

## INICIATIVAS DA SINTERIZAÇÃO THYSSENKRUPP CSA PARA REDUÇÃO DO TEOR DE FÓSFORO NO GUSA\*

Wagner Luís Garcia Silveira<sup>1</sup>

Maxwell Pereira Cangani<sup>2</sup>

Cristiane Vilma Rocha Galiazzí<sup>3</sup>

Marilene Aparecida Ennes Landin<sup>4</sup>

Daniel Augusto Godinho de Carvalho<sup>5</sup>

### Resumo

Nos últimos anos a thyssenkrupp Companhia Siderúrgica do Atlântico – CSA tem passado por uma série de mudanças no que diz respeito ao perfil de qualidade das matérias-primas, principalmente em relação à piora de qualidade do minério de ferro extraído do quadrilátero ferrífero em Minas Gerais, o qual compõe 100% da carga metálica utilizada pela CSA. Uma das principais mudanças observadas foi o aumento do teor de fósforo na carga metálica (sinter produto, pelota e granulado), tornando-se necessários estudos para minimizar os impactos na elevação de P no gusa, tais como, desenvolvimento de novos fundentes e aditivos. O fósforo é um elemento que traz poucas alterações nos processos de Metalurgia da Redução (Sinterização, Coqueria e Alto forno) e existem métodos eficazes de redução destas alterações [1], porém é extremamente prejudicial à qualidade, produtividade e custos de uma Aciaria, principalmente em produções de aços que exigem baixo teor de fósforo em sua composição [2]. Este trabalho tem como objetivo apresentar os esforços realizados pela Sinterização em relação à redução do teor de fósforo no Sinter Produto e consequentemente no Gusa, por meio de simulações de qualidade envolvendo novos fundentes e aditivos.

**Palavras-chave:** Fósforo; Matéria prima; Gusa; Aciaria.

### INITIATIVES THYSSENKRUPP CSA SINTERING TO REDUCTION PHOSPHORUS CONTENT IN HOT METAL

#### Abstract

In the last years thyssenkrupp Companhia Siderúrgica do Atlântico - CSA has been undergone a number of changes regarding the quality profile of raw materials, especially in relation to the worsening of quality of ore mined in Iron Ore Quadrangle Minas Gerais, that makes up 100% of the metallic burden used by the company. One of the main changes observed was the increase of phosphorus content in the metallic burden (Sinter Product, Pellet and Lump Ore), becoming necessary studies to mitigate the impact of the increasing phosphorus content in hot metal, such as development of new fluxes and additives. Phosphorus is an element that brings few changes in ironmaking process (Sintering, Coke Plant and Blast Furnace) and there are effective methods of reducing these changes [1], but it is extremely detrimental to the quality, productivity and cost of Steelmaking, mainly in steel production requiring low phosphorus content in your composition [2]. This paper aims to present the Sintering efforts to reduction phosphorus content in the sinter product and consequently in Hot Metal by means of quality simulations involving new fluxes and additives.

**Keywords:** Phosphorus; Raw material; Hot Metal; Steelmaking.

<sup>1</sup> Eng. Metalurgista, Eng. de Processo, Unidade Técnica da Redução, Thyssenkrupp CSA, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro de Materiais, M.Sc, Engenheiro de Processos, Unidade Técnica da Sinterização, Thyssenkrupp CSA, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro de Materiais, M.Sc, Coordenadora de Unidade Técnica Sinterização, Unidade Técnica da Redução, Thyssenkrupp CSA, Rio de Janeiro, Brasil.

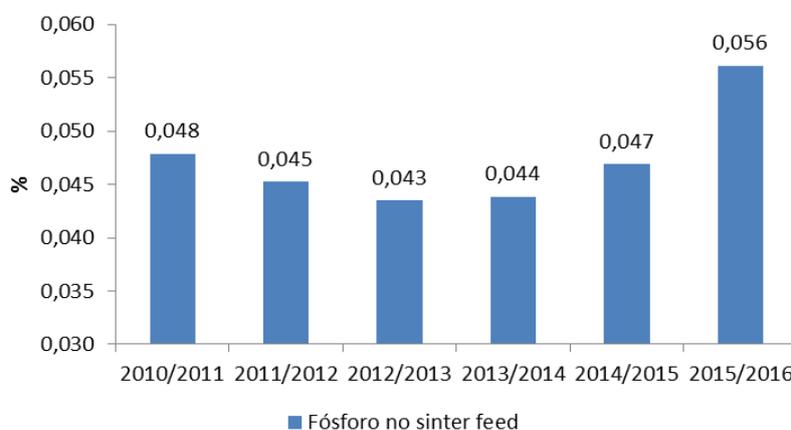
<sup>4</sup> Eng. de Produção, Eng. de Processo, Unidade Técnica da Redução, Thyssenkrupp CSA, RJ, Brasil.

<sup>5</sup> Engenheiro Metalurgista, M.Sc. Engenheiro de Processo, Gerência da Produção de Aço, Thyssenkrupp CSA, Rio de Janeiro, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

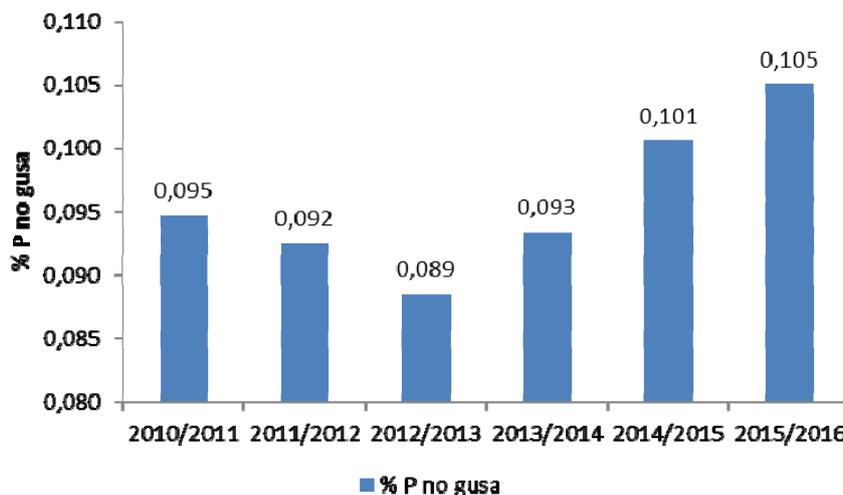
A Sinterização da thyssenkrupp CSA iniciou a operação em Maio de 2010 e durante os primeiros anos de operação foi consumido sinter feed de ótima qualidade física e química, com baixo teor de fósforo (abaixo de 0,050% conforme Figura 1), garantindo assim o sinter produto de baixo fósforo para os Altos Fornos. Devido ao baixo teor de fósforo no sinter feed, matéria prima com maior participação no leito, era possível incorporar na mistura outras matérias primas (fundentes e aditivos), com o teor de fósforo mais elevado sem interferir na qualidade do gusa para a Aciaria.

Desde o segundo semestre de 2014, o sinter feed recebido na CSA apresentou uma piora significativa na qualidade química, impactando consideravelmente na elevação do teor de fósforo em 2015 na carga metálica para os Altos Fornos. Estudos já realizados anteriormente já previam esta piora, especificamente para o minério de ferro do quadrilátero ferrífero, informando que a fase mineral que mais concentra o fósforo é a Goethita, seguida pela apatita [3;4].



**Figura 1:** Histórico do % fósforo do sinter feed consumido na CSA.

Na composição da carga metálica dos Altos-Fornos da thyssenkrupp CSA o sinter produto é consumido em maior proporção seguido da pelota e minério granulado, sendo que os dois últimos também apresentam elevação no teor de fósforo no decorrer do tempo, impactando na qualidade do gusa para a Aciaria (Figura 2).



**Figura 2:** Gráfico mostrando a elevação de fósforo no gusa desde 2010.

O aumento do fósforo na carga de gusa dos convertedores (BOF) ocasiona um impacto operacional indesejado para a Aciaria, caso os modelos de fundentes não estejam balanceados para a condição de fósforo alto, o índice de corridas fora de faixa pode aumentar, aumentando-se o resopro (retrabalho), tempo para vaziar a corrida, isto é, alto impacto na produção e também no desempenho do refratário. Sendo assim, para equilibrar a adição de fundentes, é necessário aumentar o volume de escória, isto é, aumenta-se o volume da fonte de sílica, assim como a cal calcítica e cal dolomítica em quantidades equilibradas para manter as proporções desejadas. No entanto, mesmo calculando de maneira correta as quantidades e proporções de fundentes, há um limite máximo para a adição no BOF devido ao volume útil do próprio BOF, assim como o pote de escória. Incrementando a quantidade escória no BOF acima dos limites habituais, os eventos de projeção (altamente indesejados) também aumentam, portanto, limita-se a quantidade máxima de fundentes adicionados. O somatório dos impactos gera uma grande instabilidade operacional na Aciaria, assim como todos os custos envolvidos na operação do BOF.

O esquema da Figura 3 mostra qualitativamente o impacto negativo na Aciaria, decorrente da elevação do teor de fósforo no Gusa.

#### a) Mantendo a condição operacional atual na Aciaria



#### b) Principais ações necessárias na aciaria com o aumento do teor de P no gusa

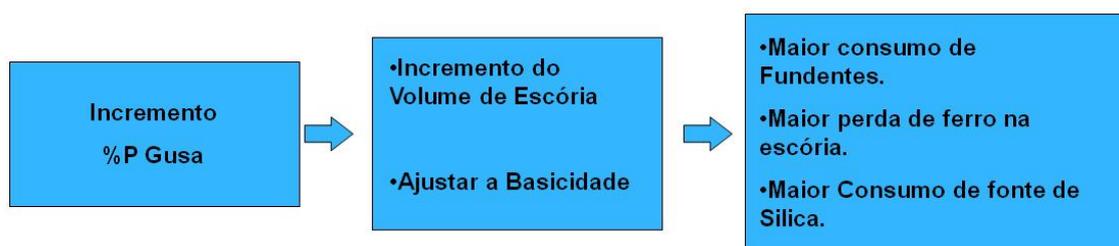


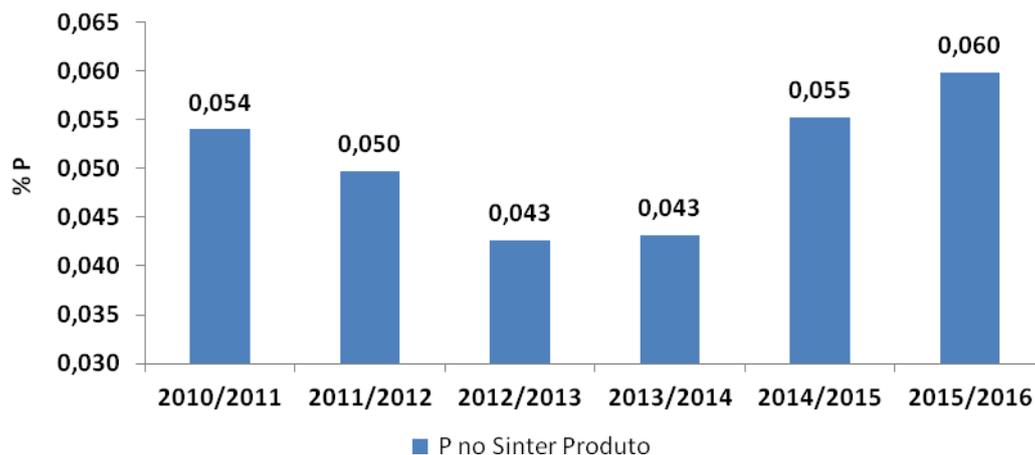
Figura 3: Esquema apresentando os impacto na Aciaria com o elevado teor de P no gusa.

O objetivo deste trabalho é apresentar as ações realizadas na Sinterização da CSA, com foco na redução do fósforo dos fundentes e aditivos, possibilitando significativa redução do input do fósforo no gusa via sinter produto.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 - Descrição das alterações de matérias primas ocorridas no período

Com base no levantamento histórico de dados do teor de fósforo do sinter produto (Figura 4), foi avaliado as principais mudanças das matérias-primas ocorridas desde 2010 e identificado oportunidades para redução do input de P no gusa via sinter produto.



**Figura 4:** Fósforo no sinter produto.

No período de 2012 a 2015 foi consumido na CSA dois tipos de fundentes (calcário calcítico) na proporção de 80% do FUNDENTE A e 20% do FUNDENTE B em média, sendo o FUNDENTE A com menor % de P comparado com o FUNDENTE B (Tabela 1). A partir de fevereiro de 2014 a Sinterização iniciou o consumo de minério Mn para atendimento na Aciaria, visando diversos benefícios que a elevação do manganês no gusa (de 0,1% para 0,4%) traria para o manuseio de escória formada no convertedor. A Tabela 1 apresenta também o teor de P do ADITIVO A que passou a ser mais um input de P no sinter produto. Estes foram os fundentes e aditivos utilizados neste período que mais contribuíram para o fósforo no sinter produto, portanto foram as matérias-primas escolhidas para uma análise mais detalhada da sua contribuição em relação ao fósforo.

**Tabela 1** Teor de P do calcário calcítico e minério Mn.

Matéria Prima	% P
FUNDENTE A	0,002
FUNDENTE B	0,070
ADITIVO A	0,210

## 2.2 Definição da estratégia de mudança das matérias primas.

Com base qualidade dos fundentes e aditivo, foi realizada uma avaliação por meio do balanço de massa, com o intuito de estratificar a contribuição de fósforo de cada matéria-prima utilizada no processo. Foi utilizada a média das qualidades químicas das matérias-primas consumidas no período e foi considerada a utilização de 100% do FUNDENTE B e do ADITIVO A, já que este era o pior cenário para a elevação do fósforo. A Figura 5 apresenta o pareto com a contribuição do input de P no sinter produto de cada matéria grupo de matéria - prima.

### Fósforo das matérias-primas utilizadas na Sinterização

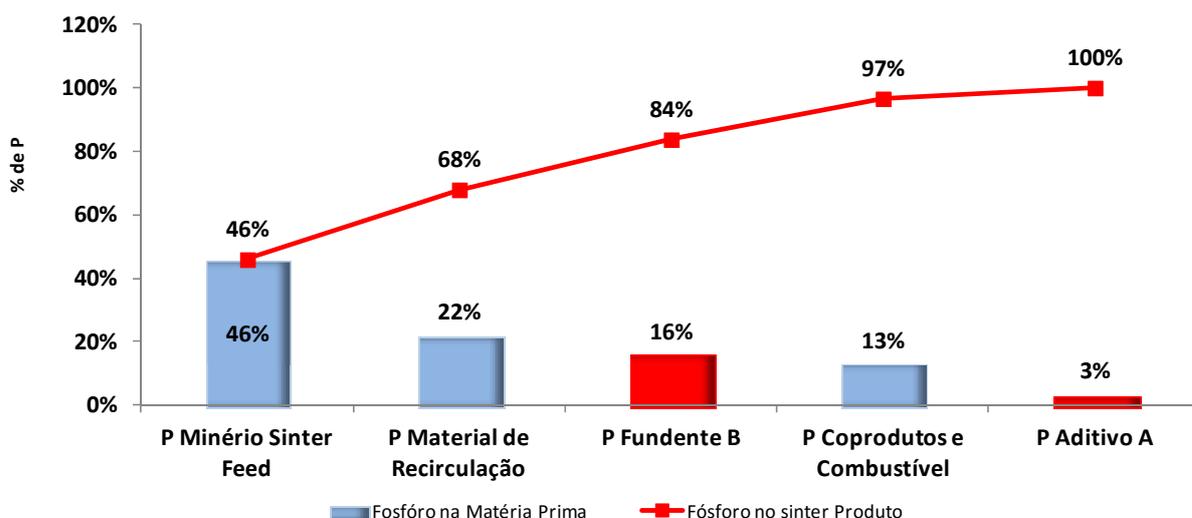


Figura 5: Contribuição de fósforo das matérias-primas.

Conforme mostrado na Figura 5, o somatório de input de P dos fundentes e aditivos são de 19% no sinter produto, considerando 100% do FUNDENTE B + ADITIVO A. Com base nesta avaliação, identificou-se oportunidade de redução do input de fósforo via substituição destas matérias – primas.

Após avaliação de oportunidades, iniciou-se o trabalho de desenvolvimento de fornecedores de aditivos, visando além da melhor qualidade da matéria prima, a redução do teor de P. A partir de fevereiro de 2016 a Sinterização iniciou o consumo do ADITIVO B, como fonte de manganês para atendimento a Aciaria e menor input de P no gusa.

Tabela 3 Teor de P do minério Mn.

Matéria Prima	% P
ADITIVO B	0,047

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Simulação dos vários cenários de input de fósforo:

Após simulação de diversos cenários contemplando a variação de P, conforme a qualidade das matérias primas, construiu-se o cenário global de input de P no sinter produto mostrando claramente as oportunidades de redução com base nas matérias utilizadas. A média do teor de P do sinter real foi utilizada no balanço como base de comparação, conforme mostrado na Figura 6.

### Simulação Global do Teor de Fósforo no Sinter Produto

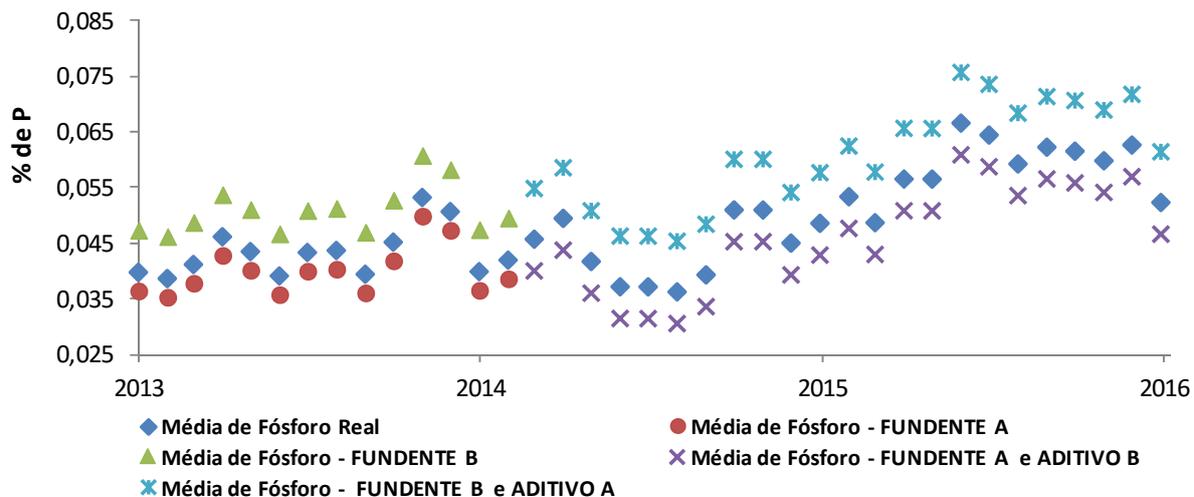


Figura 6: Simulação de fósforo.

A Figura 7 apresenta o resultado das simulações considerando o pior e o melhor cenário em relação ao input de P, sendo FUNDENTE B + ADITIVO A e FUNDENTE A + ADITIVO B, respectivamente. O resultado das simulações são comparados com o teor d P real do período.

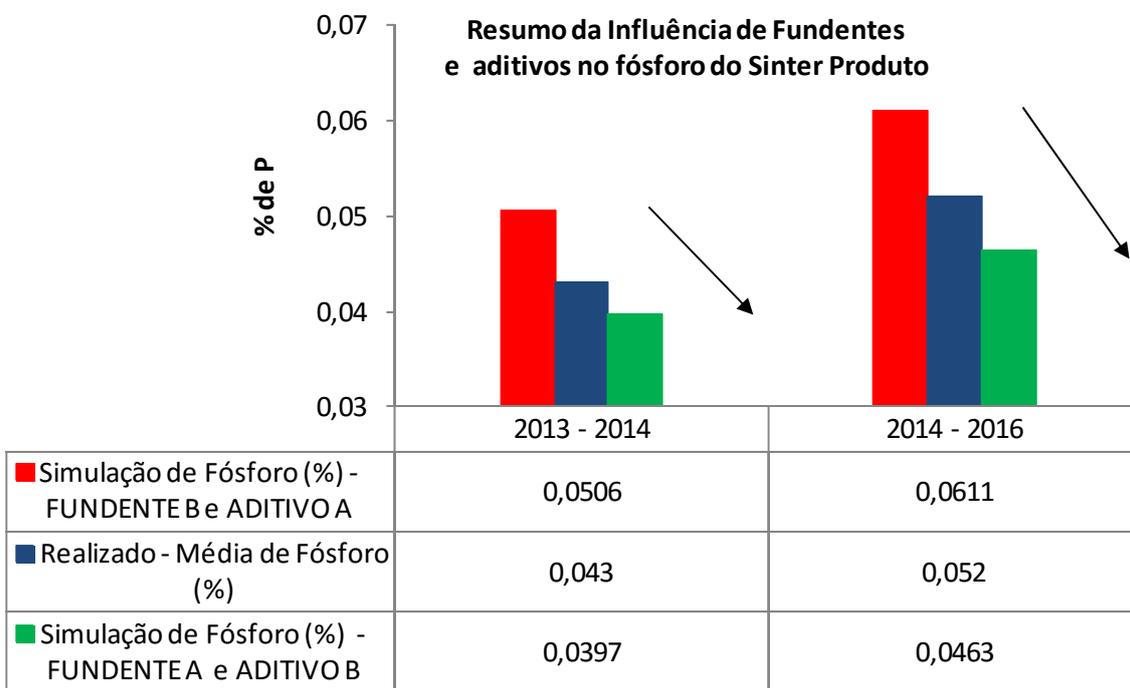


Figura 7: Comparativo de cenários com matérias primas de baixo e alto teor de P.

Como pode ser visto os fundentes e aditivos apresentam grande influência no teor de fósforo do sinter produto. Os ADITIVOS A e B tem participação de menos de 1% no leito de sinterização e mesmo assim apresentam uma grande contribuição na

elevação do fósforo. A CSA já trabalha no melhor cenário desde fevereiro de 2016, sendo ele o FUNDENTE A + ADITIVO B.

#### 4 CONCLUSÃO

Existem diversas técnicas para o controle do teor de fósforo na Aciaria, porém uma das mais eficazes é o rigoroso controle do input de fósforo vindo das matérias-primas de forma a reduzir os impactos no processo e custos da Aciaria. O presente trabalho mostrou que é possível identificar oportunidades de redução de P frente à piora da qualidade da carga metálica dos Altos Fornos minimizando os impactos. Com base nas simulações das matérias primas realizadas, concluiu-se que a utilização do FUNDENTE A e do ADITIVO B contribuem significativamente para redução do input de P no sinter produto (~10%). Esta iniciativa contribui para a redução de custos na Aciaria, além de ser um trabalho que demonstra uma grande sinergia entre as áreas da Redução e de produção de aço.

#### REFERÊNCIAS

1. Oyama N, Higuchi T, Machida S, Sato H, Takeda K. Effect of high phosphorus iron ore in quasi-particle on melt fluidity and sinter bed permeability during sintering. ISIJ International. 2009; 49(5): 650-657.
2. Jiang L, Diao J, Yan X, Xie B, Ren Y, Zhang T, Fan G. Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on enrichment of phosphorous in hot metal desphosphorization slag. ISIJ International. 2015; 55(3): 564-569.
3. Pereira AC, Papini RM. Processes for phosphorus removal from iron ore – a review. Escola de Minas, Ouro Preto. 2015; 68(3):331-334.
4. Araújo AC, Amarante SC, Souza CC, Silva RRR. Ore Mineralogy and its relevance of concentration in processing of Brazilian Iron Ores. Mineral Process and Extractive Metallurgy. 2003; 112:57.