da lança de oxigênio se encontra a 20 — 30 cm acima do nível do metal. Termina-se a segunda fase quando a chama característica do óxido de carbono desaparece. Em seguida se evacua a escória basculando o

conversor. Na terceira fase, para a desfosforização, adiciona-se mais 100 kg de CaO por tonelada de metal e um pouco de fluorita, e se reinicia o insuflamento com uma pressão de oxigênio de 6 a 7 kg/cm² e uma vazão de 8 m³ por minuto, por outros 8 a 10 minutos. Nesta fase a posição da lança é mais alta. Depois da terceira fase, evacua-se uma segunda escória e o metal refinado é fundido em lingotes.

Este produto final tem um teor de 34 a 42% de Ni e um máximo de 0,04% de S, Si, C e P. Em média, porém, o metal será bem mais puro, e conterá aproximadamente 0,02% Si; 0,024% C; 0,025% S e 0,02% P, tomando a designação de FN-1.

Em vista das dificuldades experimentadas por alguns consumidores com fornos pequenos na manipulação de lingotes de 30 a 40 kg, particularmente, nos fornos a indução, a "MORRO DO NIQUEL" S/A, desde alguns meses atrás, lançou no mercado também ferro-níquel granulado. A granulação é feita de maneira semelhante à escória, por jato d'água.

2.6. *Produção* — A capacidade de produção da usina é de aproximadamente 1000 t de níquel contido em ferro-níquel por ano. A produção em 1963 foi a seguinte:

1707 t de FN-4 com 30,4% de Ni	= 518,8 t de níquel
1155 t de FN-1 com 36,7% de Ni	= 418,8 t de níquel
2862 t TOTAL com 32,7% de Ni	= 937,6 t de níquel

Deve ser levado em consideração o fato da instalação refinadora ter sido posta em funcionamento somente em Maio de 1963; sua capacidade refinadora é, no entanto, tão grande que permite que a totalidade da produção seja feita em ferro-níquel refinado FN-1.

3. *Aplicação do ferro-níquel:*

3.1. *Uso do ferro-níquel nas aciarias européias* — O problema da utilização do ferro-níquel em lugar do níquel puro na fabricação de aços especiais tem sido examinado minuciosamente pela SOCIÉTÉ LE NICKEL, França, para as aciarias européias. Eis um breve resumo dos resultados: Aços especiais são produzidos, essencialmente, em Forno a arco; Forno Siemens Martin e Forno de indução, e ultimamente também no conversor LD, cuja produção se encontra, porém, ainda em fase experimental, motivo pelo qual deixamos de entrar em detalhes neste particular.

Ad. 1) A parte predominante dos aços especiais é feita no forno a arco básico, sendo assim o maior consumidor de níquel. Segundo seu teor de S e P, os aços produzidos neste forno podem ser divididos em 3 categorias, a saber:

- a) Aços especiais de superior qualidade com menos de 0,01% S e 0,15% P;
- b) Aços especiais de boa qualidade com menos de 0,025% S e 0,025% P;
- c) Aços especiais de qualidade comum com menos de 0,035% S e 0,035% P.

Quantitativamente, 70% correspondem à qualidade (b), 20% à qualidade (c) e somente 10% à qualidade (a).

Para os aços da categoria (a), geralmente com um conteúdo de níquel acima de 2,5% somente ferro-níquel FN-1 pode ser utilizado, ao passo que a categoria (b) permite igualmente o uso do FN-3, em vista destes aços conterem geralmente menos níquel e da adição de S e P através do ferro-níquel ser portanto muito menor. O teor de 1% de carbono é muitas vezes até desejável. Para os aços da categoria (c) recomenda-se o emprêgo de FN-4, por razões econômicas. Uma vez que estes aços contêm, geralmente, menos de 1% de níquel, sua contaminação de S e P pelo ferro-níquel situa-se consideravelmente abaixo dos limites admissíveis.

Ad. 2) Os fornos Siemens Martin destinam-se, em geral, à produção de aços da categoria (b). Este processo, ao inverso do forno a arco básico, é oxidante, i.e., a desfosforização é mais fácil, Si e C não perturbam. Por outro lado, porém, a dessulfuração torna-se mais difícil, razão pela qual se recomenda aqui o FN-3 com menos de 0,04% S.

Ad. 3) Nos fornos a indução, a carga tem a composição idêntica ao aço acabado, i.e., em geral não é descarburada, desfosforizada nem dessulfurada. É evidente que neste caso o ferro-níquel FN-1 seja o material indicado. As dificuldades em fornos pequenos, causadas antigamente pelo tamanho dos lingotes, podem ser contornadas pela utilização de ferro-níquel granulado.

Em todos os casos supra citados, o uso do ferro-níquel é economicamente mais vantajoso do que o níquel puro, já que o cliente recebe para cada quilo de Ni, 2 quilos de ferro gratuitamente. Descontando o valor desse ferro do preço do níquel, obtém-se uma economia de entre US\$ 0,10 e 0,30 por kg de Ni, conforme o grau de pureza do ferro, uma vez que esse ferro, de outra forma, teria que ser adicionado em separado.

Estes estudos, feitos para o mercado europeu, poderiam, em parte, ser aplicados também em nossa indústria nacional de aço.

3.2. *Uso do ferro-níquel na Indústria Brasileira* — Desde o princípio das operações (em Novembro de 1962) até Março de 1964, i.e., num período de 17 meses, a usina "MORRO DO NÍQUEL" forneceu, em cifras redondas, 500 t de Ni em forma de

ferro-níquel à indústria siderúrgica do país. Dêste total, 350 t ou 70%, correspondem ao FN-4 e 150 t ou 30% ao FN-1. Êste consumo dá uma média de 350 t de Ni por ano. Somando ao fornecimento desta usina a produção estimada de Liberdade, temos um consumo total de aproximadamente 400 t de Ni em ferro-níquel por ano no Brasil.

A tabela que segue dá exemplos sôbre a aplicação do ferro-níquel produzido pela MORRO DO NÍQUEL S/A na indústria nacional. Os dados foram gentilmente fornecidos por alguns consumidores e naturalmente não podem ser completos:

Tipo da liga	% Ni	Tipo de ferro-níquel usado
1. Aços para construção mecânica:		
a) Aços-liga para cementação: SAE 8615, 86,20, 9315, 4320 Villares VA-15, VM-20, VB-15, VB-20	0,55-3,25	FN-4
b) Aços liga para beneficiamento: SAE 8615-8660, 4340 Série 48 Villares VB-30 — 60, VM-40, VA-35	0,55-3,50	FN-4
2. Aços para ferramentas:		
a) Aços-liga para trabalho a quente: SAE Série 48, Villares VCO e VMO	1,5-3,5	FN-4
b) Aços-liga para cilindros para laminação		FN-4
3. Aços resistentes à corrosão e ao calor:		
Aços Inoxidáveis:		
a) Aços cromo-níquel: AISI 302, 304, 316, 18 Cr Ni 8 Villares VCF-8, V-302, 304, 316	8,0-12,0	FN-1
AISI 310, 330, Villares 310, 330	21,5-37,0	FN-1 e Ni puro
b) Aços para válvulas: X 80 Cr Ni 20, Villares VV-80 Villares VV-35	1,5 8,0	FN-4 FN-1
4. Ligas para imãs: Tipo ALNICO	14,0	FN-1
5. Ferro Fundido: Ferro fundido especialmente duro e resistente	1,0-4,5	FN-4
	até 18	FN-4 e FN-1

Êstes exemplos demonstram a variedade da aplicação do ferro-níquel na indústria siderúrgica e a possibilidade de substituir o níquel puro por ferro-níquel de diferentes qualidades. O uso de níquel puro na fabricação de aços especiais com alto teor de Ni pode se limitar às correções finais, o que representa sômente uma pequena parcela do consumo total de níquel.

Conclusões:

1. Tôdas as jazidas niquelíferas importantes do Brasil pertencem ao tipo "Nova Caledônia". O beneficiamento mais econômico dêstes minérios leva à produção de ferro-níquel.
2. Existem atualmente duas usinas, MORRO DO NÍQUEL e LIBERDADE, que produzem ferro-níquel com uma capacidade total de 1000 a 1100 t de Ni contido por ano.
3. O consumo de níquel em forma de ferro-níquel no Brasil foi de aproximadamente 400 t no ano de 1963.
4. No ano de 1962 a importação de níquel em bruto foi de 880 t e em 1963 diminuiu para 327 t; isto é, mais da metade da importação foi substituída por ferro-níquel, principalmente produzido pela MORRO DO NÍQUEL S/A.
5. O ferro-níquel já tem uma aplicação bastante variada na indústria siderúrgica nacional e, à medida que o metalurgista se familiariza com êste material, o uso de níquel puro importado pode limitar-se a pequenas quantidades para correções finais na fabricação de aços especiais com alto teor de Ni.
6. A aplicação de ferro-níquel representa uma economia apreciável para o consumidor, tomando em conta que para cada kg de Ni êle receberá 2 kg de ferro gratuitamente.
7. Existe atualmente um excesso de produção de ferro-níquel no Brasil de 500 a 600 t de Ni contido por ano, que precisa ser exportado.
8. É do interêsse da economia nacional empregar na fabricação de aços especiais e outras ferro-ligas contendo Ni, o ferro-níquel de produção nacional, favorecendo assim o equilíbrio cambial.

BIBLIOGRAFIA

1. COUTAGNE, A. — *La Fabrication des Ferro-Alliages*, pg. 347, Librairie J. B. Baillières et Fils, Paris, 1924.
2. BERG UND FRIEDENSBURG, F. — *Die Metallischen Rohstoffe, Heft 6, Nickel und Kobalt*, pg. 18, F. Enke, Stuttgart, 1944.
3. DURRER, R. und VOLKERT, G. — *Die Metallurgie der Ferrolegierungen*, pg. 285, Springer Verlag, Berlin, 1953.
4. CREMER, H. — *Continuous Electric Smelting of Low-Grade Nickel Ores*, U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines Report of Investigations, 5021, Washington, 1954.
5. THURNEYSSSEN, C. G.; SZCENIOWSKI, J. and MICHEL, F. — *Ferro-Nickel Smelting in New Caledonia*, *Journal of Metals*, March 1960, page 202.
6. COLEMAN, E. E. and VEDENSKY, D. N. — *Ferro-Nickel Production in Oregon*, *Journal of Metals*, March 1960, pg. 197.
7. SOUZA SANTOS, T. D. — *Refino Experimental de Gusa Niquelífero em Forno Elétrico Básico* — ABM Boletim da Associação Brasileira de Metais, vol. 15, n.º 55, pg. 333, São Paulo, 1959.
8. MORAIS, L. J. — *Níquel no Brasil* — Depto. Nac. Prod. Min., Bol. n.º 9, Rio de Janeiro, 1935, pg. 119.
9. SOUZA SANTOS, T. D. — *Estudo sobre a Produção de Ferro-níquel a partir de garnierita de Pratápolis, M.G.* — Relatório n.º 2935 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 1.º de setembro de 1959.

DISCUSSÃO

M. A. Moraes (1) — Congratulo-me com o Eng. Ernst Langer e com a «Morro do Níquel S.A.» pelo trabalho, apresentado de maneira bastante precisa em seus dados e informações.

L. Corrêa da Silva (2) — Queria congratular-me com o autor e com a «Morro do Níquel S.A.», pela apresentação do trabalho pelo seu conteúdo e pelo que representa para a indústria nacional; fornece, a nosso ver, a outra coluna necessária para permitir a implantação da indústria de aços inoxidáveis no Brasil, de forma definitiva. Noto que os senhores utilizam o processo da conversão em oxigênio e conversores LD. Para completar a bibliografia que dão no final da contribuição técnica, seria interessante nela incluir um trabalho apresentado pelo Eng. Egberto Franco e por mim, em 1960, na ABM, e realizado em 1959 no IPT, no qual estudamos o refino de gusa níquelífero por oxigênio. Chama-se: «Operação de pequeno conversor LD e sua aplicação ao refino de gusa níquelífero»,* e que contém os fundamentos do processo. Aparentemente o senhor não conhecia o trabalho. Tendo em vista a implantação da in-

(1) Membro da ABM e na presidência da Comissão; Diretor da Fundação Progresso S.A.; São Paulo, SP.

(2) Membro da ABM, professor e Engenheiro Chefe da Divisão de Metalurgia do IPT; São Paulo, SP.

(*) Publicado em ABM-BOLETIM, Vol. 17, p. 45.

dústria de aços inoxidáveis, não vejo, por que está dito no item 7 das conclusões, que existe atualmente um excesso de produção de ferro-níquel no Brasil que precisa ser exportado. Poderíamos acrescentar — «... ou utilizado na indústria nacional». A esse respeito gostaria de citar, apenas para completar a informação relativa a esse problema do níquel, que no IPT realizamos experiências visando dar mais uma utilização ao ferro-níquel. Esse trabalho, apresentado no XVIII Congresso, é de autoria do Eng. Hugo Monteiro de Barros e minha; nêle descrevemos a produção, em quantidades pequenas e em escala experimental, de aço inoxidável 18-8 a partir de gusa níquelífero bruto, não refinado, e de mistura alumínio-térmica com cromita em conversor LD, sem utilização de forno elétrico ou qualquer aparelho.**

V. Lo Ré ⁽³⁾ — Desejo apenas uma informação adicional. A «Morro do Níquel» estudou a possibilidade da obtenção de níquel metálico a partir desse minério?

E. Langer ⁽⁴⁾ — A produção de ferro-níquel é mais fácil; a de níquel puro requer a inversão de capital muito maior, sendo processo mais complexo. Estamos estudando este caso também. Faremos o níquel puro partindo do ferro-níquel, em processo já experimentado pela «Société Le Nickel», da França, mas nunca aplicado industrialmente: baseia-se na eletrólise de ferro-níquel com solução de cloreto de níquel quente. A instalação trabalhou em estágio experimental, mas nunca industrialmente. Outro caminho, é passar pelo «matte» de níquel e depois chegar ao níquel-puro, este é um processo muito custoso porque exige gipsita ou pirita, ou enxôfre puro importado. Esse é o caminho mais viável para a produção de níquel puro, mesmo a partir dos silicatos.

V. Lo Ré — Existem estudos inclusive do IPT, feitos para a produção de níquel a partir do silicato.

E. Langer — Não tinha conhecimento do fato.

M. A. Moraes — Gostaria de propor que a «Morro do Níquel», em colaboração com o IPT, prosseguisse nesses estudos já iniciados, e apresentados em Congressos anteriores com o fim de obter um produto que tenha maior aplicação; embora a exportação seja de interesse para o País, penso que esse material deve ser aplicado aqui, nas indústrias que dêle têm necessidade.

P. Villares ⁽⁵⁾ — Desejava completar a informação sobre o excedente na produção de ferro-níquel do Brasil, em relação ao consumo. Talvez fôsse possível o consumo maior, mas infelizmente é limitada a produção de inoxidáveis ou outros produtos em que se possa utilizar esse ferro-níquel. Pediria ao eng^o. Dalcy Machado, de Aços Villares, para dar um resumo rápido das nossas experiências e explicar de forma mais nítida os casos em que esse ferro-níquel tem sido aplicado.

(3) Membro da ABM e químico da Divisão de Metalurgia do IPT; São Paulo, SP.

(4) Membro da ABM e autor do trabalho da Morro do Níquel S.A. — São Paulo, SP.

(5) Membro da ABM e Engenheiro Chefe do Dep. de Fundição de Aços Villares; São Paulo, SP.

(**) "Obtenção de aços inoxidáveis a partir de gusa níquelífero e cromita por adaptação da técnica L-D". — ABM-Boletim, vol. 20 p. 69.

D. Machado ⁽⁶⁾ — Confirmando o que o Eng^o. Paulo Villares acabou de dizer, tenho a informar o seguinte: em 1962, antes da Companhia «Morro do Níquel» iniciar a produção, estávamos fazendo nossos aços inoxidáveis, e até aços com Níquel, utilizando o ferro níquel da «Liberdade», do qual recebíamos cêrca de 10 t/mês; essa quantidade era insignificante, e éramos obrigados a complementar nossos aços com níquel eletrolítico importado.

Em 1962, a quantidade de níquel puro que constou na produção dos nossos aços, isto é, níquel puro proveniente de material importado, foi da ordem de 175 t; o níquel contido, proveniente do ferro-níquel, que praticamente era todo da «Liberdade», era em tórno de 48 t.

Em outubro de 1962, quando a «Morro do Níquel» começou a produzir ferro-níquel, começamos a receber êsse material como complemento daquele que já vínhamos recendo da «Liberdade». Isso possibilitou que modificássemos a composição das nossas corridas podendo calcular as cargas de outra forma; assim o consumo de níquel puro, que era em 1962 de 175 t passou no ano seguinte para 75 t. Houve uma redução bastante grande e o níquel contido no ferro-níquel, que foi em 1962 de 48 t, passou em 1963 para 160 t. Com isso houve consumo bastante de ferro-níquel tanto da «Liberdade» como da «Morro do Níquel».

Com êsse excesso de produção mencionado pelo Eng. Langer, acredito que o consumo de níquel proveniente de ferro-níquel em 1964 deverá ser ainda maior, porque estamos introduzindo cada vez mais níquel proveniente de ferro-níquel, deixando de lado o níquel puro, a não ser para aços de altíssimo teor de níquel ou cromo, ou a soma dos dois.

M. A. Moraes — Desejava fazer uma pequena observação, não técnica, mas comercial. No trabalho apresentado, os senhores citam como uma das vantagens, o fato de que em cada quilo de níquel o cliente aproveita dois quilos de ferro gratuitamente. Como pequeno consumidor de níquel, acho em face do elevado preço do níquel — êsses dois quilos de ferro de valor bem pequeno. Sendo o Brasil produtor de níquel, precisávamos comprar êste material mais barato do que o importado e não apenas ter como vantagem êsse ganho de dois quilos de ferro.

E. Langer — Poderia dizer que a vantagem não é só a dos dois quilos de ferro, mas sim de evitar a importação e ter de dispôr do dinheiro seis meses ou um ano antes, em vez de comprar o níquel aqui mesmo. A diferença está no financiamento, que tem muito maior influência.

A. Wolff ⁽⁷⁾ — Quero adicionar uma informação sôbre a economia do ferro, com aplicação bem mais variada. Há consumidores de ferro-níquel, que fazem ligas para as quais até há pouco importavam ferro puro tipo ARMCO. Com a aplicação do ferro-níquel, obtêm um material com o mesmo grau de pureza e, desta forma, estão eliminando a importação de ferro puro, o que é de grande economia.

Deniz Valle ⁽⁸⁾ — Gostaria de perguntar ao Eng. Langer a respeito da introdução de enxôfre no fôrno de calcinação. Evidentemente, os senhores usam óleo, e uma parte de enxôfre dêsse óleo vai ficar retida no minério. Talvez o uso de um óleo com menor teor de enxôfre con-

(6) Membro da ABM e engenheiro da Aços Villares S.A.; São Paulo, SP.

(7) Membro representante da Morro do Níquel S.A. na ABM.

(8) Membro da ABM, da Magnesita S.A.

duziria à possibilidade de se fazer no forno elétrico, em lugar de cinco ou seis escórias, duas ou três, com uma economia razoável, principalmente no que se refere ao revestimento, uma redução de refratário e até a possibilidade de eliminação da abóbada básica.

E. Langer — O enxôfre entra no metal somente pelo óleo combustível BPF, com 2,7% de enxôfre, porque nosso minério quase não contém enxôfre. Podíamos usar um óleo tipo Bahia, mas esse tem o grande inconveniente da sua viscosidade, que traz dificuldades nas tubulações. Fizemos experiências com esse óleo da Bahia e conseguimos uma baixa de enxôfre de mais ou menos 0,1 a 0,15. Naturalmente isso ajudaria muito no forno a arco, quanto ao revestimento etc., As companhias de petróleo têm interesse em que as indústrias apliquem esse óleo pesado; para nós, contudo, traz problemas.

M. Rennó Gomes ⁽⁹⁾ — Com relação à pergunta feita pelo Eng. Langer — e seria apenas uma idéia do ponto de vista econômico, se é necessário esse refino da dessulfuração oriunda do óleo que entra na calcinação. A calcinação é econômica na eliminação da água, para não levá-la ao forno elétrico. É mesmo imperativo, sob o ponto de vista econômico, ter o forno de calcinação e acarretar a dessulfuração posterior, ou seria econômico ter só o forno elétrico e depois o refino?

E. Langer — Ai está um ponto muito importante. O trabalho do forno elétrico de redução tem que ser feito com bastante cuidado, pois com a redução total, o teor de níquel no ferro-níquel é bastante baixo. É preciso reduzir o menos possível, fazendo compromisso entre a recuperação e o teor de níquel no produto terminado. Temos uma faixa grande, dependendo do trabalho, como é feito; um pouco mais ou um pouco menos de carbono, leva a essa variação. A mina de Liberdade também tem um pouco mais de ferro no minério e portanto está produzindo ferro-níquel com menor teor de níquel.

M. Rennó Gomes — Essa indicação que o senhor dá, de 88%, com 0,25% de níquel na escória, corresponde ao teor mais baixo de níquel, uns 26% aproximadamente. Para elevar a mais de 30% já a purificação do níquel seria maior e a taxa de recuperação diminuiria bastante.

E. Langer — Exatamente.

M. Rennó Gomes — Da mesma forma que o Dr. Corrêa da Silva, quero congratular-me com o autor pelo interesse que o seu trabalho apresenta para os que se interessam pelo aproveitamento da nossa garnerita, minério economicamente difícil de ser tratado, principalmente quando pensamos em obter o níquel pelo processo já discutido.

M. A. Moraes — O senhor disse que esse material dessulfurado tem pouca aplicação ou não tem encontrado compradores no Brasil; poderia dar esclarecimentos a respeito? Esse material é produzido em grande quantidade, ou só quando solicitado?

E. Langer — Usamos a técnica da «Société Le Nickel», que tem quatro qualidades: FN-1; FN-2; FN-3 e FN-4, que se distinguem pelas impurezas. Aqui vendemos, até hoje, só duas qualidades, o ferro-níquel sem refino e o refinado completamente, que se chama FN-1. Mas seria

(9) Membro da ABM, Professor Catedrático na EEUMG; Belo Horizonte, MG.

perfeitamente viável vender o FN-3, que é certamente dessulfurado com 1,2% de silício, um pouco de carbono e fósforo. Até hoje não encontramos consumidores que se interessassem pelo produto. É a única razão pela qual não podemos fabricá-lo em quantidade desejável.

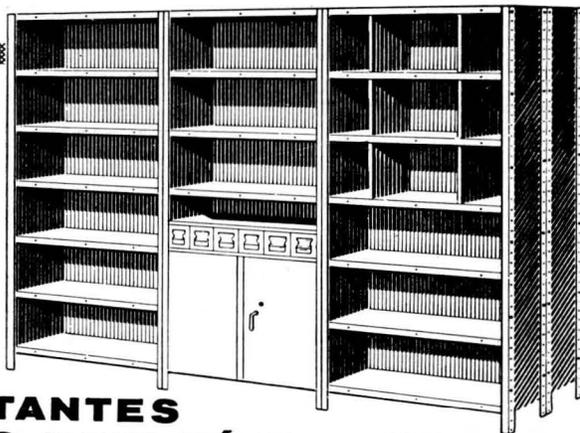
M. A. Moraes — Quais as aplicações que indicaria para esses casos? Ferro fundido ou ligas? Não conheço a composição.

E. Langer — Eles se aplicam em aços feitos em fornos SM e para aços da categoria B. O Eng. Dalcy Machado, da Aços Villares, poderia dizer por que não está interessado em usar o FN-3.

D. Machado — O FN-3 é um tipo apropriado para SM. Aços Villares é uma usina praticamente elétrica. Não temos problemas com enxôfre e quando existem problemas com fósforo ou enxôfre, em vez de usar o FN-4, usamos o FN-1. Esta a razão pela qual a Aços Villares só usa o FN-1 ou FN-4.

Queria ainda aproveitar a oportunidade para tocar num ponto que ainda não foi abordado no trabalho do Eng. Langer. É sobre a quantidade de hidrogênio no níquel puro eletrolítico. Prefiro, para a produção dos nossos aços, aqueles mais sensíveis a flocos, usar o FN-1 ou FN-4, quando é possível, e não usar o níquel puro, justamente devido à quantidade de hidrogênio deste. O ferro-níquel tem muito menos hidrogênio do que o níquel puro; por isso, toda vez que se faz um aço sensível a flocos, não se deve usar o níquel e sim o ferro-níquel.

a maneira mais funcional de
armazenar qualquer produto...



**ESTANTES
DES-MON-TÁ-VEIS**

FIEL



- infinita variedade de combinações
- adaptáveis para qualquer recinto

MÓVEIS DE AÇO FIEL S.A.

RUA XAVIER DE TOLEDO, 157 — Tel. 37-7551

FILIAL RIO DE JANEIRO:

RUA NILO PEÇANHA, 26 - 10.º ANDAR

— Telefones: 32-8120 e 42-8818