

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS FERROSOS, COMO AGENTE REDUTOR NO CONSUMO DE MINÉRIO DE FERRO NA SINTERIZAÇÃO DA ARCELORMITTAL PECÉM*

Miguel Araújo de Vasconcelos Filho¹

Matheus Salmito Rodrigues Ponte²

Michael Jeferson de Souza fineza³

Emerson De Souza Silva⁴

Alisson Dias da Silva⁵

Adilio Freitas dos Santos⁶

Antônio Augusto de Moraes Piau⁷

Resumo

Este trabalho tem por objetivo de mostrar a equivalência de redução no consumo de minério de ferro na sinterização da ArcelorMittal Pecém com a utilização de resíduos ferrosos via planta de mistura que tem o papel de transportar, beneficiar todos os resíduos característicos de recirculação homologados para consumo interno. O projeto da planta de beneficiamento foi criado para atender 3 pilares sustentáveis (meio ambiente, qualidade e custo). Desde então, a sinterização da ArcelorMittal Pecém, no início de suas operações em 2016 até 2023, já consumiu mais de 1.5 milhões de toneladas de resíduos beneficiados que foram gerados na usina e que depois de misturados são chamados de By-product, “mistura composta de todos os resíduos”. Na operação da planta de beneficiamento, foram desenvolvidos procedimentos para melhorar o beneficiamento com o intuito de garantir o consumo integral de todos os resíduos conforme a sua geração, ou seja, filosofia de consumo igual ao que se gera na usina sem a necessidade de dispor em aterro e colapsar o sistema por falta de By-product para a sinterização. Com os processos de integração entre a planta de beneficiamento e linha de mistura da sinterização, é possível realizar correções de demandas no consumo do By-product visando a melhor qualidade do sinter produto. A integração ainda permite a correção da proporção entre as matérias-primas, com o intuito de manter a qualidade do sinter, caso se altere a dosagem de By-product. Com a utilização dos resíduos de forma sistêmica e constante de mistura através da planta de beneficiamento da fornecedora Phoenix do Pecém, é possível realizar redução média de 32 kg/toneladas para produção de sinter bruto. Base de cálculo com o balanço de massa de mar/23 da sinterização da ArcelorMittal Pecém. A planta de beneficiamento tem um sistema robusto de processamento na mistura sistêmica com balanças pesadoras de carga e correias transportadoras que é administrada pela fornecedora Phoenix do Pecém, que enviam os resíduos para a sinterização. A capacidade nominal da planta é de 100 t/hora. O processo necessita de utilização de água com o intuito de atingir 8% de umidade no misturador para efeito de aglomeração e mitigação das emissões fugitivas em correias transportadoras. Todas as balanças de dosagem têm um sistema integrado com o misturador para garantir que a mistura tenha capacidade da formação do By-product igual a projeção específica da gerência técnica da sinterização.

Palavras-chave: Beneficiamento de resíduos; Misturador; Consumo de minério.

USE OF FERROUS WASTE AS A REDUCING AGENT IN THE CONSUMPTION OF IRON ORE IN THE SINTERIZATION OF ARCELORMITTAL PECÉM

Abstract

This work aims to show the equivalence of reduction in iron ore consumption in the sintering of ArcelorMittal do Pecém with the use of ferrous waste via a mixing plant

that has the role of transporting, benefiting all the characteristic wastes of recirculation approved for consumption internal. The processing plant project was created to meet 3 sustainable pillars (environment, quality and cost). Since then, the sintering plant at ArcelorMittal Pecém, at the beginning of its operations in 2016 until 2023, has already consumed more than 1.5 million tons of processed residues that were generated at the plant and which, after being mixed, are called By-product, “mixture made up of all waste”. In the operation of the processing plant, procedures were developed to improve processing to ensure full consumption of all waste according to its generation, that is, a philosophy of consumption equal to what is generated in the plant without the need to dispose of it in landfills and collapse the system due to lack of By-product for sintering. With the integration processes between the beneficiation plant and the sinter mixing line, it is possible to correct demands in the By-product consumption, aiming at the best quality of the sinter product, since the sinter mass balance includes the theoretical calculation of the By-product quality, which in turn within the crude sinter production process, needs corrections in its absence or increase in waste consumption. With the use of residues systematically and constantly mixed through the processing plant of the supplier Phoenix do Pecem, it is possible to achieve an average reduction of 32 kg/tons for the production of raw sinter. Calculation base with the mass balance of Mar/23 of the sintering at ArcelorMittal Pecém. The beneficiation plant has a robust system of processing in the systemic mixture with load weighing scale and conveyor belts that is managed by the supplier Phoenix do Pecém, which send the residues for sintering. The nominal capacity of the plant is 100 t/hour. The process requires the use of water with concentrations of 8% for the purpose of agglomeration and mitigation of fugitive emissions on conveyor belts. All dosing scales have a system integrated with the mixer to ensure that the mixture has a By-product formation capacity equal to the specific projection of the sintering technical management.

Keywords: waste improvement, Mixer; Ore consumption

- ¹ *Técnico em metalurgia, Técnico de processos, Gerência de operações de pátio de matérias primas e sinterização, ArcelorMittal Pecém, São Gonçalo do Amarante, CE, Brasil*
- ² *Engenheiro Químico, Analista de Processos de sinterização e Pátio de Matérias Primas, Gerência Técnica de redução, ArcelorMittal Pecém, São Gonçalo do Amarante, CE, Brasil*
- ³ *Técnico em eletrônica, Técnico de processos, Gerência de operações de pátio de matérias primas e sinterização, ArcelorMittal Pecém, São Gonçalo do Amarante, CE, Brasil*
- ⁴ *Engenheiro de produção, Especialista de produção, Gerência de operações de pátio de matérias primas e sinterização, ArcelorMittal Pecém, São Gonçalo do Amarante, CE, Brasil*
- ⁵ *Engenheiro de materiais, Gerente de Planta, Gerência de operações de pátio de matérias primas e sinterização, ArcelorMittal Pecém, São Gonçalo do Amarante, CE, Brasil*
- ⁶ *Técnico em mecânica, Técnico mantenedor III, Gerência de operações de pátio de matérias primas e sinterização, ArcelorMittal Pecém, São Gonçalo do Amarante, CE, Brasil*
- ⁷ *Gerente de Operações, Engenheiro de Produção, Phoenix Slag, Pecém, CE, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A sinterização da ArcelorMittal Pecém foi desenvolvida com o projeto capaz de reduzir o consumo específico de minério de ferro durante a fabricação do sinter que é um material composto por minério e fundentes que serve como insumo no Alto-Forno. Capacidade da máquina de sinter de 400m² de produção da sinterização e a planta de beneficiamento com capacidade de 100 t/hora de produção de By-product.

Diferente de todos os trabalhos supracitados, os quais citam aglomeração a quente ou a frio para a produção de pelotas ou briquetes, este trabalho visa a produção de um Sinter feito apenas de resíduos siderúrgicos e que deverá utilizar processos de sinterização do tipo semi-contínuo ou do tipo “Sinterização de Panela” como é mais conhecido[1]

O consumo de aproximadamente 6% de resíduos ferrosos dentro da sinterização com produção de 13.700 t/dia, pode ser considerada uma excelente oportunidade de redução no consumo de minério de ferro. A facilidade de utilização dessa tecnologia de forma prática e com ênfase no baixo custo de reutilização de resíduos que poderiam ir para aterro industrial, entretanto existe e é possível utilizar desses rejeitos como agente redutor no consumo de minério de ferro.

O minério de ferro utilizado na sinterização é extraído da natureza e precisa ser aglomerado antes de ser consumido no Alto-Forno, visto que a característica granulométrica desse material impactaria diretamente na permeabilidade do Alto-Forno, e, conseqüentemente, na sua operação. O sinter feed utilizado na sinterização da ArcelorMittal Pecém possui Fe% entre 50 e 65%. O consumo de resíduos ferrosos que são pós e lamas gerados nos processos siderúrgicos, não é uma novidade no seguimento siderúrgico, entretanto, os processos de beneficiamento dos resíduos estão melhorando continuamente, possibilitando maior estabilidade no processo de dosagem.

A planta de beneficiamento possui balanças dosadoras que possibilitam a dosagem dos resíduos na proporção adequada e solicitada pela sinterização, reduzindo a variação da qualidade química para uma mesma receita de By-product e permitindo que cada resíduo seja consumido conforme sua geração, mantendo um estoque máximo de 2000 toneladas de resíduo na planta para absorver variação de geração entre um dia e outro.

2 DESENVOLVIMENTO

O processo inicia na projeção do cálculo de consumo de resíduos que é feita através da verificação média da geração dos resíduos característicos para serem utilizados na formação do By-product. Essa projeção é estimada através de um sistema pesagens de balanças rodoviárias integradas no sistema (M.E.S) de produção da usina. Dessa forma é possível levantar e estimar volumes por fontes geradas na usina. Para essa configuração o sistema interpreta por códigos de matérias através de placas virtuais criadas para inserir principais informações tais como origem destino, peso líquido, data e hora da pesagem, facilitando assim o trabalho de realizar a compilação dos dados para uso no cálculo final de balanço de massa.

[SIT025] Detalhe Resultado de Pesagem x

Detalhe Resultado de Pesagem

Data da Pesagem: 01-01-2023 00:00:00 ~ 02-01-2023 00:00:00 Tipo Transporte: N° Ordem: Pesquisar Fechar

Placa Veículo: PHX Material ERP: Rota: N° Balança:

N° Ordem	Data Pesagem	Tipo Transporte	Placa Veículo	Código	Material ERP	Descrição	Código	Rota	Nome	Peso Líq.	Tara
1	I23010100073	01-01-2023 23:30:40	I-Transporte Interno	PHX0014	B8K07	LAMA DO TRATAMENTO DE ÁGUA LC	E004	LIGOTAMENTO CONTINUO LAMA/ MX PLANT PHX		2,310	16,500
2	I23010100024	01-01-2023 23:05:30	I-Transporte Interno	PHX0012	B8L03	ESCÓRIA DE BOF	E029	ACIARIA ESCORIA BOF/ TRAT. ESCORIA PHX		29,960	37,320
3	I23010100103	01-01-2023 23:02:10	I-Transporte Interno	PHX0075	B8L01	ESCÓRIA DE PANELA	E048	ACIARIA BAIA ESCORIA LINGOT/ PLANTA TRAT. DE		39,400	37,780
4	I23010100072	01-01-2023 22:47:06	I-Transporte Interno	PHX0027	B8UA7	PÓ DO PE SECUNDÁRIO SINTER	E006	SINTER PE SECUNDÁRIO/ MX PLANT PHX		34,940	13,520
5	I23010100102	01-01-2023 22:43:08	I-Transporte Interno	PHX0075	B8L01	ESCÓRIA DE PANELA	E048	ACIARIA BAIA ESCORIA LINGOT/ PLANTA TRAT. DE		29,300	37,520
6	I23010100074	01-01-2023 22:41:53	I-Transporte Interno	PHX0075	B8L01	ESCÓRIA DE PANELA	E048	ACIARIA BAIA ESCORIA LINGOT/ PLANTA TRAT. DE		37,760	37,780

Figura 01: Foto do sistema integrado de pesagens dos transportes de resíduos das fontes geradoras até a planta de beneficiamento da ArcelorMittal do Pecém.

Existem diversos pontos de geração na usina da ArcelorMittal do Pecém que são drenados diariamente nos caminhões da Phoenix. Em média são geradas 600 toneladas de resíduos por dia. O transporte é de responsabilidade da Planta de beneficiamento. Figura 02 mostra todos os pontos de geração de resíduos localizados na ArcelorMittal Pecem



Figura 02: Pontos de geração de resíduos consumidos na ArcelorMittal Pecém via planta de beneficiamento de resíduos da Phoenix do Pecém.

Com o sistema de pesagens de todas as viagens de resíduos, é possível criar um levantamento para consumo específico de resíduos na sinterização. Dessa forma, o passo a seguir é calcular quanto a sinterização deverá consumir de resíduos em função do critério de geração da usina. A geração específica é calculada da seguinte forma:

Geração de resíduos (t)

----- x 1000 = Consumo Específico (kg/t de sinter)

Produção de sinter bruto (t)

É possível calcular o consumo específico para cada resíduo gerado na usina dentro do plano de produção de sinter bruto. A gestão desse processo é feita mensalmente para atender as adequações de produção e consumo das matérias-primas que a sinterização demanda para as áreas. A tabela 01, mostra a composição de resíduos para a formação de By-product e tem o objetivo de orientar a dosagem dos resíduos dentro do processo de beneficiamento na formação do By-product.

A tabela abaixo mostra o cálculo de consumo específico que serve para a formação da composição de mistura do By-product. Sempre em alterações de acúmulo de estoque de resíduos ou necessidade da sinterização, é realizada uma nova tabela com base no estoque e geração de cada resíduo. Preferencialmente as tabelas são dispostas para a planta de beneficiamento sempre no início do mês junto com o plano de produção de sinter. Dessa forma, variações de estoque são minimizadas. Segue tabela 1:

RESÍDUOS	(t/mês)	(t/dia)	Kg/t-s	(%)
EP2 SINTER	2585	93	7	15
CICLONE	1885	68	5	11
DERRAMAMENTO MINÉRIO	1106	40	3	6
SUCATA DO BSSF	2298	83	6	13
CAREPA	862	31	2	5
SUCATA "C" do BOF	1436	52	4	8
CASA DE CORRIDA	556	20	1	3
DESP TERREO ACI	195	7	1	1
CASA DE SILOS AF	833	30	2	5
DOSAGEM SINTER	207	7	1	1
ESP	4587	165	12	27
PÓ DO KR	316	11	1	2
SOMA DA GERAÇÃO (T/MÊS)	17336	622	47	100
PRODUÇÃO DE SINTER (T/DIA)	13339			
UMIDADE DO BY-PRODUCT (%)	8			

Tabela 01: Tabela de do cálculo da composição do By-product.

É possível realizar o balanço de massa do sinter, tendo em vista que toda a matéria prima esteja com a qualidade química atualizada. Quando se trata da qualidade química do By-product, é calculado uma média mês como base para novos balanços. Para se obter a qualidade química média do By-product, a sinterização padronizou um ensaio por dia do By-product no ponto de coleta antes de entrar na linha de mistura da sinterização, podendo obter dados do produto da planta de beneficiamento de resíduos. Ver a qualidade química do By-product no gráfico 01 e 02.

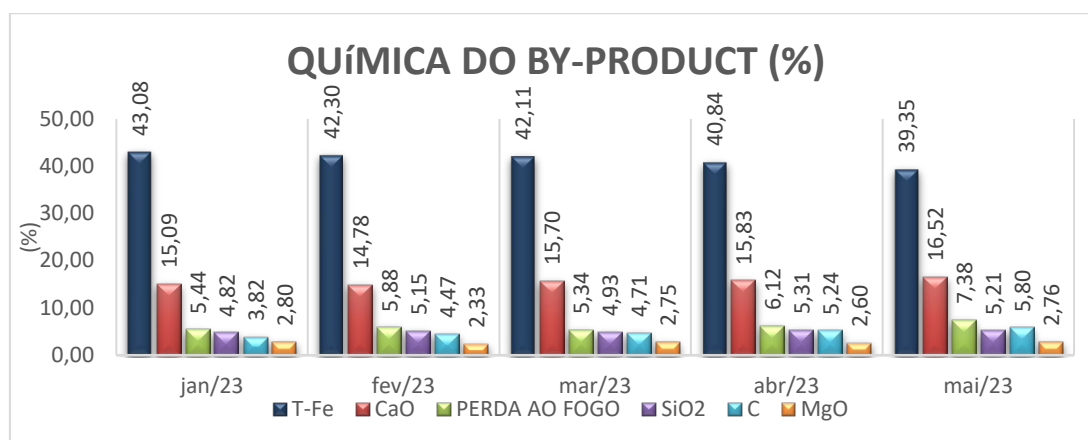


Gráfico 01: Média por mês da qualidade química do By-product

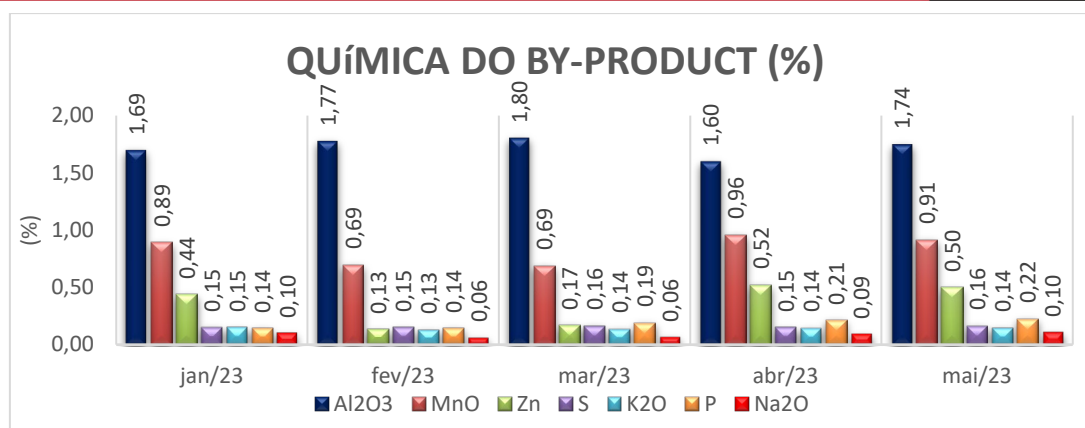


Gráfico 02: Média por mês da qualidade química do By-product

O processo de correção do consumo na mistura a sinterizar é realizado posteriormente ao processo dos cálculos do consumo específico de by-product. Segue tabela do balanço de dois cenários, sem resíduos e com resíduos. Ver na tabela 02

Base Seca (Percentual)																
MATÉRIAS PRIMAS	QTDE (kg/t sinter)	CaO	SiO ₂	MgO	Mn	Al ₂ O ₃	P	Fe ₂ O ₃	FeO	Fet	C	LOSS	Na ₂ O	K ₂ O	Outros	SUM
SSTP 2020	165,28	0,01	10,79	0,200	0,24	1,16	0,054	85,10	0,15	59,69	0,040	1,32	0,014	0,024	0,33	100,00
SSCP 2020 Castillo	661,14	0,00	2,16	0,140	0,12	0,91	0,062	93,38	0,04	65,40	0,032	2,39	0,005	0,020	0,16	100,00
	0,00	-	5,70	0,043	0,02	1,80	0,058	90,67	0,04	63,50	0,032	1,32	0,005	0,020	0,32	100,00
By product	0,00	15,76	5,84	2,44	0,83	1,56	0,1982	57,06	2,00	41,5001	4,64	5,8381	0,082	0,158	8,17	100,00
BF Return	123,00	8,97	5,29	0,88	0,17	1,24	0,066	73,84	7,50	58,78	-	-	0,016	0,036	1,39	100,00
Silica	11,39	0,38	93,93	0,021	-	1,535	0,003	-	-	-	-	0,119	0,220	0,070	3,72	100,00
Dolomita	0,00	28,48	4,35	19,57	0,023	1,100	0,010	0,302	0,140	0,320	-	43,050	0,000	0,210	2,77	100,00
Limestone	93,19	50,34	1,73	3,120	0,010	1,43	-	0,21	0,001	0,15	-	42,840	0,001	0,090	0,22	100,00
Burnt Lime	36,00	93,18	1,09	1,59	0,15	0,40	0,003	1,01	-	0,32	-	2,10	-	-	0,48	100,00
Coke Breeze	26,46	0,30	6,10	0,13	-	3,49	0,031	1,36	-	0,95	86,27	88,00	-	-	0,59	100,00
Antracite	33,67	0,36	3,43	0,14	0,01	1,87	0,068	1,23	-	0,67	89,87	92,86	-	-	0,04	100,00
Mistura Total	1.150,13	7,98	4,70	0,51	0,13	1,10	0,053	73,92	0,85	52,52	4,64	10,28	0,009	0,027	0,44	100,00
Produção de Sinter	1.000	8,97	5,29	0,88	0,17	1,24	0,066	73,845	7,500	58,775	4,64	-	-	0,010	0,030	0,50
Basicidade	1,70	RD1	28,92	SI	92,59	-	-	-	-	-	-	805,04	595,73	209,3104	-	Ore Ratio: 1,09
Valores Objetivados	60,13193416	Basicidade	9,30	5,59	0,51	0,20	1,51	0,050	74,54	8,50	58,52	-	-	0,044	0,041	0,50
		Basicidade	1,74	Vesc	14,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 02. Balanço de massa sem consumo de by-product.

Nessa condição, toda a carga de matéria-prima é redistribuída para as demais matérias primas quando não há presença nenhuma de resíduos para a produção de sinter. Conforme necessidade de correções da qualidade do sinter. Nesse caso específico, foi necessário mais 32,70 kg de sinter de minério de ferro para a formação de 1 tonelada do sinter bruto. Ver na tabela 03

Base Seca (Percentual)																
MATÉRIAS PRIMAS	QTDE (kg/t sinter)	CaO	SiO ₂	MgO	Mn	Al ₂ O ₃	P	Fe ₂ O ₃	FeO	Fet	C	LOSS	Na ₂ O	K ₂ O	Outros	SUM
SSTP 2020	158,74	0,01	10,79	0,200	0,24	1,16	0,054	85,10	0,15	59,69	0,040	1,32	0,014	0,024	0,33	100,00
SSCP 2020 Castillo	634,97	0,00	2,16	0,140	0,12	0,91	0,062	93,38	0,04	65,40	0,032	2,39	0,005	0,020	0,16	100,00
	0,00	-	5,70	0,043	0,02	1,80	0,058	90,67	0,04	63,50	0,032	1,32	0,005	0,020	0,32	100,00
By product	48,00	15,76	5,84	2,44	0,83	1,56	0,1982	57,06	2,00	41,5001	4,64	5,8381	0,082	0,158	8,17	100,00
BF Return	123,00	8,97	5,29	0,88	0,17	1,24	0,066	73,84	7,50	58,78	-	-	0,016	0,036	1,39	100,00
Silica	10,38	0,38	93,93	0,021	-	1,535	0,003	-	-	-	-	0,119	0,220	0,070	3,72	100,00
Dolomita	0,00	28,48	4,35	19,57	0,023	1,100	0,010	0,302	0,140	0,320	-	43,050	0,000	0,210	2,77	100,00
Limestone	78,31	50,34	1,73	3,120	0,010	1,43	-	0,21	0,001	0,15	-	42,840	0,001	0,090	0,22	100,00
Burnt Lime	36,00	93,18	1,09	1,59	0,15	0,40	0,003	1,01	-	0,32	-	2,10	-	-	0,48	100,00
Coke Breeze	25,30	0,30	6,10	0,13	-	3,49	0,031	1,36	-	0,95	86,27	88,00	-	-	0,59	100,00
Antracite	32,20	0,36	3,43	0,14	0,01	1,87	0,068	1,23	-	0,67	89,87	92,86	-	-	0,04	100,00
Mistura Total	1.147,50	8,03	4,73	0,57	0,16	1,12	0,060	73,86	0,93	52,54	4,64	9,73	0,012	0,032	0,77	100,00
Produção de Sinter	1.000	8,97	5,29	0,88	0,17	1,24	0,066	73,845	7,500	58,775	4,64	-	-	0,013	0,035	0,86
Basicidade	1,70	RD1	29,01	SI	92,61	-	-	-	-	-	-	805,04	595,73	209,3104	-	Ore Ratio: 1,09
Valores Objetivados		Basicidade	9,30	5,59	0,51	0,20	1,51	0,050	74,54	8,50	58,52	-	-	0,044	0,041	0,50
		Basicidade	1,74	Vesc	14,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 03. Balanço de massa com consumo de by-product no sinter produto.

Levando em consideração momentos de produtividade estável, é possível verificar cenários reais em que o maior consumo de By-product provocaram uma redução no consumo de minério de ferro. Dados de produtividade da sinterização em 35 t/m²/dia em JUN/21. Ver figura 03.

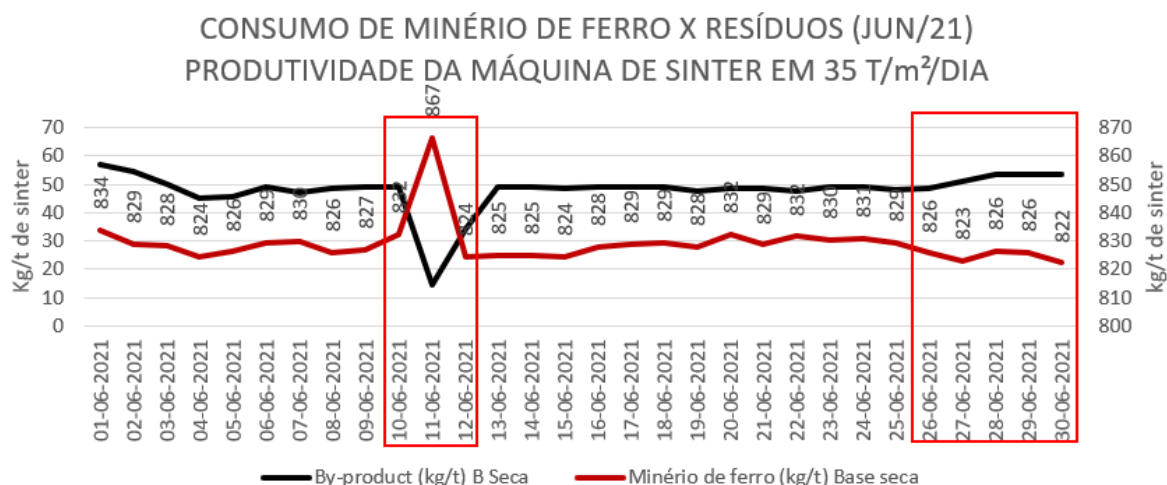


Figura 03. Resultados obtidos do sistema de produção da ArcelorMittal Pecém.

A planta de beneficiamento da fornecedora Phoenix do Pecém instalada na sinterização da ArcelorMittal Pecém consiste em 3 processos macros de gerenciamento desde o início até a formação do By-product. Ver figura 08.

Transporte: Consiste no processo de transportar todo o coproduto da unidade geradora da usina até o destino de armazenamento dentro das dependências da planta de beneficiamento. Na figura 4 mostram-se os principais resíduos que são gerados e transportados.



[Figura 04. Principais resíduos ferrosos gerados e consumidos na ArcelorMittal Pecém.

Armazenamento: Com o intuito de armazenar os resíduos por famílias. As lamas e alguns pós gerados na usina, são armazenadas em baias que ficam perto de moegas dosadoras para serem alimentadas por pá carregadeira quando a linha de mistura está ligada. Outros pós que são mais secos e não existe a presença de umidade, são endereçadas para os silos por sistema de transporte pneumático ou elevador de canecas. Ver figura 05.



Figura 05. Planta de beneficiamento da ArcelorMittal Pecém administrada pela Phoenix do Pecém.

O supervísório atual da planta de beneficiamento de resíduos, consistem em 02 rotas de envio de by-product para a sinterização. Uma é rota direta ou “ROTA DE ENVIO”, que envia direto para a sinterização depois do beneficiamento, sem nenhuma estocagem de material, ou seja, quando o misturados da planta de resíduos está funcionando realizando a mistura dos resíduos, é enviado diretamente para a sinterização depois da mistura. A “ROTA DE RETOMADA”, é quando a linha de mistura está parada para manutenção preventiva/corretiva. A pá carregadeira abastece por meio de tremonha o material já misturado que vai direto para a sinterização. Ver figura 06.

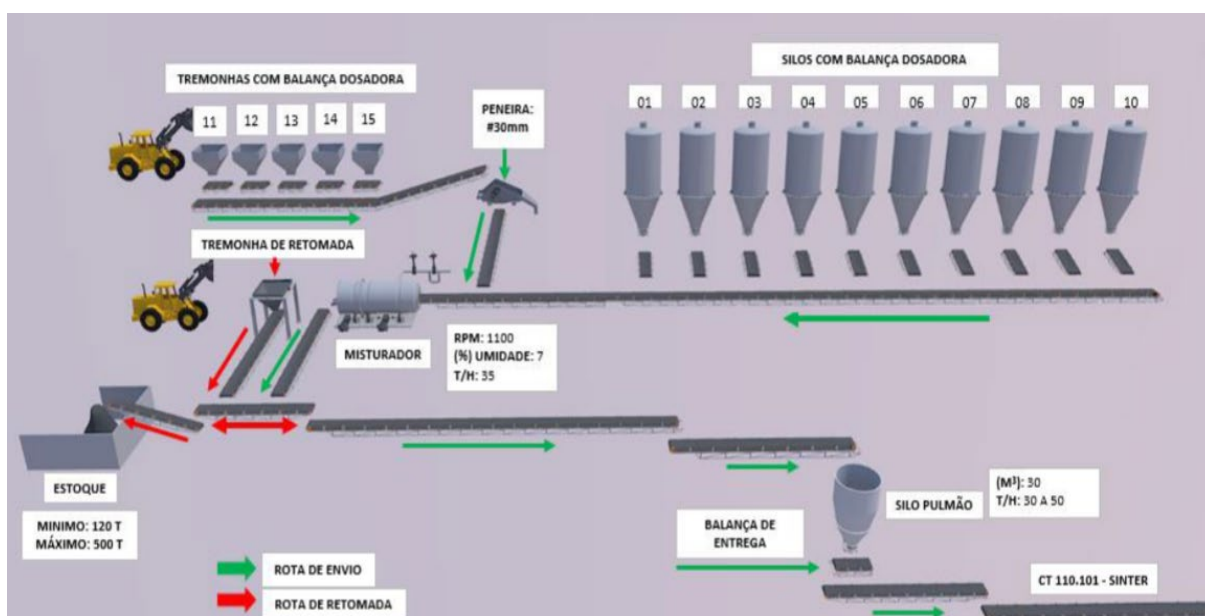


Figura 06. Supervísório da planta de beneficiamento.

A gestão de estoque é realizada através da ferramenta Power BI onde é possível visualizar a evolução do estoque que servirá como base para tomada de decisão sobre o consumo de By-product. Ver figura 07 e 08.

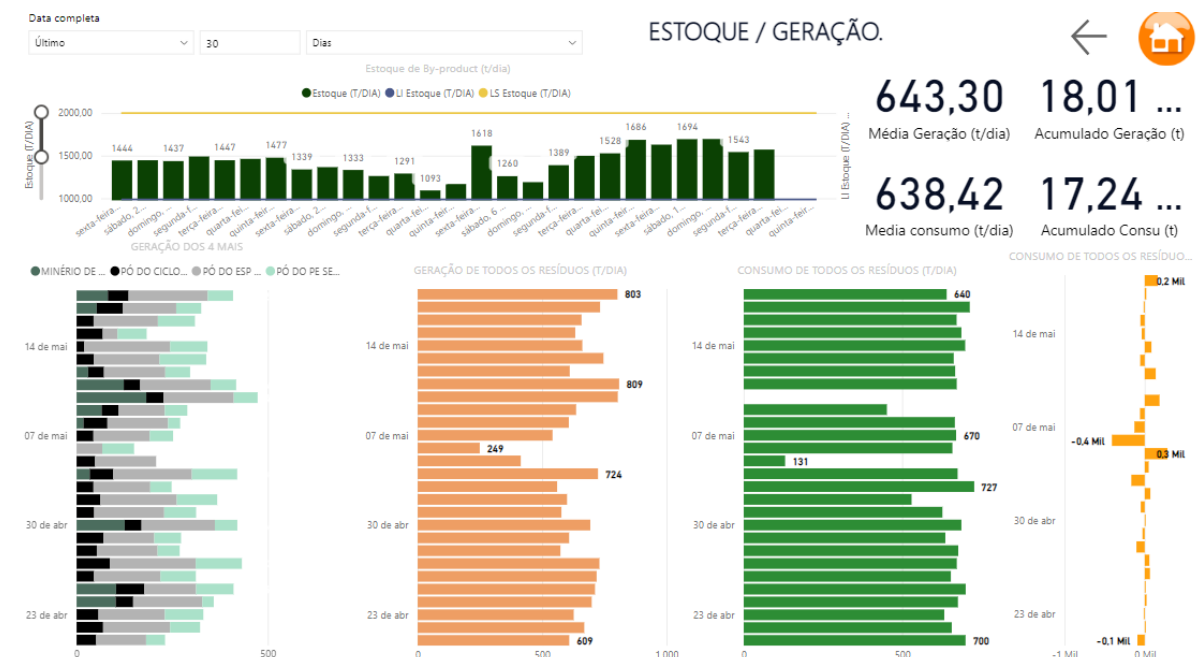


Figura 07. Gestão de estoques e consumo da usina.

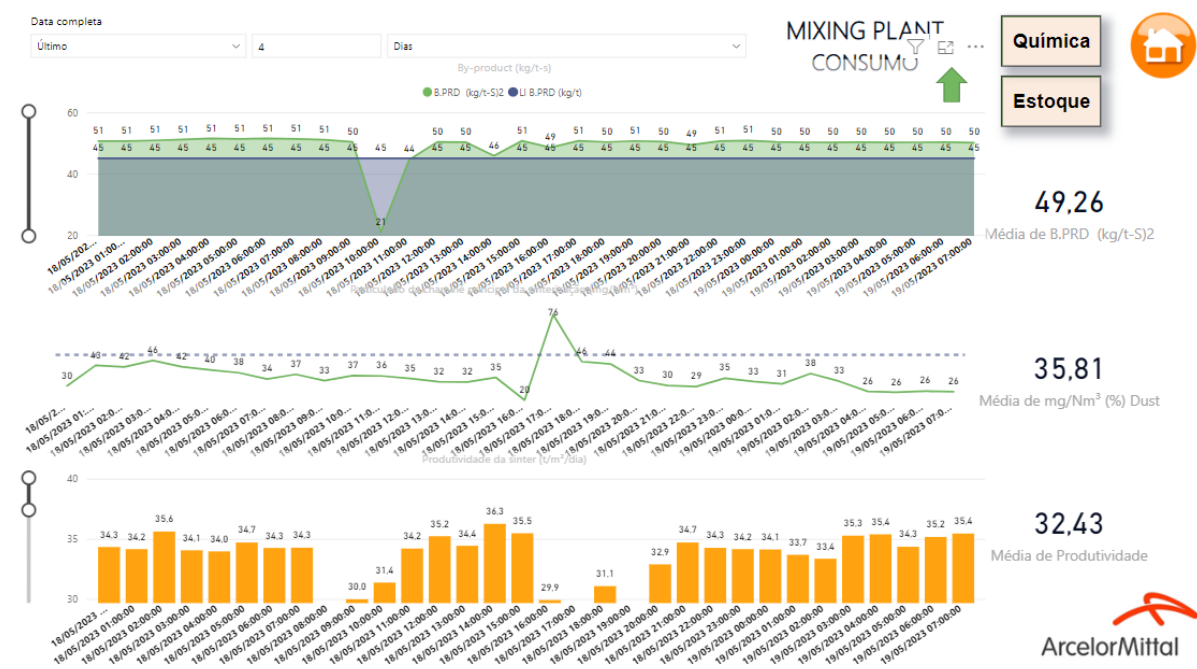


Figura 08. Gestão de estoques e consumo da usina

3 CONCLUSÃO

É possível verificar a redução de minério de ferro com utilização de resíduos ferrosos por meio de tecnologia de beneficiamento constante. Pode-se concluir a redução de

minério de ferro com consumo de resíduos ferrosos de forma gerenciável nos aspectos de estoques e consumo.

Agradecimentos

Agradeço aos meus amigos de trabalho da ArcelorMittal Pecém e Phoenix do Pecém que abraçaram esta publicação do artigo que fala sobre o reflexo de processos de beneficiamento de resíduos na usina siderúrgica. Obrigado Ulisses Tetti ao conhecimento em metalurgia.

REFERÊNCIAS

- 1 Silva, Geovane Viturino da. Utilização de resíduos sólidos siderúrgicos via processo semicontínuo de sinterização como carga para altos-fornos / Geovane/ 2014.]