

PROCESSO HÍBRIDO DE AGLOMERAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO: UMA BREVE REVISÃO*

Rayander Martins Pimenta¹
Jéssica Vicente Luiz¹
Everton Pedroza dos Santos²

Resumo

O *Hybrid Pelletized Sinter* (HPS) é um processo de aglomeração que envolve a combinação das técnicas convencionais de sinterização e pelletização, podendo ser utilizado com o intuito de obter melhorias na etapa de aglomeração do minério de ferro, sendo que uma das grandes vantagens do processo é o emprego de uma ampla faixa granulométrica do minério. Desta forma, os superfinos de minérios de baixo custo, que são impróprios na sinterização, podem ser utilizados no processo HPS para a formação da quase partícula. O emprego do HPS junto às plantas de sinterização das indústrias apresentadas ao longo do estudo, possibilitou um aumento na produtividade, diminuição da utilização de combustíveis e a redução da formação de escória nos altos-fornos. Assim, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma revisão da literatura sobre o processo *Hybrid Pelletized Sinter* (HPS) e suas principais características, bem como os resultados obtidos pelas empresas que adotaram o processo.

Palavras-chave: Aglomeração; Sinterização; Pelotização; HPS.

HYBRID PROCESS OF IRON ORE AGGLOMERATION: A BRIEF REVIEW

Abstract

The Hybrid Pelletized Sinter (HPS) is a agglomeration process that involves the combination of conventional sintering and pelletizing techniques and can be used with the purpose of obtaining improvements in the agglomeration stage of iron ore, and one of the great advantages of the process is the use of a wide particle size range of the ore. In this way, the superfines of low-cost ores, which are improper in sintering, can be used in the HPS process for the formation of the quasi-particle. The use of HPS with the sintering plants of the industries presented throughout the study, enabled an increase in productivity, decreased fuel utilization and reduced slag formation in blast furnaces. Thus, the present study aims to present a review of the literature on the Hybrid Pelletized Sinter (HPS) process and its main characteristics, as well as the results obtained by the companies that adopted the process.

Keywords: Agglomeration; Sintering; Pelletizing; HPS.

¹ Graduando em Eng. Metalúrgica, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Angra dos Reis, RJ, Brasil.

² D.Sc., Eng. Metalúrgica e de Materiais, Professor do curso de Engenharia Metalúrgica, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Angra dos Reis, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda de minério de ferro há uma preocupação com o esgotamento das jazidas de elevados teores, fazendo com que as indústrias invistam em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias para o beneficiamento do minério [1]. Os minérios de baixos teores de ferro precisam ser processados em diversas etapas até se obter um concentrado com teores adequados. Entretanto, após o beneficiamento, o concentrado de ferro ainda precisa passar pelo processo de aglomeração visando transformar os finos de minérios de ferro em aglomerados que viabilizem a utilização em processos metalúrgicos [2-3].

Nas indústrias de mineração e metalurgia, a aglomeração do minério de ferro é obtida principalmente pelos processos de sinterização, realizado na indústria siderúrgica, e de pelletização de finos, que ocorre junto às mineradoras [4].

No processo de sinterização são utilizadas partículas de minério de ferro, com granulometria entre 0,15 e 6,3 mm (*sinterfeed*), com adição de coque para ocorrer a queima desses componentes e fundentes visando promover a ligação entre as partículas e posteriormente a solidificação da fase líquida. O processo de pelletização, por sua vez, utiliza minérios com granulometria inferior a 0,15 mm (*pelletfeed*) juntamente com aglomerantes para propiciar maior resistência mecânica às pelotas formadas nos discos de pelletização, passando pela etapa de queima, de modo a ocasionar uma maior ligação entre as partículas [4-5].

Devido ao baixo teor dos minérios de ferro e a tendência de diminuição da granulometria, as siderúrgicas têm buscado alternativas para aprimorar os seus processos. O processo HPS (*Hybrid Pelletized Sinter*) permite utilizar uma maior gama de materiais, englobando minérios ferro com baixos teores e granulometria inferior a 0,125 mm. Este processo consiste na formação da quase-partícula, sendo ela dividida em três camadas: uma de minério de ferro grosseiro no interior, outra de minério de ferro fino e fundentes na camada intermediária e finos de carvão no recobrimento. A produção da quase partícula se baseia na inserção de discos de pelletização no processo de sinterização convencional nas plantas siderúrgicas [6].

A primeira utilização do processo HPS foi aplicada na Usina de Fukuyama, no Japão, entre as décadas de 1980 a 1990, devido a uma depressão na economia do país, demandando uma redução dos custos das usinas siderúrgicas. Deste modo, o processo possibilitou um aumento da produtividade na área de redução da usina. O aumento da produtividade estava atrelado ao baixo consumo de combustível e ao aumento da redutibilidade do sinter, ocasionando a redução do volume de escória (NIWA, 1990). No Brasil, o processo HPS foi aplicado com sucesso em 2001 na usina siderúrgica Belgo Arcelor, atualmente Arcelor Mittal Monlevade, onde foi possível utilizar 100% do *sinterfeed* com alta percentagem de finos oriundos da jazida de Andrade, pertencente a mesma empresa [7-9].

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre o processo HPS (*Hybrid Pelletized Sinter*) como alternativa aos processos de aglomeração da matéria prima ferrosa utilizada nas usinas siderúrgicas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sinterização

As primeiras utilizações do processo de sinterização foram há mais de 100 anos, mas somente em 1897 Huntington e Heberlein patentearam a primeira definição do processo, sendo aplicado ao minério sulfetado de chumbo. O processo era realizado em um vaso de sinterização com uma grelha no fundo que era carregada antes do processo ser iniciado. A mistura sinterizada era homogeneizada manualmente com o auxílio de pás e o processo de combustão era controlado por meio do sopro de ar ascendente até que ocorresse a sinterização do minério de ferro. [10].

A sinterização é um processo de aglomeração por meio da fusão incipiente, tendo como matérias primas: minério de ferro, coque ou carvão vegetal, fundentes, água e sínter de retorno. O calor obtido no processo de sinterização é oriundo da combustão proveniente do combustível com o oxigênio do ar [3].

Quando a ignição é iniciada na seção superior do carregamento, a combustão se propaga a partir do momento em que o ar, que é sugado pela parte de baixo da carga, entra em contato com as partículas de coque/carvão, formando uma frente de combustão. Com isso, o ar frio esfria o sínter e é pré-aquecido antes da etapa de queima do combustível. A frente de combustão faz com que ocorra a fusão da carga na região de maior calor e o gás quente gerado (CO_2 , N_2 e O_2) vai pré-aquecendo as cargas da seção inferior [3]. Então, o processo de sinterização se baseia na combustão dos finos de coque/carvão, fazendo com que o ar eleve a temperatura para aproximadamente $1400\text{ }^\circ\text{C}$, formando finas partículas aderentes de óxidos de ferro e cal ou calcário (ferritas de cálcio, $n\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) que se fundem parcialmente e dissolvem os silicatos da ganga do minério.

Para um bom rendimento do processo de sinterização é imprescindível que se tenha um controle apropriado da permeabilidade da carga, possibilitando uma passagem homogênea dos gases. A granulometria das matérias primas também é uma importante variável, onde o *sinterfeed* deve estar na faixa de 0,5 a 7 mm, enquanto que a granulometria do coque deve estar entre 1 a 3 mm. Entretanto, nos processos de sinterização geralmente são utilizados *sinterfeed* com granulometria de até 10 mm e até 25% de fração fina inferior a 0,1 mm [3].

O minério aglomerado (sínter) precisa possuir propriedades adequadas para etapas posteriores, tais como, resistência mecânica suficiente para o transporte na usina siderúrgica, alta redutibilidade e porosidade para uma boa permeabilidade dos gases [11]. Também, o sínter produzido deve apresentar Índice de Redutibilidade (RI) entre 60 e 71%, enquanto o Índice de Degradação sob Redução (RDI) deve estar entre 30 e 45% [12].

2.2 Pelotização

Na década de 70 a produção de minério de ferro se expandiu significativamente devido ao aumento na demanda de aços pelos países em desenvolvimento, como a China e a Índia. Entretanto, a granulometria do minério de ferro nas jazidas diminuiu cada vez mais, sendo necessário o desenvolvimento de novos processos de aglomeração, com intuito de aproveitar os finos de minério de

ferro no processo siderúrgico. Desta forma, surgiu o processo de pelotização (Figura 1), onde utiliza-se o *pelletfeed* para a produção das pelotas de minério de ferro [13].

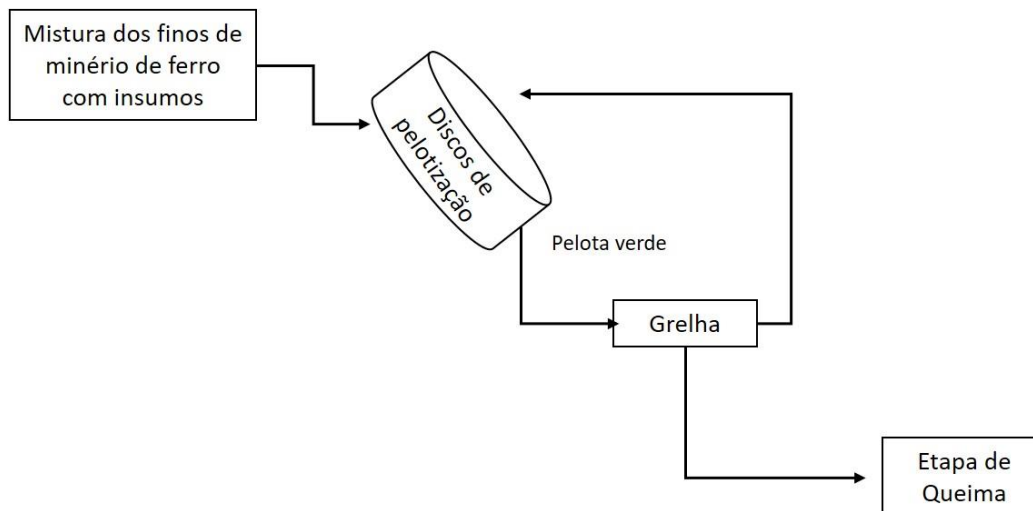


Figura 1. Fluxograma resumido do processo de pelotização
Adaptado de [13].

O *pelletfeed* é conduzido às áreas de misturas onde são adicionados insumos tais como, antracito, calcário e aglomerantes, em proporções adequadas. Essa mistura tem como objetivo obter características físicas, químicas e metalúrgicas pré-estabelecidas para a utilização nos discos de pelotização [14].

De acordo com [15], nos discos de pelotização, a adição de água precisa ser adequada para que ocorra a formação das pelotas “verdes” (antes da queima). Esses discos são compostos por um recipiente cilíndrico que gira em torno de um eixo com inclinação de 45°. Dentro desse recipiente existem raspadores que controlam a espessura da camada de minério formado no fundo do disco, além de possibilitar o rolamento e aglomeração das partículas e formar os núcleos que começam a tomar forma de pequenas pelotas. Desta forma, como a alimentação é contínua, as partículas menores vão se aglomerando às partículas maiores, formando pelotas com diâmetro suficiente para ser possível o descarregamento do disco [14].

Após serem descarregadas dos discos de pelotização, as pelotas cruas são classificadas por uma grelha de rolos antes de serem levadas ao forno de endurecimento/queima. O processo de queima tem como objetivo endurecer as pelotas e conferir resistência mecânica suficiente para serem transportadas e utilizadas nos altos fornos [16].

A causa do endurecimento são as reações químicas que correm entre os constituintes do minério, calcário e outros insumos. Desta forma, reações como combustão do antracito, decomposição de carbonatos, reações de escorificação e recristalização e crescimento de grãos de hematita devido ao fluxo gasoso descendente com temperaturas de aproximadamente 1250 a 1350 °C. Posteriormente, as pelotas incandescentes passam pela etapa de resfriamento, que ocorre a seco, por um fluxo ascendente de ar atmosférico em temperatura ambiente e são transportadas para o pátio de estocagem para serem transportadas para as siderúrgicas [14],[17]. Ao final do processo de pelotização é esperado que as pelotas possuam Índice de Redutibilidade (RI) entre 70 e 80% e Índice de Degradação sob Redução (RDI) entre 30 e 45% [12].

2.3 Hybrid Pelletized Sínter (HPS)

O processo HPS foi desenvolvido após uma década de pesquisas das características híbridas entre os processos de sinterização e pelletização, sendo implementado a priori na empresa Nippon Kokan (NKK), atual JFE Steel Corporation. A Figura 2 apresenta uma ilustração comparativa entre os processos de sinterização convencional e HPS. É possível observar que uma das diferenças entre os processos está nas matérias primas utilizadas, onde no processo HPS utiliza-se, na etapa de homogeneização no misturador primário, o *sinterfeed* e o *pelletfeed* como matérias primas ferrosas, além de aglomerantes e fluxantes. Outra importante diferença entre os processos está na inserção de uma etapa de pelletização das matérias primas em discos pelletizadores, seguida de um recobrimento das pelotas verdes com finos de carvão.

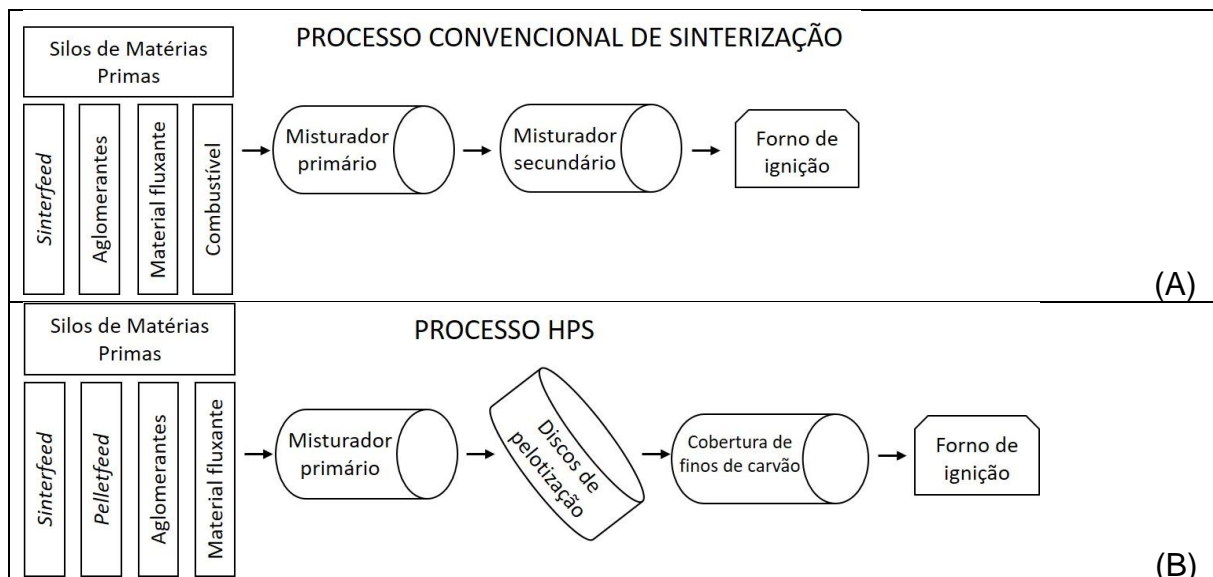


Figura 2. Comparativo entre os processos de sinterização (A) e Hybrid Pelletized Sínter-HPS (B). Adaptado de [18]

Desta forma, pode-se observar que o processo HPS se baseia na produção de uma quase-partícula que é composta por três camadas, como ilustrado na Figura 3, onde o centro é composto pelo minério mais grosseiro, a camada intermediária é de minério fino e fundentes, e a camada superficial formada por finos de carvão [6]. Assim, no processo HPS, antes da queima tem-se uma quase-partícula com diâmetro entre 5 a 7 mm, contendo finas partículas de carvão aderidas em sua superfície.

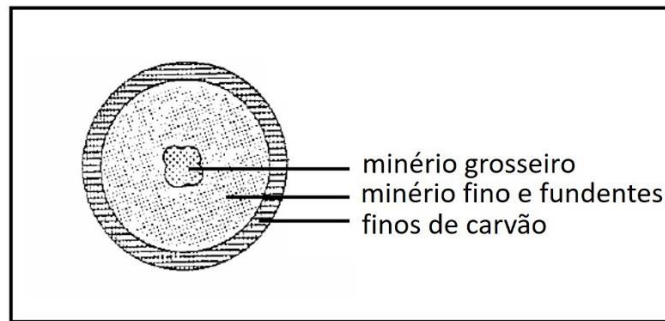


Figura 3. Esquema da quase-partícula obtida no processo HPS. Adaptado de [6]

A implementação do processo HPS possibilita empregar até 50% de matérias primas ferrosas com granulometria menor que 0,125 mm, melhora a permeabilidade da carga, promove melhorias no rendimento do processo e na qualidade do produto aglomerado, além de reduzir os custos operacionais com a diminuição da utilização dos combustíveis fósseis e diminuir a quantidade de escória formada nos altos-fornos, quando comparados ao sinter convencional [6],[18]. De acordo com [19-20], os aglomerados provenientes do processo HPS apresentam Índice de Degradação por Redução (RDI) maior que 30%, sendo este o parâmetro que determina a geração de finos durante a redução da carga metálica no alto-forno. Já o Índice de Redutibilidade (RI) dos aglomerados do processo HPS geralmente é menor que 80%, parâmetro que determina a facilidade com que a carga se reduz nas condições do alto-forno.

Para que o processo HPS seja implementado com sucesso é necessário que a sinterização seja eficaz e de boa qualidade, mantenha-se a granulometria das matérias primas estável e a umidade adequada. A granulometria dos finos de carvão deve ser inferior a 1,0 mm, pois quando superiores podem apresentar uma baixa adesão às partículas pelletizadas [6]. Além disso, [21-22] alertam que para a implementação do processo HPS, alguns fatores devem ser observados:

- Os minérios de granulometria fina devem ser pelletizados com o intuito de se obter uma maior densidade da quase-partícula. Entretanto, o uso de discos pelletizadores são preferíveis ao uso do tambor misturador, pois melhora a permeabilidade, aumentando assim a produtividade do processo;
- Para o revestimento com finos de carvão, o diâmetro das pelotas deve ser maior que 3 mm e inferior a 10 mm;
- Se as partículas finas de carvão forem maiores que as da quase-partícula no processo de sinterização, a temperatura de queima pode não ser suficiente, devido a insuficiência do carvão para a devida combustão;
- As pelotas verdes revestidas com os finos de carvão devem ser carregadas para a grelha com cuidado para que não ocorra degradação das mesmas, o que poderia diminuir o rendimento e produtividade do processo.

Estudos realizados por [6], investigou a influência da adição do *pelletfeed* nas propriedades dos aglomerados obtidos no processo HPS (Figura 4). As propriedades avaliadas pelos autores foram: diâmetro da quase-partícula; Índice de Redutibilidade (RI); Índice de Degradação sob Redução (RDI); Teor de SiO₂. Pode-se observar que ao aumentar a proporção de *pelletfeed* em relação ao *sinterfeed*, ocorreu um aumento do diâmetro da quase partícula, passando de aproximadamente 4 mm (processo convencional de sinterização), alcançando aproximadamente 7 mm com uma proporção de 60% de *pelletfeed* e 40% de

sinterfeed. Também, é possível observar que nessa mesma proporção de *pelletfeed/sinterfeed* (60/40) foi possível obter um Índice de Redutibilidade (RI) de aproximadamente 80%, enquanto o Índice de Degradação sob Redução (RDI) apresentou um valor mínimo de 30%. Já o teor de SiO₂ teve uma redução, passando de 5,5% no processo de sinterização convencional para 3,5% no processo HPS com proporção de *pelletfeed/sinterfeed* (60/40).

A seguir serão apresentados alguns estudos de casos que implementaram o processo HPS em diferentes usinas siderúrgicas.

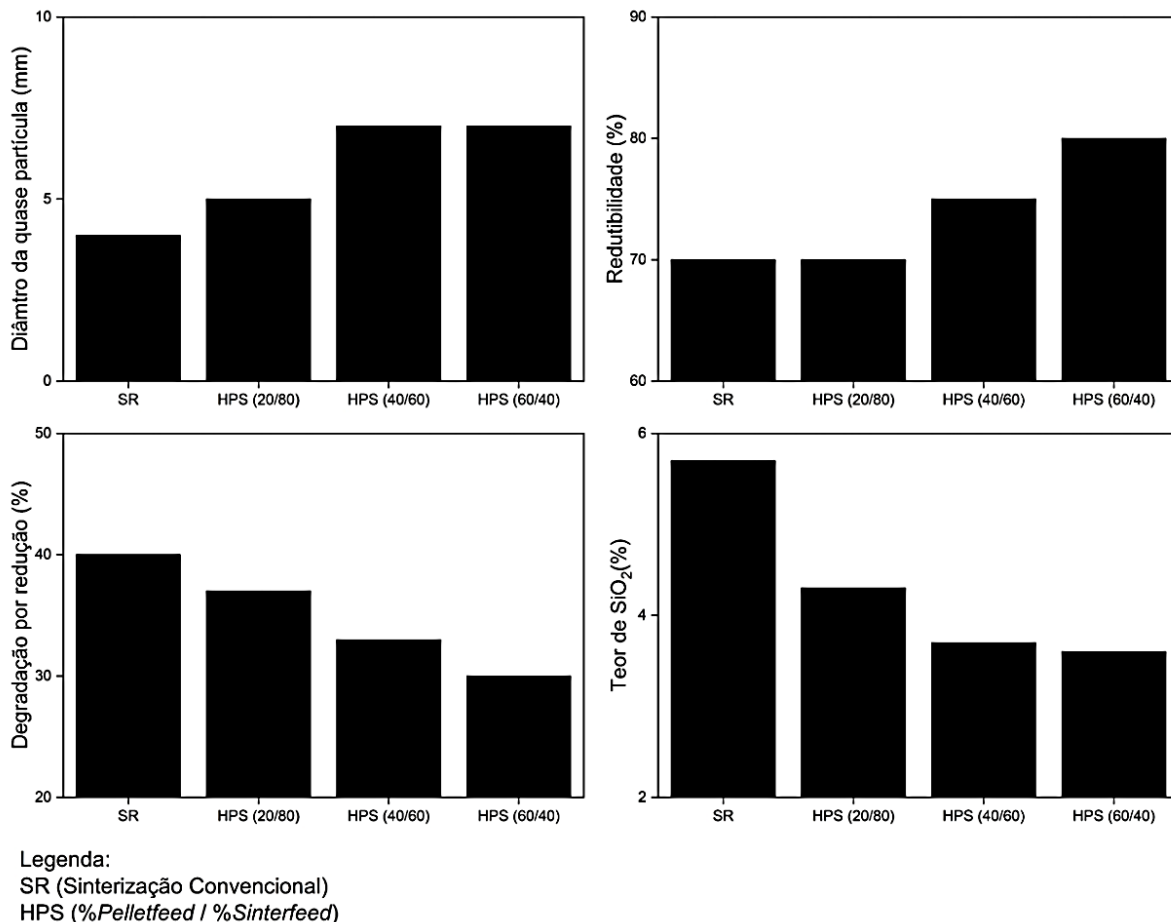


Figura 4. Influência da adição do *pelletfeed* nas propriedades do aglomerado HPS. Adaptado de [6]

2.3.1 Estudos de casos aplicados ao processo HPS

O processo HPS foi aplicado em alguns processos de aglomeração de usinas siderúrgicas, tais como a de Fukuyama, Usina de Monlevade e Usina da Belgo Arcelor. A Tabela 1 apresenta um breve resumo dos principais resultados obtidos com o emprego do processo HPS em diferentes usinas.

O custo dos insumos do processo convencional de sinterização chega a 80% do valor do sinter produzido. Assim, uma alternativa para minimizar esses custos, seria a redução da quantidade de insumos utilizados no processo, tais como, cal, calcário, carvão e fundentes. Outra alternativa seria o reaproveitamento de superfinos de minério de ferro de baixo custo. Contudo, a utilização de finos na sinterização faz com que a permeabilidade do sinter diminua e conseqüentemente ocorra um decréscimo na eficiência da carga [23-24].

Com o intuito de resolver este problema, a empresa NKK passou a utilizar o processo HPS em Fukuyama em 1988, onde os finos de retorno foram usados como

partículas nucleantes. O processo permitiu que 40 a 50% do *pelletfeed* na blenda de *sinterfeed* pudessem ser utilizados, bem como os finos de retorno que passaram de 300 Kg/t para 150 a 200 Kg/t. O consumo de energia foi reduzido para 300.000 Kcal/t e o índice de redutibilidade ficou acima de 65% [23-24].

Tabela 1. Resumo da utilização do processo HPS em diferentes usinas

Localização	Observações	Escala	Referência
Fukuyama Japão	<ul style="list-style-type: none"> • Redução dos finos de retorno. Passando de 300 Kg/t para 150 a 200 Kg/t. • Blenda de 40 a 50% de <i>pelletfeed</i> passou a ser usada. • Diminuição no consumo de energia • RI acima de 65% 	Industrial	[23-24]
Belgo Mineira, atual Usina Arcelor Mittal de Monlevade- Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Corte de compras de minério externo • Uso de 100% do minério • Redução do consumo de combustível • Aumento na produtividade (t/m².24h) • Adequação na curva granulométrica • Melhoria da qualidade do sinter • Começou a atender toda demanda do alto forno 	Industrial	[7-8]

O processo HPS foi utilizado junto à planta de sinterização da Usina de Monlevade em 2002, possibilitando a aplicação de 100% do minério de granulometria fina da Mina de Andrade da AcerlorMittal. O *sinterfeed* gerado na mina, após a britagem e o peneiramento a seco da hematita, apresenta partículas inferiores a 0,15 mm, podendo ser considerada como uma mistura natural de *sinterfeed* e *pelletfeed* [7-8]. Em 2004, na usina de Monlevade [8], foram apresentadas algumas vantagens da implementação da técnica do HPS, sendo elas, o corte de compras de minério externo, redução do uso das pelotas na carga metálica do alto-forno, diminuição do consumo do combustível na sinterização, aumento na produtividade do sinter, boa qualidade do sinter e adequação da curva granulométrica da mistura de *sinterfeed* e *pelletfeed* após o processo de aglomeração. Devido as características intrínsecas do recobrimento da quase-partícula foi observada um obstáculo para a adequação da granulometria do carvão, que precisa ser inferior a 1 mm [7-8].

3 CONCLUSÃO

O processo HPS é uma técnica híbrida entre os processos convencionais de aglomeração do minério de ferro (sinterização e pelletização), sendo possível utilizar

uma ampla faixa granulométrica do minério, incluindo os finos. Também, essa técnica permite a redução do custo da quase partícula, diminuindo a quantidade de insumos consumidos durante o processo e aumentando a utilização de minério de ferro superfinos de baixo custo.

Em todos os processos HPS citados, foi possível observar um aumento na utilização dos finos de minério de ferro. Para o processo empregado na usina de Fukuyama houve uma redução dos finos de retorno, sendo estes finos utilizados na técnica de aglomeração, além da redução do consumo de energia quando comparado ao sinter convencional. A utilização do processo HPS na Usina de Monlevade possibilitou que todo o minério de ferro da mina fosse utilizado, eliminando a necessidade de compra de minérios externos. Desta forma, pode-se concluir que o emprego do processo HPS poderá aumentar produtividade das usinas siderúrgicas, com a utilização de uma maior faixa granulométrica dos minérios, reduzir a utilização de combustível e diminuir a formação de escória nos altos-fornos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca do campus Angra dos Reis pelo apoio e infraestrutura para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] GOMES, J. Recuperação de Rejeitos da Barragem. In: Prêmio de Excelência da Indústria Mineiro-Metalúrgica Brasileira Revista Minerios & Minerales, 14., 2012, Belo Horizonte. Anais.CD-ROM.
- [2] SAMPAIO, J. A; JULIANELLI, K. M; PENNA, M, T, M – Ferro – Mina N5 – Carajás/CVRD – Rio de Janeiro, 2002.
- [3] MOURÃO, M. Introdução à Siderurgia. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo, 2007, 428p.
- [4] LUZ, A.B.; SAMPAIO, J.A.; ALMEIDA, S.L.M. (editores) – Tratamento de Minérios, 5ª. Edição Revisada – CETEM-MCT, Rio de Janeiro, 2010.
- [5] RIZZO, E.M.S., Introdução aos processos siderúrgicos. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005. 150 p. (Capacitação técnica em processos siderúrgicos: aciaria).
- [6] NIWA, Y.; KOMATSU, O.; NODA, H.; SAKAMOTO, N.; OGAWA, S. Development of Hybrid Pelletized Sinter Process and its commercial operation at Fukuyama n5 sintering plant. Ironmaking Conference Proceedings, 1990 – 683-689.
- [7] VIANA, D.; COUTO, N.; LIMA, F.; SILVA, G. – Automação do processo Híbrido de Pelota e Sinter (HPS) para a planta de sinterização da Belgo Arcelor Monlevade – X Seminário de Automação e Processos – 04 a 06 de outubro, 2006 – Belo Horizonte – MG.

[8] BORGES,W.; MELO,C.; BRAGA,R.N.B.; SANTOS, E.B.; MARIA, C.; KOJIMA,O.; SATO,H. -Application of HPS (Hybrid Pelletized Sinter) process at Monlevade Works-La Revue de Métallurgie,Paris n0 3,p189-194, March 2004.

[9] JANUZZI, A. Análise da aglomeração a frio no processo HPS (Hybrid Pelletized Sínter) com ênfase nas matérias-primas envolvidas. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

[10] CAPPEL, F.; LÜNGEN, H.B. Historical Review of Developments in Sintering and Pelletising Techniques. In: Seminar on Sinter and Pellets, 1999, Brussels: IISI. p. 12-31.

[11] DAWSON, P. R. Recent Developments in Iron Ore Sintering - Part 2: Research studies on sintering and sinter quality. Ironmaking and Steelmaking, v. 20, n. 2, p. 137-143, 1993.

[12] D'ABREU, J.C. Estudo Setorial da Siderurgia. Rio de Janeiro: Lucky, 1ªed, 2009.

[13] MORAES, S. L.; LIMA, J.R.B.; RIBEIRO, T.R. Iron Ore Pelletizing Process: An Overview, Iron Ores and Iron Oxide Materials, Volodymyr Shatokha, IntechOpen, 2018.

[14] FONSECA, M.C. Influência da distribuição granulométrica do pellet feed no processo de aglomeração e na qualidade da pelota de minério de ferro para redução direta. 2004. (126 f). Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Materiais) - REDEMAT, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

[15] BALL, D.F.; DARTNELL, J.; DAVIDSON, J.; GRIEVE, A.; WILD, R. Agglomeration of iron ores. London: Heineman Educ., 1973. 388 p.

[16] ARAUJO, D. R.; Manual Técnico de Processo - Queima. Samarco Mineração S/A. Ubu. 1997.

[17] BOWLING, K.M.; CARTER, N.B. Chemical and Physical Variables Affecting Iron Ore Pellet Properties, Australia Japan Extrative Metallurgy Symposium, Sydney, Australia, 1980, 133-144p.

[18] SAKAMOTO,N.; NIWA, Y.; KOMATSU,O.; NODA,H.; KUMASAKA, A. – Commercial Production of iron ore agglomerates using sinter-feeds containing a large amount of fine ores. ISIJ – The Iron and Steel Institute of Japan; volume 33, no 04, p. 454 – 461, Janeiro 1993.

[19] N. Sakamoto, H. Fukuyo, Y. Iwata and T. Miyashita: Tetsu-to-Hagan~, 70 (1984), 504.

- [20] N. Sakamoto, H. Fukuyo, Y. Iwata and T. Miyashita: Tetsu-to-Hagan~, 70 (1984), 512.
- [21] N. Sakamoto, H. Noda, Y. Iwata, H. Saito and T. Miyashita: Tetsu-to-Hagan~, 73 (1987), 1504.
- [22] N. Sakamoto, H. Noda, A. Kumasaka and H. Yanaka: Tetsu-to-Hagan~: 75 (1989), 50.
- [23] Pereira, H. C. “Avaliação em escala piloto do comportamento dos produtos pellet feed, pellet screenings e micro pellet em substituição ao sinter feed em uma mistura de sinterização. Dissertação de Mestrado. 2004. Belo Horizonte.
- [24] KUROSAWA, S. et al. Recent Advanced in Sintering Technologies by NKK. In: Ironmaking Conference Proceedings, 1989.p. 451-45.