

PELOTAS PARCIALMENTE FUNDENTES COM BAIXA SILICA
NA SAMARCO MINERAÇÃO S.A.

JORGE A. MONTES CANO (1)
FLORIANO WENDLING (2)
MIGUEL R. PERTINHEZ (3)
GUALTER M. PEIXOTO (4)

RESUMO

Testes de Pot Grate foram realizados na planta piloto da SAMARCO produzindo-se pelotas contendo SiO₂ entre 2,0% e 2,2% em uma ampla faixa de basicidade para serem usadas como carga de alto forno.

Essas pelotas foram submetidas a testes no laboratório da SAMARCO e em outro laboratório na ALEMANHA para avaliação dos parâmetros de qualidade metalúrgicos. As pelotas na faixa de basicidade binária (CaO : SiO₂) de 0,87 a 0,95 foram as que apresentaram os melhores resultados nos testes de Pot Grate. Baseando-se nesses resultados, essas pelotas estão sendo produzidas rotineiramente em escala industrial confirmando os resultados observados nos ensaios de Laboratório.

ABSTRACT

Pot Grate tests were performed in the pilot plant of SAMARCO producing pellets with SiO₂ content between 2,0 and 2,2% in a wide range of basicities to be used as a feed of the Blast Furnace.

These pellets have been submitted to tests in the laboratory of SAMARCO and other laboratory in GERMANY to evaluate the metallurgical quality. The pellets with a binary basicity (CaO : SiO₂) range from 0,87 to 0,95 have been the ones which showed the best results in the Pot Grate tests. Based on these results, these pellets are being routinely produced in the industrial plant confirming the results observed in the laboratory tests.

- (1) Eng^o de Minas e Metalurgia, Chefe do Dept^o de Controle de Qualidade e Pesquisa da Samarco Mineração S.A.
- (2) Eng^o Químico, Eng^o Nuclear M.S.c., Chefe da Divisão Metalúrgica da Samarco Mineração S.A.
- (3) Bacharel em Química, Supervisor do Laboratório Químico da Samarco Mineração S.A.
- (4) Eng^o Químico, Supervisor do laboratório Físico-Metalúrgico da Samarco Mineração S.A.

INTRODUÇÃO

Desde a entrada em operação da Usina de Pelotização de Ponta Ubū - E.S., a Samarco Mineração S.A. tem produzido pelotas para uso nos processos de redução direta e alto forno sendo que do total de pelotas produzidas 65% são pelotas destinadas ao processo de alto forno. A TABELA I mostra a produção de pelotas para alto forno desde o início de operação da usina de pelotização da Samarco.

Os componentes principais da ganga da pelota: óxido de cálcio, óxido de magnésio, sílica e alumina devem ser dosados em quantidades adequadas para garantir a resistência mecânica da pelota a quente sob as condições de redução do alto forno.

As pelotas produzidas pela Samarco até recentemente possuíam teores de sílica entre 2,5% e 2,7% e uma basicidade binária variável preferencialmente entre 0,80 e 0,85.

Por outro lado, a crescente geração de rejeitos industriais em usinas siderúrgicas motivada pelo aumento contínuo de produção de aço tem levado alguns países a estudarem e colocarem em prática, medidas para a redução do volume de escória gerada no alto forno.

Buscando o objetivo de criar uma alternativa para a diminuição do volume de escória gerada no alto forno, foi desenvolvido o presente trabalho no qual é mostrado que é possível diminuir-se a ganga das pelotas pela diminuição do seu teor de sílica até cerca de 2,0% mantendo inalterados os parâmetros metalúrgicos de qualidade das pelotas.

Para os efeitos de que trata este trabalho, chamaremos as pelotas Samarco com SiO₂ entre 2,5% e 2,7% de pelotas com sílica alta e as pelotas com SiO₂ entre 2,0 e 2,2% de pelotas com sílica baixa. Ambas denominadas parcialmente fundentes pela faixa de variação de basicidades, CaO/SiO₂ de 0,80 a 0,95 durante a produção.

1. TESTES EXPERIMENTAIS EM ESCALA PILOTO

O desenvolvimento dos trabalhos foi iniciado em dezembro de 85 no Laboratório do Pot Grate da Samarco com o fim de obter-se dados preliminares que indicassem a viabilidade do projeto, bem como para formar uma base sólida para a extensão dos estudos a testes em escala industrial de produção de pelotas para alto forno. A FIGURA 1 mostra o desenho esquemático do Pot Grate da Samarco.

Devido a que os testes dependem de várias etapas executadas sequencialmente as quais podem influir nos resultados do teste, alguns critérios para restringir o número de variáveis do processo foram adotados de modo a facilitar a análise dos resultados, conforme explicitado a seguir:

- Usar concentrado de minério de ferro proveniente do mesmo lote em todos os testes e com características físicas e químicas compatíveis com as do concentrado típico usado na planta industrial.
- Utilizar aditivos e aglomerantes das fontes que abastecem a usina normalmente e provenientes de lotes separados para esta finalidade.
- Manter dentro de faixas estreitas as variáveis de pelotamento e queima das pelotas de modo a diminuir sua influência nos parâmetros de qualidade.

Na TABELA 2 são apresentadas as características químicas do concentrado e aditivos utilizados nos testes de laboratório e industrial.

É sabido que a basicidade tem uma influência marcante sobre as propriedades metalúrgicas da pelota a qual já é bastante conhecida para as pelotas produzidas pela Samarco com teor de sílica entre 2,5% e 2,7%.

Embora se esperasse para as pelotas com sílica baixa, um comportamento metalúrgico análogo ao observado nas pelotas com sílica alta produzidas rotineiramente, foi necessário estudar a variação dos parâmetros de qualidade dessas pelotas em uma ampla faixa de basicidades de modo a delimitar com precisão, uma faixa de trabalho que garantisse a manutenção dos dados de qualidade das pelotas no âmbito das variações admissíveis atualmente pelo mercado.

Inúmeros testes de queima foram realizados em escala piloto para amostras com basicidades binárias variando entre 0,80 a 0,95.

Estas amostras após analisadas quimicamente, foram separadas em 05 grupos de basicidades binárias diferentes. Cada um desses grupos de amostra foi quarterado sendo uma parte para testes metalúrgicos no Laboratório da Samarco e a outra para ser avaliada em um Laboratório de Testes Metalúrgicos na Alemanha. Previamente à realização dos testes de avaliação de qualidade das pelotas nos dois Laboratórios foi combinado que os testes seriam realizados conforme os procedimentos ISO para ter-se uma base comum de análise dos resultados.

Após terminados os testes de avaliação da qualidade das pelotas, verificou-se que havia uma concordância muito boa entre os resultados obtidos nos dois Laboratórios conferindo-se assim uma boa confiabilidade aos resultados.

A TABELA 3 é um resumo dos resultados dos testes químicos e físicos realizados no Laboratório da Samarco.

2. PRODUÇÃO EM ESCALA INDUSTRIAL

A análise dos resultados dos testes em escala piloto em conjunto com o cliente, conduziu em primeiro lugar a realização de um teste industrial de produção de pelotas em novembro de 1987 para atender a um carregamento experimental.

TESTE INDUSTRIAL

Para o controle da qualidade das pelotas durante o teste na planta industrial, foi escolhido como representativo da melhor qualidade das pelotas, o intervalo de basicidades binárias entre 0,90 e 0,95 e essa escolha foi feita tomando-se como base o comportamento dos parâmetros de qualidade, inchamento e pressão diferencial (redução sob pressão), os quais conforme pode ser visto na TABELA 3, apresentam os melhores resultados nessa faixa de basicidades binárias.

O teste industrial teve uma duração de 03 dias com uma produção de pelotas de aproximadamente 50.000 tons., realizando-se os ensaios de avaliação da qualidade da produção diariamente, conforme a rotina usual adotada na planta.

Os resultados médios das características químicas e físicas encontram-se na Tabela abaixo:

QUÍMICA	FÍSICA	METALÚRGICO
Fe : 66,38	Compressão (Kg/pel): 310	Inchamento(%): 13,0
SiO ₂ : 2,01	Tamboramento:	LTD:
Al ₂ O ₃ : 1,05	+ 6.3 mm (%) : 94,0	+ 6.3 mm (%): 83,2
CaO : 1,90	- 0.5 mm (%) : 5,0	- 0.5 mm (%): 14,5
MgO : 0,14		△ P (mm H ₂ O): 10
B(2a.): 0,95		Contração (%): 08
		(Dr/Dt) ₄₀ : 1,10

O que se observa de imediato nesses resultados, é que o inchamento e a pressão diferencial (redução sob pressão) apresentam um comportamento parecido com o das pelotas de Laboratório, o que não ocorre com a degradação dinâmica cujos valores (% -0.5mm) são muito superiores aos obtidos em Laboratório.

As pelotas com sílica baixa oriundas deste lote experimental de produção foram submetidas a testes no alto forno exibindo um comportamento metalúrgico satisfatório e que foi considerado equivalente àquele das pelotas com sílica alta. A constatação desse fato conduziu à decisão de produzir-se rotineiramente as pelotas com sílica baixa o que tem sido feito a partir de janeiro de 1989.

PRODUÇÃO INDUSTRIAL

As características químicas e físicas típicas das pelotas parcialmente fundentes com sílica baixa em comparação com as características das pelotas com sílica alta encontram-se na TABELA 4.

Os parâmetros de qualidade metalúrgicos das pelotas com sílica baixa produzidas desde janeiro de 1989 até atualmente, foram analisados em computador sendo a partir daí, obtidos gráficos correlacionando esses parâmetros com a basicidade binária. As FIGURAS 2, 3 e 4 representam esses gráficos nos quais foram também incluídos dados de qualidade de pelotas com sílica alta para fins de comparação.

Essas figuras mostram as faixas de variação real das propriedades estudadas

as quais são consequência de variações ocorridas nos parâmetros de processo ligados principalmente à queima das pelotas.

A FIGURA 2 mostra a variação do LTD (% -0.5mm) em função da basicidade binária, e indica claramente que as pelotas com sílica baixa apresentam uma tendência a um maior espalhamento dos dados em comparação com as pelotas com sílica alta. Além disso, a FIGURA 2 indica que os valores de LTD para as pelotas com sílica baixa são maiores do que os valores para pelotas com sílica alta nas respectivas faixas de basicidades binárias. Em termos práticos isso significa uma maior dificuldade de se controlar o LTD das pelotas com sílica baixa devendo para isso, manter-se a basicidade estritamente no intervalo delimitado, bem como as condições de queima o mais homogêneas possível. Dessa forma fica assegurado que os valores de LTD fiquem dentro dos limites de aceitação do produto.

Nas FIGURAS 3 e 4 apresenta-se a influência da basicidade no inchamento e na pressão diferencial (redução sob pressão) respectivamente.

Nesses dois casos as curvas são decrescentes com o aumento da basicidade tanto para pelotas com sílica baixa como para pelotas com sílica alta o que favorece a melhoria dessas propriedades pelo aumento da basicidade. No entanto qualquer aumento exagerado na basicidade das pelotas em estudo, faz crescer o LTD e portanto, para garantir o controle dessas três propriedades metalúrgicas simultaneamente é necessário manter-se a basicidade em torno de 0,90.

Outro fator de grande importância para assegurar a qualidade das pelotas é conforme já foi dito, a homogeneidade da queima o que tem sido conseguido pela melhoria dos sistemas de adição e mistura, e pela utilização de carvão metalúrgico de mais alto poder calorífico (6.400 Kcal/Kg) no lugar do carvão energético (4.400 Kcal/Kg).

Devido aos fatores mencionados a queima tem sido mais homogênea o que tem proporcionado um consumo de energia mais baixo pelo melhor aproveitamento do calor contido no leito de pelotas.

A Tabela a seguir, indica a evolução do consumo de energia para pelotas de alto forno nos dois últimos anos, sendo que em 1988 os valores referem-se a operação com utilização de carvão energético.

ANO	CONSUMO				CONSUMO TOTAL DE
	ÓLEO		CARVÃO		ENERGIA
	Kg/ton.	Mcal/ton.	Kg/ton.	Mcal/ton.	Mcal/ton.
1988	16,3	153,50	17,2	94,10	247,60
1989	13,5	126,90	15,3	97,70	224,60

NOTA:

Para o ano de 1989 os valores são acumulados até o mês de setembro.

Além disso, desde que o carvão metalúrgico tem baixo conteúdo de cinzas (menor sílica) ele é adequado para a produção das pelotas de sílica baixa sem que seja necessário fazer-se modificações na especificação do concentrado produzido normalmente pela planta de concentração.

3. CONCLUSÃO

- Pelotas Samarco parcialmente fundentes para alto forno com sílica baixa (entre 2,0% e 2,2%) podem ser produzidas com qualidade metalúrgica equivalente às das pelotas Samarco convencionais com sílica mais alta com a vantagem de obter-se maior porcentagem de Fe na pelota.

- A fração -0.5mm do LTD das pelotas de sílica baixa (entre 2,0% e 2,2%) é mais sensível à variações na basicidade binária exigindo um controle mais rígido para garantir a qualidade das pelotas.

/igs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) KORTMANN, H.A. Requirements and Quality Parameters of Fluxed Iron Ore Pellets used in Federal Republic of Germany. AIME, February 1989
- (2) OJA, K, G Self Fluxed Pellets - The Cleveland Cliffs Iron, July 1988
- (3) Relatórios de Pesquisa e Informações Operacionais Internos da SAMARCO MINERAÇÃO S.A. - 1985 a 1989
- (4) Desenvolvimento na Qualidade das Pelotas SEMI-FUNDENTES para alto-forno, ABM - Setembro, 1989

TABELA 1 - PELOTAS PRODUZIDAS PARA ALTO FORNO

<u>ANO</u>	<u>T M S</u>
1977-78	2.663.100
1979	2.823.010
1980	3.032.480
1981	2.119.410
1982	2.174.230
1983	1.419.780
1984	3.306.300
1985	2.102.500
1986	1.996.620
1987	3.186.780
1988	3.465.517
1989 *	3.600.000
<hr/>	
TOTAL.....	31.889.725

(*) PLANEJADO

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO CONCENTRADO E ADITIVOS

<u>PRODUTO</u>	<u>TEORES (%)</u>								
	<u>FE</u>	<u>SiO2</u>	<u>AL2O3</u>	<u>CAO</u>	<u>MgO</u>	<u>PPC</u>	<u>CARBONO FIXO</u>	<u>VOLÁTEIS</u>	<u>CINZAS</u>
CONCENTRADO	67,30	1,77	0,73	0,07	0,03	1,11	-	-	-
BENTONITA	5,00	56,15	19,90	0,93	2,56	7,80	-	-	-
CAL HIDRATADA	-	2,00	-	65,50	4,51	26,18	-	-	-
CARVÃO METALÚRGICO	-	6,20	3,90	0,12	0,04	-	71,70	17,00	11,00
CARVÃO ENERGÉTICO	-	25,40	12,10	0,30	0,20	-	40,20	18,50	41,30

TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DAS PELOTAS DE POT GRATE

		PROPRIEDADES QUÍMICAS				
<u>CAO / SiO2</u>		<u>0,80</u>	<u>0,84</u>	<u>0,87</u>	<u>0,90</u>	<u>0,95</u>
FE	(%)	66,30	66,27	66,18	66,15	66,10
SiO2	(%)	2,08	2,01	2,12	2,09	2,06
AL2O3	(%)	1,25	1,20	1,21	1,23	1,25
CAO	(%)	1,66	1,70	1,85	1,89	1,95
MgO	(%)	0,16	0,19	0,19	0,16	0,15
		PROPRIEDADES METALÚRGICAS				
INCHAMENTO	(%)	25,1	14,3	13,8	9,2	6,9
L.T.D.						
+ 6,3 MM	(%)	94,1	92,9	93,3	92,4	93,7
- 0,5 MM	(%)	5,6	6,0	5,3	5,8	6,2
△ P	(MM H2O)	62	10	12	07	03
CONTRAÇÃO	(%)	13	13	11	09	10
$(\frac{DR}{DT})_{40}$	(%/MIN)	1,10	1,13	1,15	1,19	1,19

TABELA 4 - CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DAS PELOTAS COM SÍLICA ALTA E COM SÍLICA BAIXA

<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PELOTAS COM SÍLICA BAIXA</u>	<u>PELOTAS COM SÍLICA ALTA</u>
FE	66,13	65,60
FE0	0,22	0,25
SI02	2,10	2,60
AL2O3	1,00	1,00
CA0	1,92	2,10
Mg0	0,15	0,20
P	0,03	0,03
NA2O	0,02	0,02
K2O	0,02	0,02
CA0/SI02	0,91	0,81
COMPRESSÃO (KG/PEL.)	300	310
TAMBORAMENTO:		
+ 6,3 MM (%)	94,0	94,0
- 0,5 MM (%)	5,0	5,0
INCHAMENTO (%)	11,0	16,5
L.T.D.:		
+ 6,3 MM (%)	80,0	83,0
- 0,5 MM (%)	13,0	10,5
ΔP (MM H2O)	7,0	10,0
CONTRAÇÃO (%)	9,0	9,0
$(\frac{DR}{DT})_{40}$ (%/MIN.)	1,10	1,10

LEGENDA:

Ti - TERMOPAR

Gi - VÁLVULAS DIRECIONAIS DE FLUXO

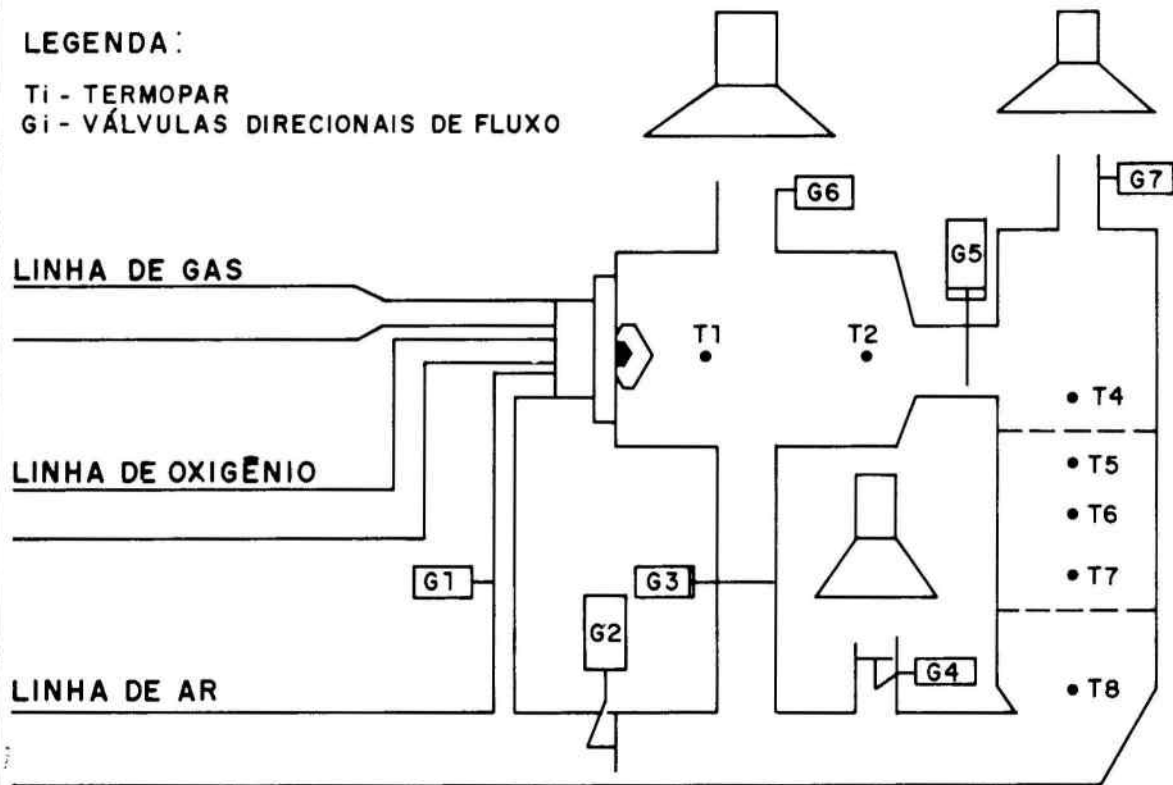


FIGURA 1 - DESENHO ESQUEMÁTICO DO POT GRATE

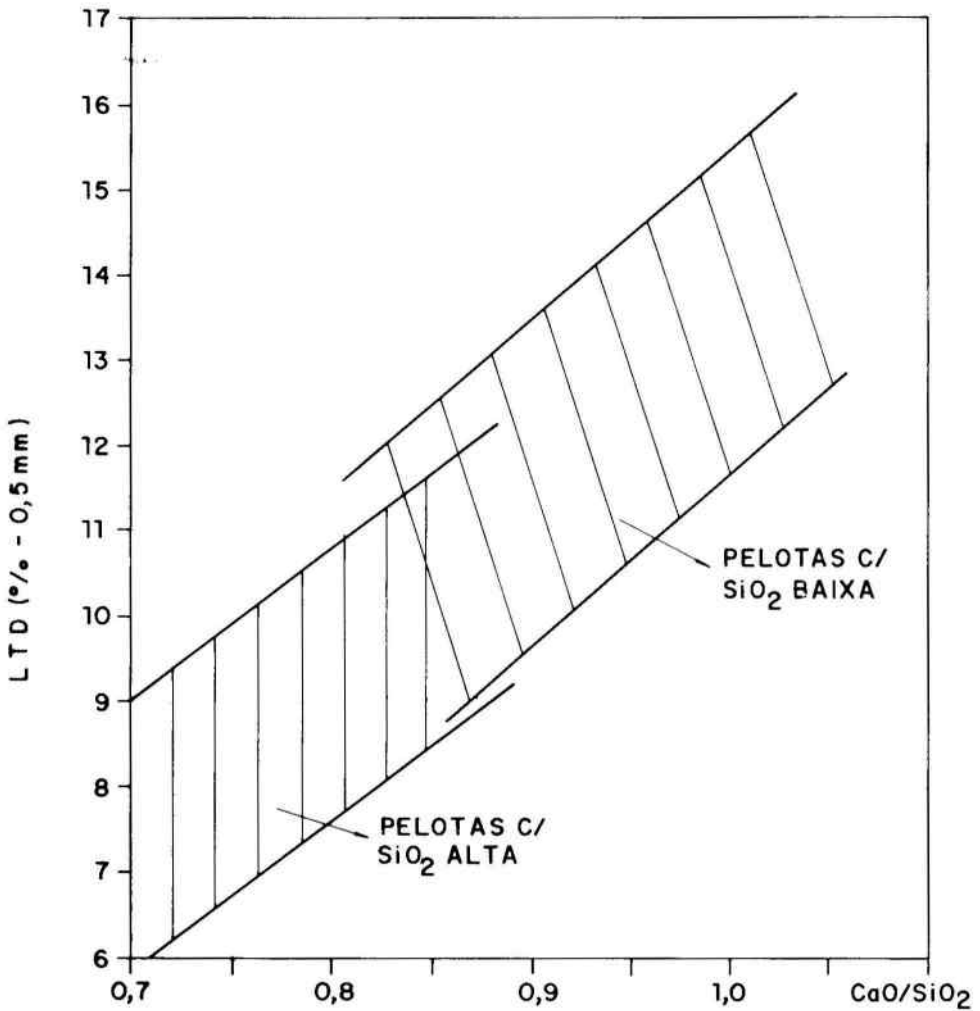


FIGURA 2 - INFLUÊNCIA DA BASICIDADE BINÁRIA SOBRE A DEGRADAÇÃO DINÂMICA DAS PELOTAS

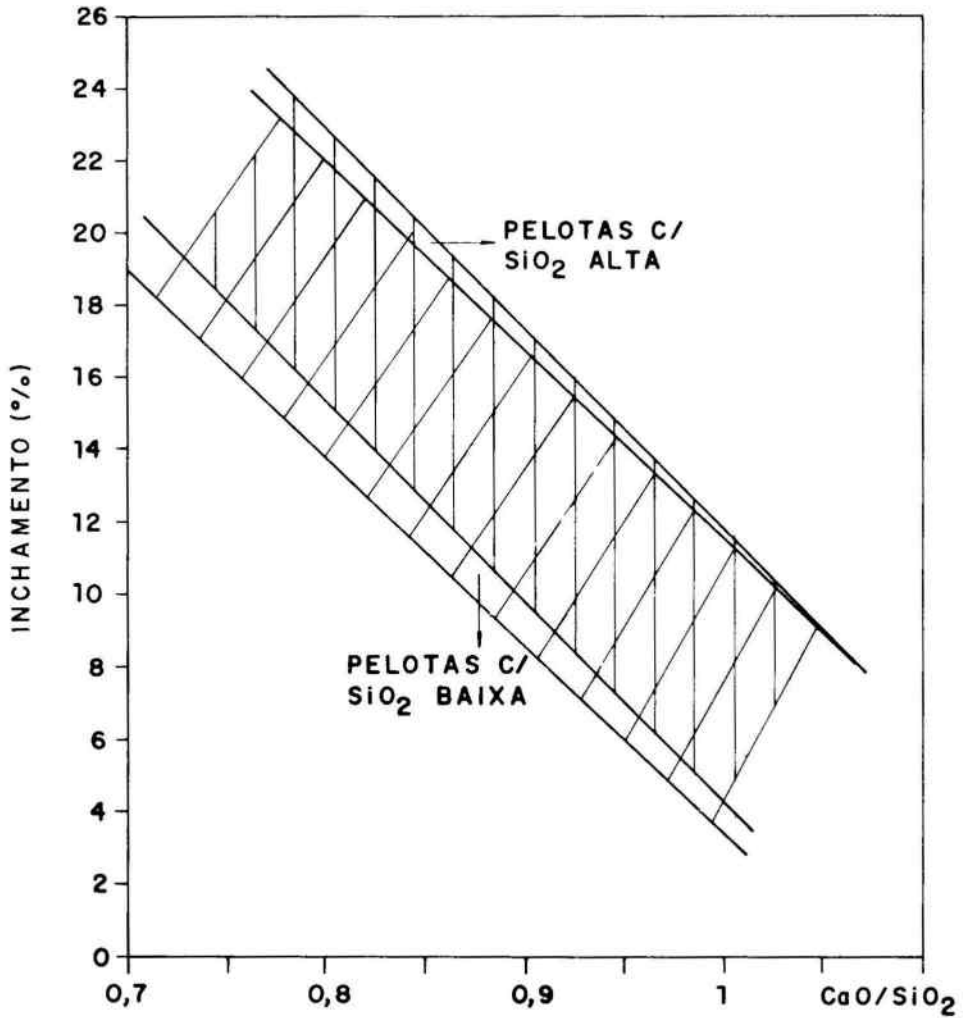


FIGURA 3 - INFLUÊNCIA DA BASICIDADE BINÁRIA SOBRE O INCHAMENTO DAS PELOTAS

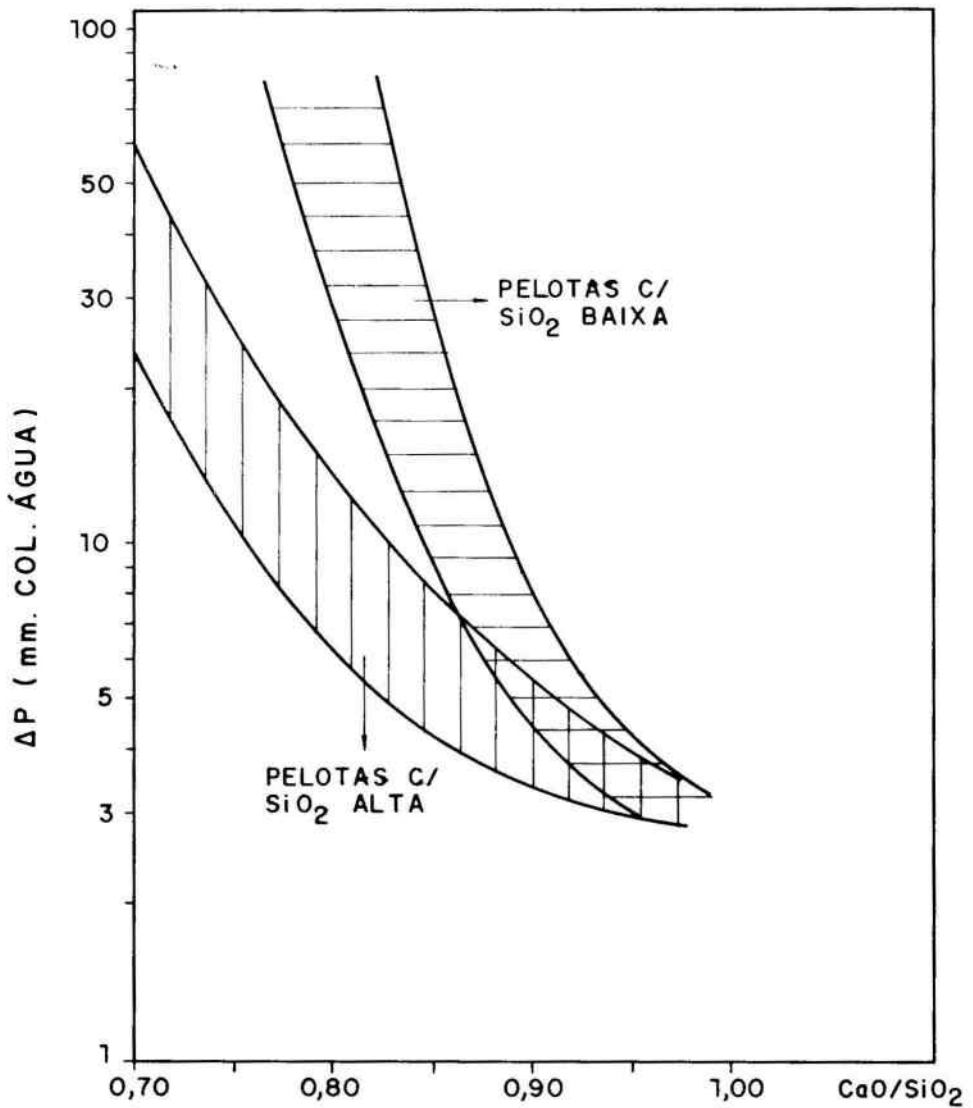


FIGURA 4 - INFLUÊNCIA DA BASICIDADE BINÁRIA SOBRE A PRESSÃO DIFERENCIAL DAS PELOTAS