

UTILIZAÇÃO DA DOLOMITA COMO FONTE EXCLUSIVA DE MgO NAS SINTERIZAÇÕES DA USIMINAS¹

*Luís Augusto Marconi Scudeller²
Braulio Viegas da Silva³
Edílson Pinto Honorato⁴
Ulisses Tett⁵*

Resumo

O minério de ferro tem sofrido grande deterioração de sua qualidade química e granulométrica. Quimicamente, o aumento do teor de sílica tem sido de grande importância, causando problemas operacionais aos altos-fornos, devido ao aumento do volume de escória neste reator. Visando diminuir a quantidade de escória o serpentinito foi substituído integralmente pela dolomita, como fonte de MgO, diminuindo, assim, a entrada de sílica na mistura a sinterizar. Desta forma, foram fabricados, em escala piloto, dois sínteres tendo o primeiro o serpentinito e a dolomita, e o segundo unicamente a dolomita. Os dois sínteres foram analisados quanto aos seus parâmetros de produção, características físicas e químicas. Os resultados mostraram eficácia não somente na diminuição do teor de sílica do sínter, como também na manutenção e/ou melhora dos parâmetros de produção, e de suas propriedades mecânicas e metalúrgicas. Os resultados do teste piloto foram confirmados industrialmente. Hoje a dolomita utilizada como fonte exclusiva de MgO nas sinterizações das Usinas de Cubatão e de Ipatinga da Usiminas, sem prejuízos para as condições operacionais da máquinas de sinterização, nem da qualidade do sínter.

Palavras-chave: Sinterização; MgO; Dolomita; Serpentinito.

USE OF DOLOMITE AS WHOLE MgO SOURCE AT USIMINAS SINTER PLANT

Abstract

The iron ores has had great deterioration in its size distribution and chemical quality. The chemical changes has been mainly in terms of increase of silica content that causes blast furnaces operational problems, because of the growth in slag content inside it. To reduce the slag rate into the blast furnace the serpentinite were totally replaced by dolomite, as a MgO source, in the sinter. The dolomite performance were tested in a sinter pilot machine, firstly using serpentinite and dolomite and after only dolomite. Both sinters were analysed in its production parameters and chemicals, physicals and metallurgical characteristics. The second experimental sinter showed lower silica than the first one, also good performance of the machine and good characteristics of the sinter. After the pilot tests, sinter without serpentinite were produced in Cubatão and Ipatinga Usiminas's industrial plant with performance similar to the pilot plant.

Key words: Sintering; MgO; Dolomite; Serpentinite.

¹ *Contribuição técnica ao 39º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 10º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 22 a 26 de novembro de 2009, Ouro Preto, MG.*

² *Membro da ABM, Engenheiro de Materiais, Dr., Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento da Usiminas; Ipatinga, MG. Brasil.*

³ *Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista. Superintendência de Engenharia de Processos Industriais da Usiminas; Ipatinga, MG. Brasil.*

⁴ *Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, M.Sc, Superintendência de Redução da Usiminas; Ipatinga, MG. Brasil.*

⁵ *Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, M.Sc.. Superintendência de Engenharia de Processos Industriais da Usiminas; Cubatão, SP. Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Nas negociações técnicas comerciais para fornecimento de minério de ferro em 2009 já se previa um aumento significativo no teor de sílica da fração *sínter feed*, como comprovado na Figura 1.

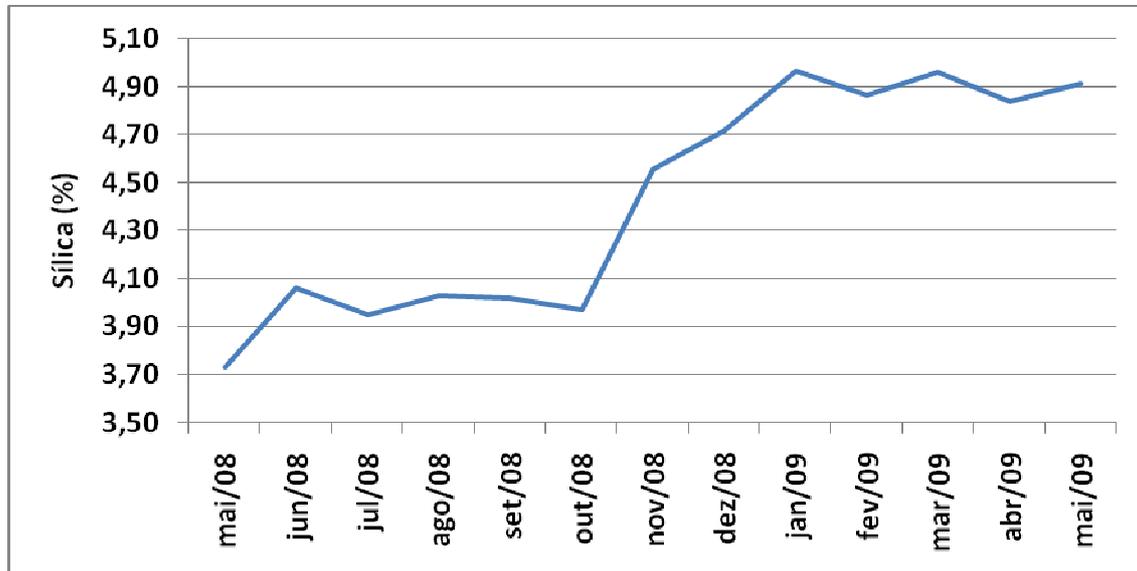
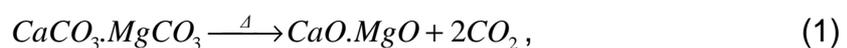


Figura 1. Teor de sílica no *sínter feed* no último ano.

Para amenizar o efeito do aumento da sílica do minério, no *sínter* produzido nas usinas da Usiminas, foram feitas mudanças dos fundentes portadores de sílica por outros livres deste óxido, especialmente os fundentes fontes de MgO no *sínter*.

O MgO atua no alto-forno, principalmente, como fluidificante da escória, tornando mais fácil o esgotamento do cadinho, além de agir também, como dessulfurante do gusa.

Na Usiminas, o MgO é carregado no alto-forno através do *sínter*, no qual é adicionado tradicionalmente através do serpentinito $[Mg(Si_4O_{10})(OH)_8]$ e da dolomita $[CaCO_3.MgCO_3]$. O crescente aumento do teor de SiO_2 que os minérios de ferro vêm sofrendo, ultimamente, tem levado à busca de substitutos para o serpentinito, por este possuir uma grande quantidade de sílica em sua composição, aumentando, assim, ainda mais o teor deste composto no *sínter*. É de conhecimento dos profissionais de sinterização que a substituição do serpentinito pela dolomita pode provocar perda de produtividade na sinterização,^(1,2) em função, principalmente, da decomposição endotérmica sofrida pela dolomita durante o seu aquecimento:



entretanto, alterações na granulometria desta matéria-prima, associada a um sistema de segregação de mistura no leito de sinterização, pode diminuir tal efeito, através de um maior tempo de exposição da dolomita ao calor.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram produzidos dois *sínteres* na Máquina Piloto de Sinterização (MPS) sendo um nível de referência, com 2,5%, da mistura parcial, de dolomita e o restante

do MgO via serpentinito (Sínter R), e outro com 100% do MgO via dolomita (Sínter D). As misturas foram carregadas na peneira utilizando-se um segregador de mistura de laboratório. Na Tabela 1 são apresentadas as formulações das misturas experimentais, e na Tabela 2 as características químicas e granulométricas do serpentinito e da dolomita utilizados na usina de Ipatinga.

Tabela 1. Composição das misturas experimentais.

Matéria-prima	Sínter R (%)	Sínter D (%)
Minério	59,21	59,63
Dolomita	2,50	4,55
Serpentinito	1,29	0,00
Calcário	9,93	8,80
Cal	1,80	1,80
Outros	25,27	25,22
Coque	1,65	1,65
Antracito	1,65	1,65

Tabela 2. Composição química e granulométrica do serpentinito e da dolomita utilizados em Ipatinga.

Características		Serpentinito	Dolomita
Químicas	Fe _T (%)	6,30	2,95
	CaO (%)	2,47	54,71
	SiO ₂ (%)	46,30	1,93
	MgO (%)	36,79	36,86
	Al ₂ O ₃ (%)	4,63	0,46
	PPC (%)	12,09	45,09
Granulométricas	> 5,6 mm (%)	15,5	15,9
	< 1,0 mm (%)	24,7	24,2

Após os testes em laboratório, foram realizados testes industriais nas usinas de Ipatinga e de Cubatão, da Usiminas, sendo em seguida o serpentinito totalmente substituído pela dolomita, com o intuito de diminuir o teor de sílica do sinter, e conseqüentemente, o volume de escória nos altos-fornos. A máquina de sinterização (MS) 1 de Ipatinga possui área útil de 89 m² e as máquinas 2 e 3 possuem 180 m² de esteira, cada uma, enquanto que em Cubatão a MS 2 possui 146 m² de esteira e a MS 3 268 m². O segregador de misturas utilizados em Ipatinga é do tipo ISF (*Intensified Sifting Feeder*).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra o gráfico de produtividade dos testes realizados na MPS.

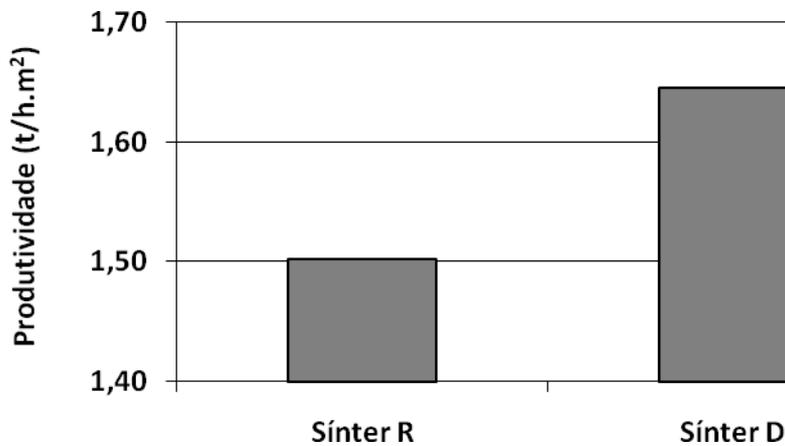


Figura 2. Produtividade dos sínteres piloto.

Pode-se notar na Figura 2 que contrariamente ao esperado, para a mistura com dolomita como única fonte de MgO a produtividade foi cerca de 9,5% maior que para a mistura de referência. Este ganho de produtividade pode ser explicado pelo aumento da granulometria da dolomita, que até meados de 2008 era de cerca de apenas 1% das partículas maior que 5,6 mm e a partir de então passou a trabalhar com mais de 15% delas. Esta prática associada ao segregador de mistura, que as posiciona na base do leito de sinterização, possibilitou tempo e temperatura suficientes para a decomposição da dolomita, sem prejudicar a produtividade do processo.⁽³⁾

Na Figura 3 podem ser observados os gráficos de ferro total e de sílica dos testes realizados na MPS.

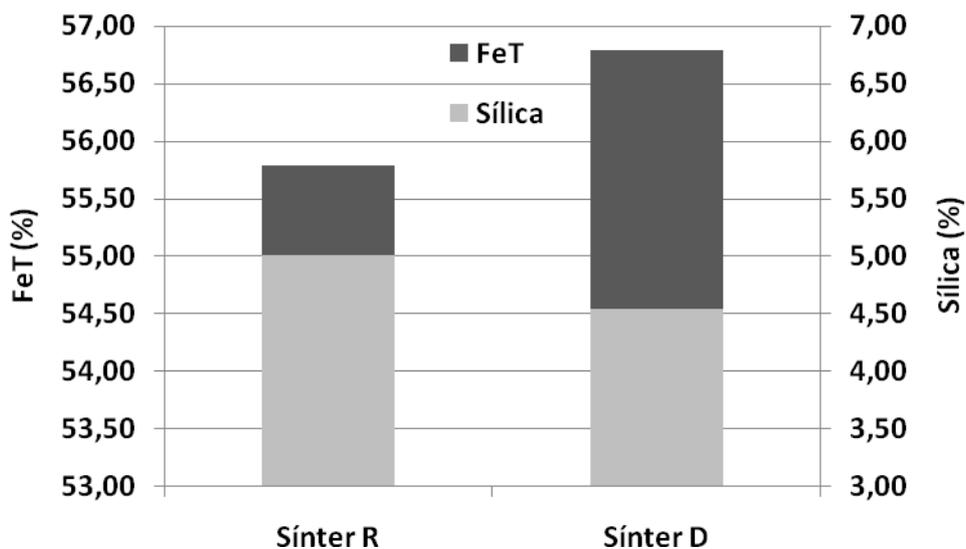


Figura 3. Qualidade química dos sínteres produzidos em laboratório – (a)ferro total e (b) sílica.

Como era de se esperar o ferro total do Sínter D foi 1% maior que o do Sínter R e a sílica foi reduzida de 5% para 4,54%, ou seja, uma redução de quase 10%.

A Figura 4 apresenta os gráficos de resistência à queda dos testes realizados na MPS, cuja diferença entre os dois sínteres foi insignificante. Pimenta, Honorato e Bastos⁽³⁾ mostraram que o sínter proveniente da parte inferior do leito de sinterização possui maior resistência mecânica que o superior, devido à maior quantidade de calor disponível para promover as reações químicas que dão resistência ao sínter. Assim sendo, a maior quantidade de dolomita e sua locação no fundo do leito, farão com que a resistência mecânica do sínter desta região tenha um decréscimo, em relação ao sínter com serpentinito e dolomita mais fina. Por outro lado, a menor quantidade de dolomita na parte superior do leito, trará maior resistência mecânica a este sínter, equilibrando sua resistência global. Conseqüentemente, a produtividade da máquina de sinterização será mantida ou até aumentada, em função da resistência do sínter.

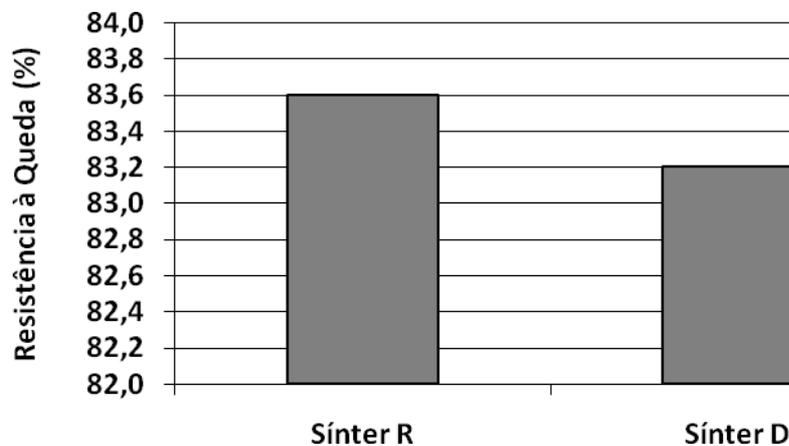


Figura 4. Resistência à queda dos sínteres piloto.

Na Figura 5 são apresentados os gráficos do índice de degradação sob redução (RDI) e do índice de redutibilidade (RI) dos testes realizados na MPS.

As características metalúrgicas mostraram que houve uma ligeira melhora de cerca de 3% do índice de degradação sob redução e uma pequena piora de cerca de 2% na redutibilidade do Sínter D em relação ao Sínter R. Pode-se considerar que tais propriedades mantiveram-se constantes para os dois sínteres, uma vez que tais desvios estão dentro do erro do experimento.

Após os ensaios pilotos, o serpentinito foi sendo gradativamente substituído pela dolomita, nas sinterizações das duas usinas. Vale a pena ressaltar que diferenças no comportamento das máquinas industriais podem ser atribuídas à ausência de segregador de mistura em Cubatão.

Na Figura 6 é mostrado o gráfico com a evolução na utilização de serpentinito e de dolomita nas sinterizações das Usiminas entre janeiro de 2008 e junho de 2009.

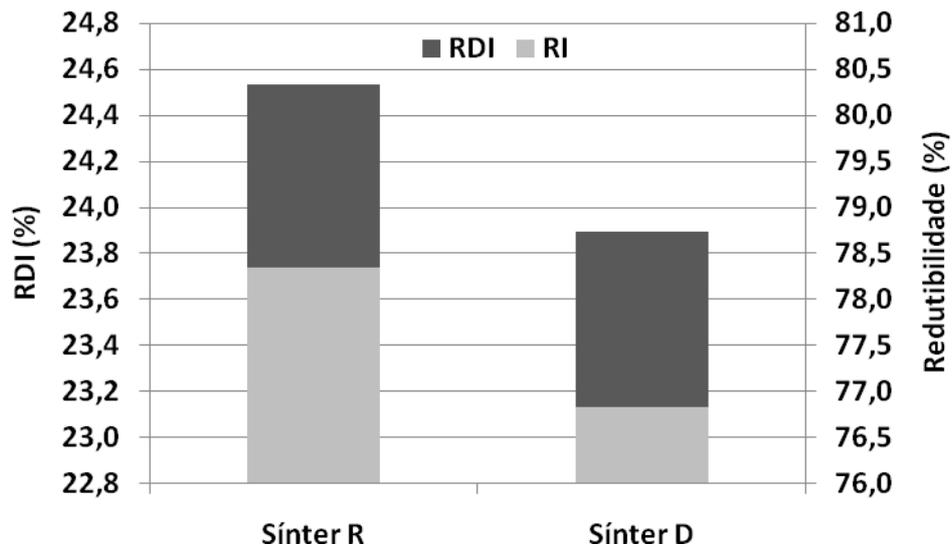


Figura 5. Características metalúrgicas dos sínteres produzidos em laboratório – (a) RDI e (b) RI.

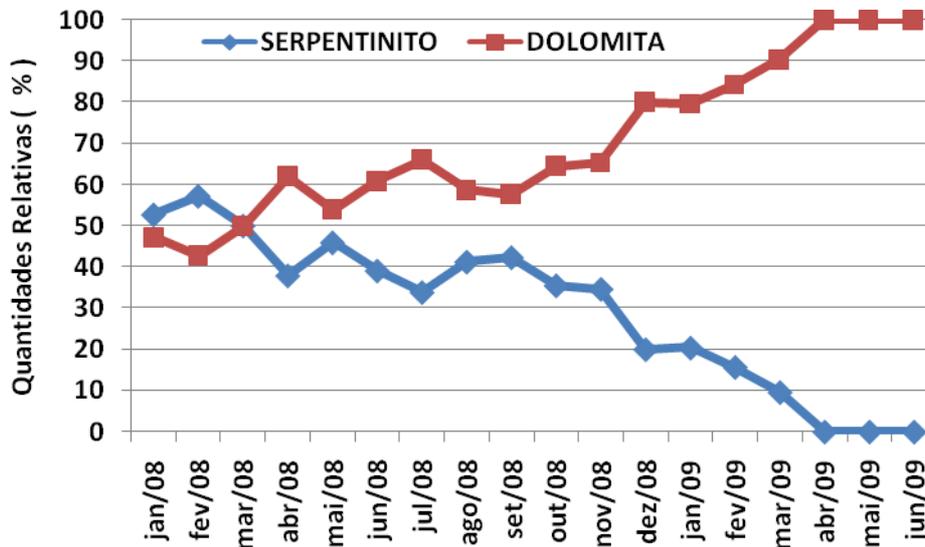


Figura 6. Percentual de serpentinito e de dolomita nas sinterizações das Usinas de Ipatinga e de Cubatão.

Na Figura 7 são apresentados os resultados de produtividade das sinterizações das usinas de Cubatão e Ipatinga.

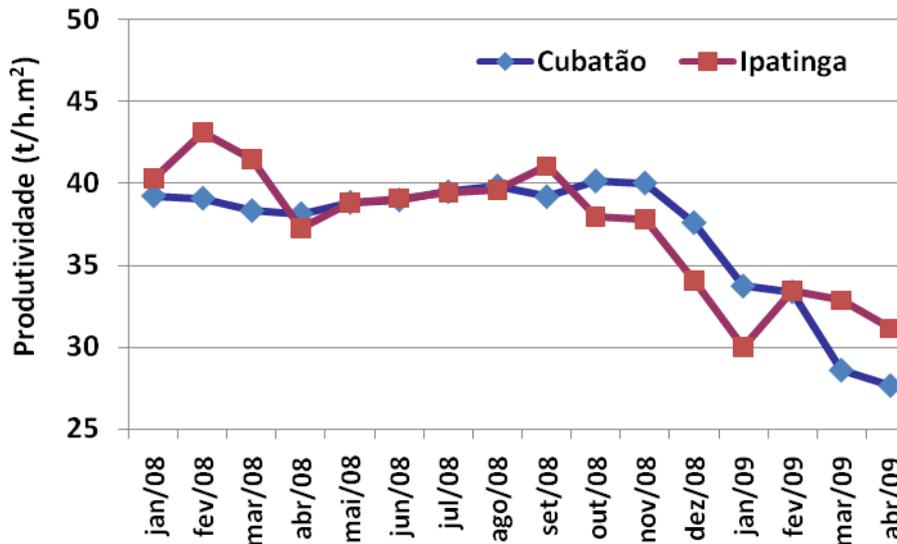
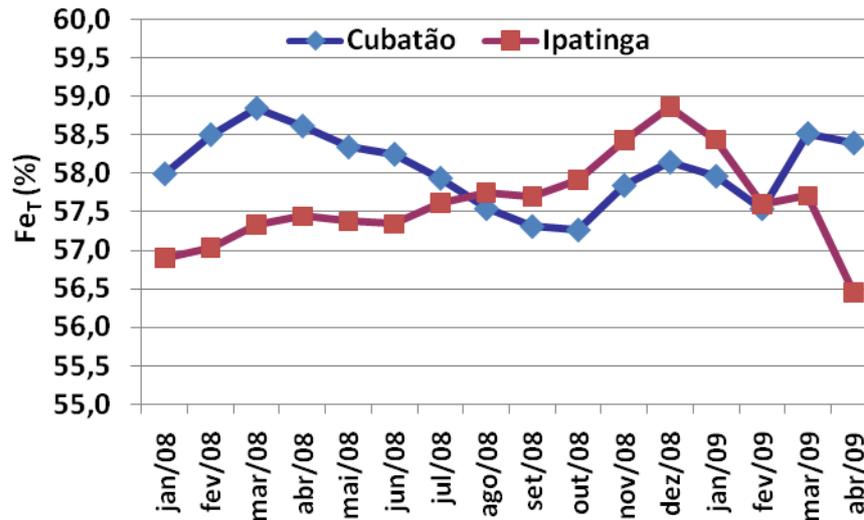


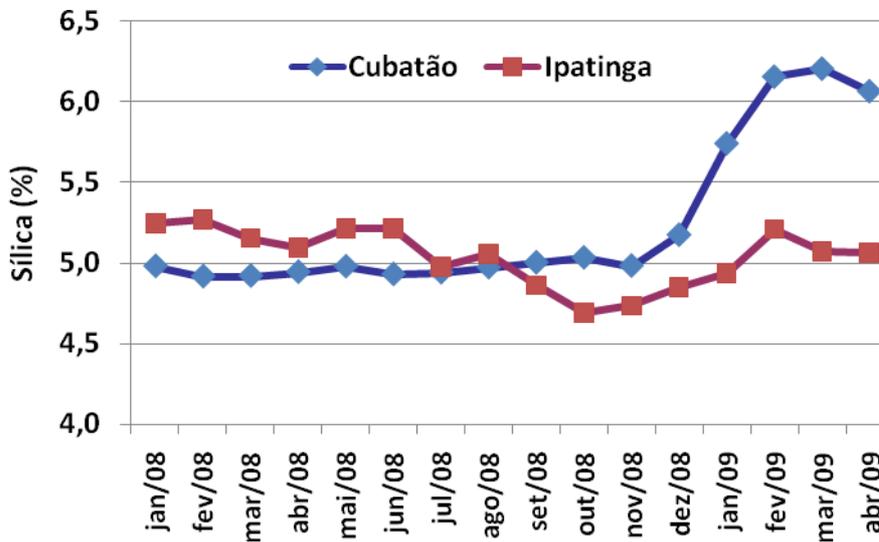
Figura 7. Produtividade das sinterizações.

A despeito de a dolomita ser tida como negativa para a produtividade das sinterizações, a Figura 7 mostra que até setembro de 2008 não houve perda nas sinterizações da Usiminas, concordando com os resultados obtidos na Máquina Piloto de Sinterização, como pode ser observado pela Figura 2. As perdas ocorridas a partir de setembro de 2008 devem ser computadas à crise econômica mundial e não à substituição da fonte de MgO.

A Figura 8 mostra a qualidade química dos sínteres produzidos em Cubatão e Ipatinga, onde pode ser visto que em 2008 houve efetivo aumento do teor de ferro total do sínter da Usina de Ipatinga (Figura 8a), como consequência da diminuição da sílica (Figura 8b). Por outro lado, a partir do final de 2008, o teor de sílica dos minérios de ferro teve um expressivo aumento (Figura 1) fazendo que os teores deste composto no sínter, voltasse a subir a níveis praticamente iguais aos do início de 2008 em Ipatinga, enquanto que Cubatão mostrou um aumento muito mais significativo em função da mistura de minérios.



(a)



(b)

Figura 8. Qualidade química dos sinteres industriais – (a) ferro total e (b) sílica.

Foi feito um exercício de como ficaria a sílica no sinter, sem a substituição do serpentinito pela dolomita (Figura 9).

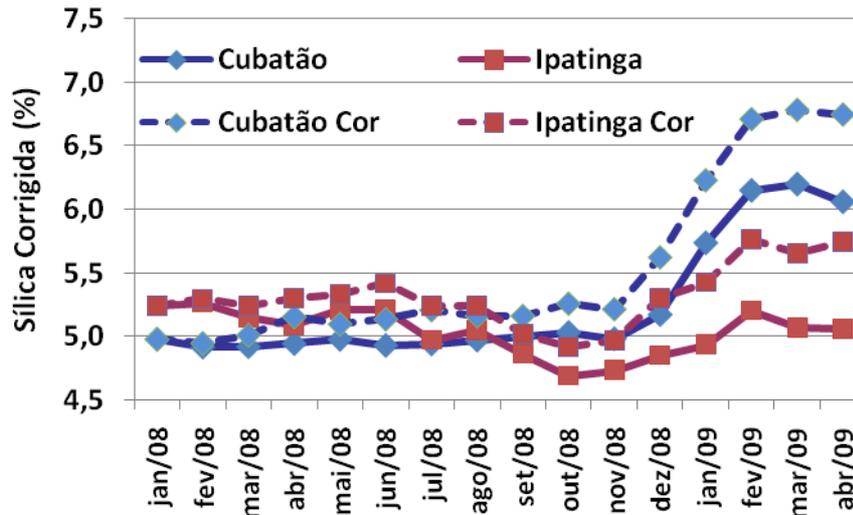


Figura 9. Teor de SiO₂ corrigida nos sínteres industriais.

Neste caso, os teores de sílica teriam ficado progressivamente acima dos níveis mostrados na Figura 8(b), como pode ser observado, pelos valores de sílica corrigida, na Figura 9. Para o cálculo da sílica corrigida foi considerado o *input* de sílica que iria ocorrer caso fossem mantidas as mesmas quantidades de serpentinito utilizadas em janeiro de 2008.

Na Figura 10 são apresentados os resultados de resistência à queda dos sínteres das usinas de Cubatão e Ipatinga.

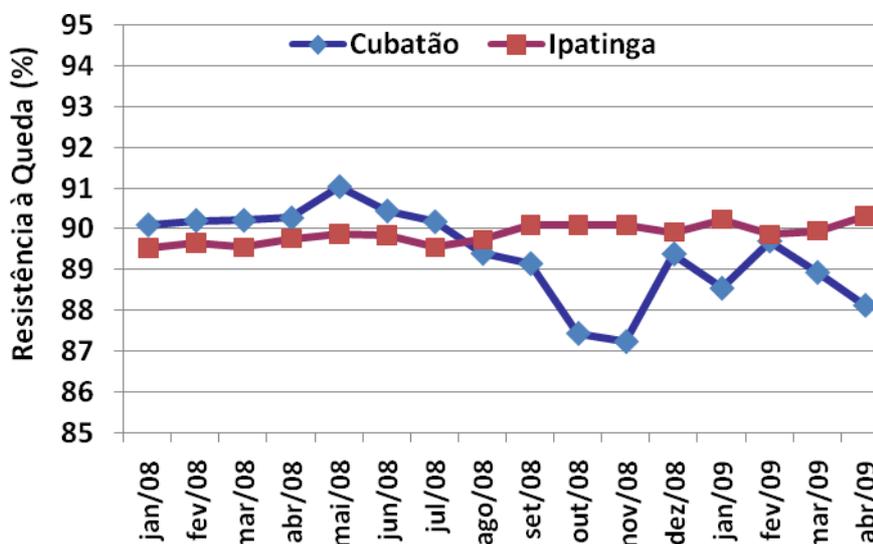
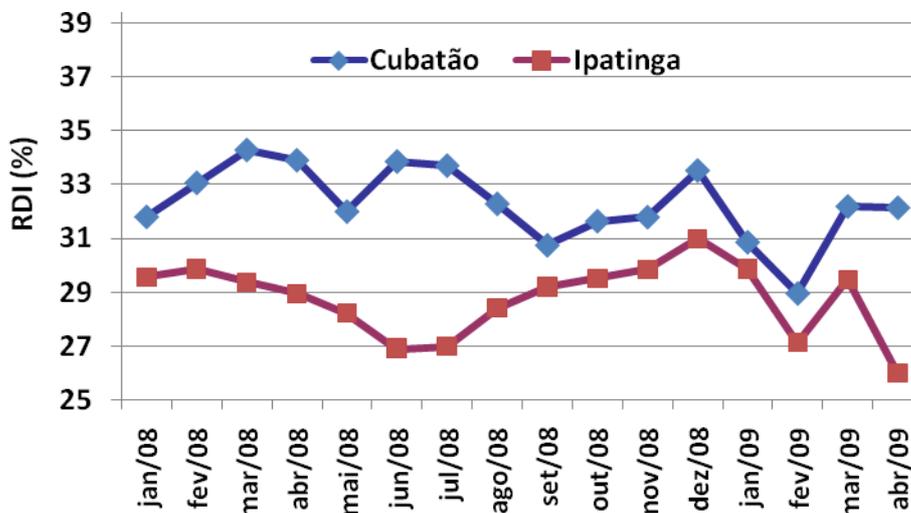


Figura 10. Resistência à queda do sínter industrial.

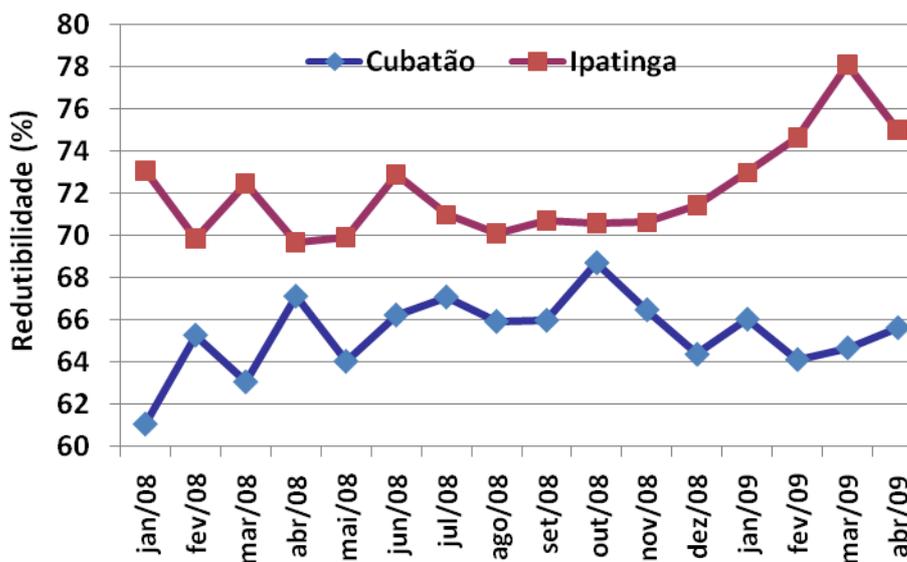
Em Ipatinga as mudanças de resistência mecânica do sínter foram insignificantes, enquanto que em Cubatão as variações podem ser devidas a ausência de um segregador de mistura.

A Figura 11 apresenta os resultados de Índice de Degradação sob Redução (RDI) na Figura 11(a) e de redutibilidade na Figura 11(b) das sinterizações das usinas de Cubatão e Ipatinga.

Pode-se observar na Figura 11 que tanto o RDI quanto a redutibilidade dos sinteres, durante o período avaliado, sofreram alterações normais de um processo industrial.



(a)



(b)

Figura 11. Características metalúrgicas dos sinteres industriais – (a) RDI e (b) RI.

4 CONCLUSÕES

Visando neutralizar o aumento de sílica no sinter, provocado pela degradação na qualidade dos minérios de ferro, foi realizada a substituição do serpentinito pela dolomita nas misturas a sinterizar, nas usinas de Cubatão e de Ipatinga. Foram realizados testes preliminares em máquina piloto de sinterização, para avaliar a viabilidade técnica desta alteração de matérias-primas.

Os testes piloto mostraram que a substituição não provocaria perda de produção nem de qualidade dos sinteres. A produtividade do sinter somente com dolomita foi cerca de 9,5% maior que a do sinter com serpentinito e dolomita. As variações de resistência mecânica a frio entre os dois sinteres foram insignificantes, da mesma forma que o índice de degradação sob redução e a redutibilidade.

A partir de fevereiro de 2008 iniciou-se uma troca gradativa do serpentinito pela dolomita, até que em abril de 2009, todo MgO acrescentado ao sinter foi feito via dolomita. Com tal medida houve efetiva diminuição da sílica do sinter, com manutenção da produtividade das máquinas de sinterização, até a instalação da crise econômica mundial em setembro de 2008. As resistências à queda e à abrasão, assim como as características metalúrgicas do sinter (RDI e redutibilidade) apresentaram variações durante todo o período de troca das matérias-primas, dentro do desvio normal das plantas industriais.

Com a produção industrial do sinter nas duas usinas, ficaram comprovados os bons resultados obtidos em laboratório, e a viabilidade de utilização de 100% de dolomita como fonte de MgO em sinterização de minério de ferro.

O sinter proveniente da parte inferior do leito de sinterização possui maior resistência mecânica que o superior, devido à maior quantidade de calor disponível para promover as reações químicas que dão resistência ao sinter. Assim sendo, a maior quantidade de dolomita e sua locação no fundo do leito, farão com que a resistência mecânica do sinter desta região tenha um decréscimo, em relação ao sinter com serpentinito e dolomita mais fina. Por outro lado, a menor quantidade de dolomita na parte superior do leito, trará maior resistência mecânica a este sinter, equilibrando sua resistência global. Conseqüentemente, a produtividade da máquina de sinterização será mantida ou até aumentada, em função do aumento da resistência do sinter.

REFERÊNCIAS

- 1 SHEN, F., JIANG, X., WU, G., WEI, G., LI, X., SHEN, Y. Proper MgO addition in blast furnace operation. *ISIJ International*, v. 46, n. 1, p. 65-69, 2006.
- 2 PANIGRAHY, S.C., RIAGAUD, M., DILEWIJNS, J. Effects of replacement of limestone by dolomite and other MgO – bearing materials on production rate of iron ore sinter. *Ironmaking and Steelmaking*, v. 11, n. 5, p. 246-252, 1984.
- 3 PIMENTA, H.P., HONORATO, E.P., BASTOS, J.R. Estudo de adequação da granulometria das matérias-primas de sinterização na Usiminas. In: XXXI Seminário de Redução de Minério de Ferro, Santos, SP, 14p. 2006.