



# Abordagem Geral Sobre Os Resíduos da Mineração

**Hilário, J.A..**

**Assemg, CEGM, Crea-MG**

**Belo Horizonte, 18 de novembro de 2019**

[joao.ahilario@yahoo.com.br](mailto:joao.ahilario@yahoo.com.br), [joao.hilario@crea-mg.org.br](mailto:joao.hilario@crea-mg.org.br) (31) 98415-6348



## Por que os resíduos (estéreis e rejeitos) são gerados?

Porque a vida moderna, sua qualidade dentro dos padrões atuais, está montada com base no consumo de produtos da Mineração, desde o nascimento até a morte; De acordo com o último *Plano Nacional De Mineração 2030*, da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, (SGM) de maio de 2011, o consumo per capita de produtos de base mineral no Brasil deveria igualar ou superar o consumo médio mundial, até 2015, e triplicar até 2030, atingindo um patamar próximo ao de países desenvolvidos, com o País alcançando um PIB per capita superior a US\$ 20 mil, associado a uma melhor distribuição de renda; De acordo com este Plano, a evolução prevista pode ser vista na Tabela a seguir, *Consumo per capita de materiais selecionados e previsão para o Brasil até 2030*;



## Consumo per capita de materiais selecionados e previsão para o Brasil até 2030

Material	Europa	EUA	China	Índia	Mundo	Brasil			
	2008				2008	2008	2015	2022	2030
Agregados (t)	6,0-10	9,0	n.d.	n.d.	3,5	2,5	3,6	5,1	7,0
Cimento (kg)	400-1.200	425	900	136	393	270	372	521	726
Aço (kg)	400-700	396	330	52	202	126	198	278	401
Cobre (kg)	8,0-20	7,0	3,0	0,2	2,7	2,1	2,7	3,7	5,4
Alumínio (kg)	20-30	30	7,8	1,1	5,7	4,9	6,5	8,9	12,8

Nota: não foi considerado, para o Brasil, o consumo de metais oriundos de reciclagem; o que aumenta o consumo *per capita* entre 10 e 20%.



## Por que os resíduos (estéreis e rejeitos) são gerados?

Veja também a evolução da produção mineral, que vem apresentando tendência crescente, acentuadamente neste século, o que pode ser visto na Tabela *Evolução da Produção Mineral no Mundo*, por continente, em 2017, sua evolução no período de 2000 a 2017 e a distribuição por volta do início do século passado.



## Evolução da Produção Mineral no Mundo

Continentes	Ano 2017		Período	1900
	2017	(%)	2000-17	(%)
África	Mt		(%)	
	966,3	6	26,2	6
América do Norte	2477,1	14	8,6	30
América do Sul	1127,9	7	24,3	7
Asia	9.962,4	57,9	97,5	10
Europa	1459,9	8	-16,7	42
Oceania	1199	7	132,6	5
Mundo	17192,6	100		



## Produção de resíduos da mineração deverá continuar crescente

- De acordo com uma estimativa das Nações Unidas, a população mundial ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista\\_de\\_pa%C3%ADses\\_por\\_popula%C3%A7%C3%A3o](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_pa%C3%ADses_por_popula%C3%A7%C3%A3o)) ultrapassou 7,6 bilhões em outubro de 2017. As projeções da ONU indicam que continuará a crescer até atingir entre 8,3 e 10,9 bilhões em 2050;
- Com este contínuo crescimento da população e da economia do mundo, mesmo com os últimos anos de crise no Brasil (quase **-8%, acumulados** no PIB, de 2014 a 2016, segundo o IBGE), que espera por uma retomada, o consumo de produtos minerais (~18 bilhões de toneladas-Bt) deverá continuar crescendo;
- Os minérios ricos e aflorantes já foram quase todos lavrados e o teor médio das reservas e alimentação das usinas de beneficiamento, mantém uma tendência de queda, principalmente no Quadrilátero Ferrífero (QF), onde caiu mais de 10%Fe, nos últimos 40 anos;
- As minas em operação, de uma forma geral, estão se aprofundando, tendo como consequência o aumento da relação estéril minério (REM) operacional;



## Produção de resíduos da mineração deverá continuar crescente

- No Brasil, minas já estão sendo abertas ou operadas com teores médios inferiores a 40%Fe;
- Existem projetos desenvolvendo estudos para implantação com menos de 30%Fe;
- De acordo com a Cochilco, o teor médio em cobre das reservas e alimentação das usinas de beneficiamento de cobre no Chile, caiu de 0,93%Cu para 0,61%, de 2005 para 2015;
- Mesmo com todo o esforço na redução da utilização do processamento a úmido e consumo de água, aumento da recuperação, redução do uso das barragens de rejeito, o cenário de produção indica tendência de aumento relativo na geração de resíduos por tonelada produzida, o que é mais um motivo para se **procurar formas de incrementar sua utilização.**



# Produção de aço bruto global ainda cresce em 2018

- Com o contínuo crescimento da economia (vem em média a **~3%aa**) mundial, mesmo com os últimos anos de crise no Brasil, de acordo com a *World Steel Association*, a produção global de aço bruto atingiu **1,8 Bt** em 2018, crescimento de **4,6%** na comparação com o registrado em (consumo de 2,3Bt de minério de ferro) 2017. Segundo suas estatísticas, a produção cresceu em todas as regiões, com exceção da União Europeia, que produziu 168,1 Mt, queda de 0,3%;
- Somente a Ásia produziu **1,2 Bt** de aço bruto em 2018, crescimento de 5,6% se comparado com 2017, sendo que a China, sozinha, respondeu por 928,3 Mt, alta de 6,6% em igual comparação.
- O Brasil, com menos de 2% da produção mundial, ficou na nona posição no ano, com 34,7 Mt, também com crescimento de **1,1%** na comparação com 2017;
- A demanda por minério de ferro também continua crescendo , mesmo que já lentamente.





# Os minérios ricos e aflorantes já foram quase todos lavrados

**Pico do Cauê** - 1936



Pico do Cauê - 1936



# Os minérios ricos e aflorantes já foram quase todos lavrados

Pará, 1998, JAH, nov19





# Definições para os Resíduos da Indústria Mineral

**Estéril**-Solo ou rocha em que o minério está ausente ou presente em teores muito baixos para ser aproveitado economicamente (ABNT NBR 8969);

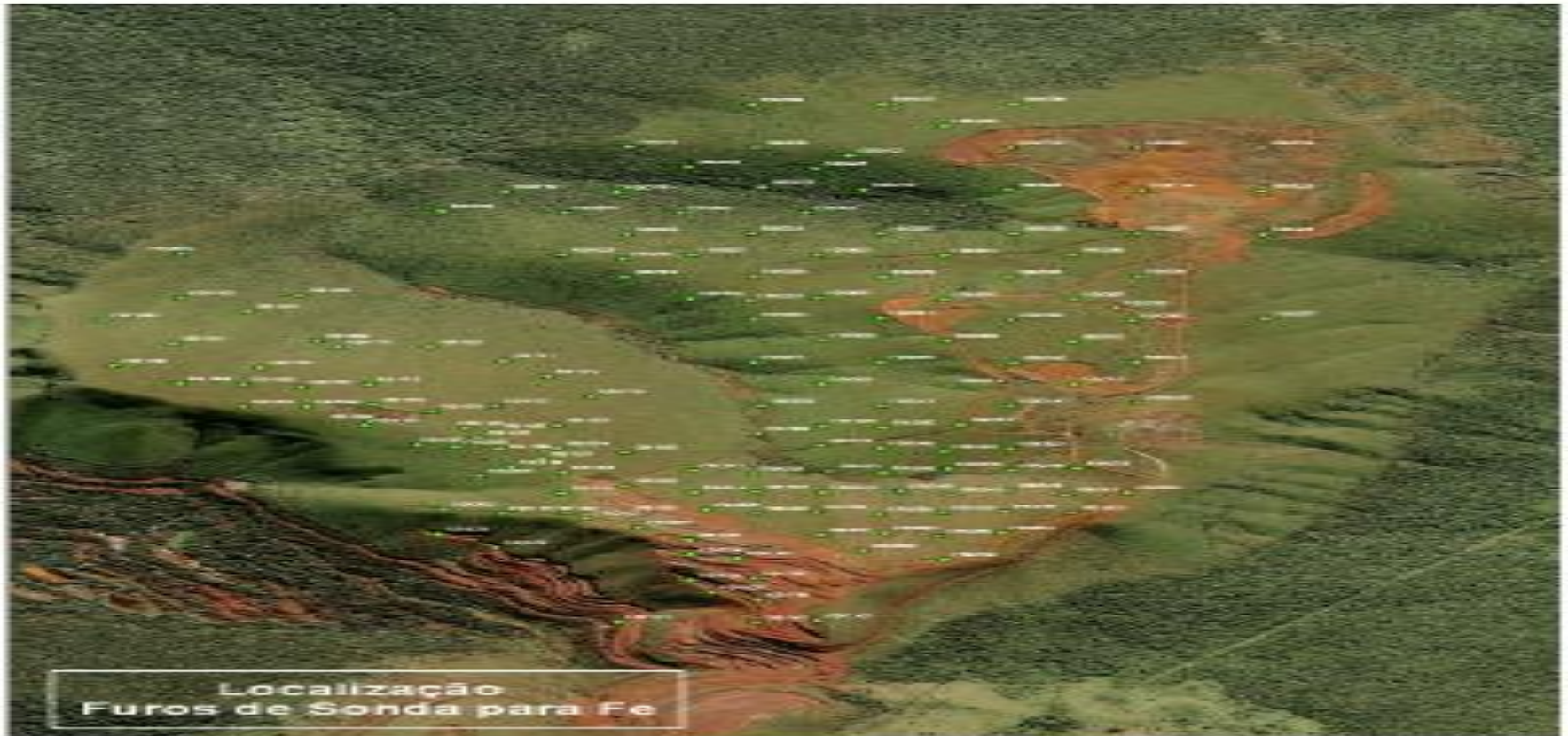
**Rejeito**-Material resultante dos processos extrativos da mineração, que não é aproveitado economicamente, após passar por processo de beneficiamento (ABNT NBR 10703);



# Definições para os Resíduos na Mineração

**A seguir, apresenta-se alguns passos para definição de resíduos na mineração (estéril e rejeito), exemplificando a programação e a sondagem, descrição de minério, estéril e rejeito nos testemunhos, seções verticais mostrando o modelamento geológico, de teores e otimização da cava final, maximizando os teores médios da reserva, minimizando a massa de estéril a ser removida e o rejeito a ser gerado.** *JAH, nov19*

Figure 4-1: Fe Drill Hole Locations





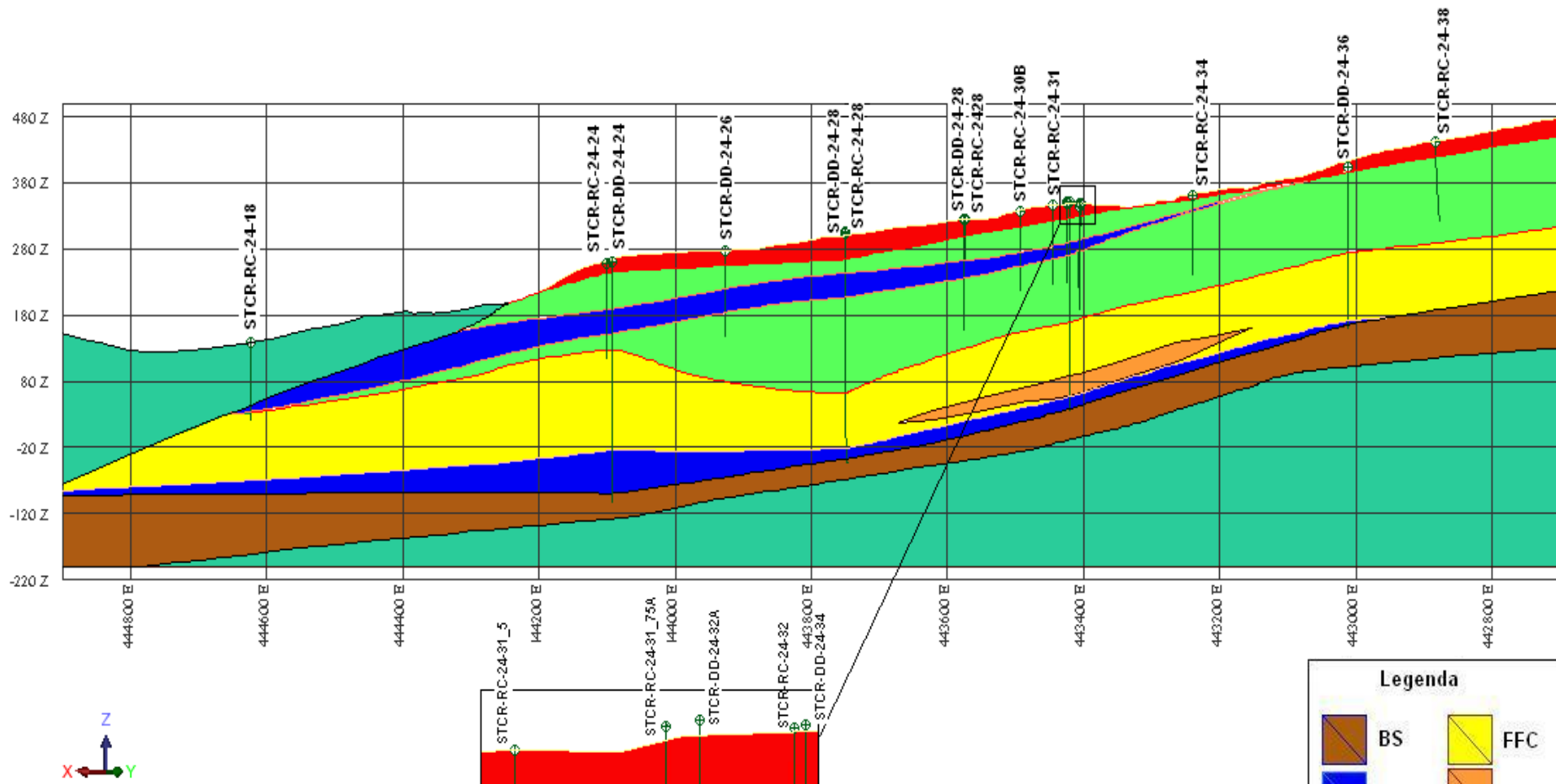
VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE  
**MEIO AMBIENTE  
SUBTERRÂNEO**

18 e 19 de novembro de 2019  
Belo Horizonte • MG



JAH, nov19





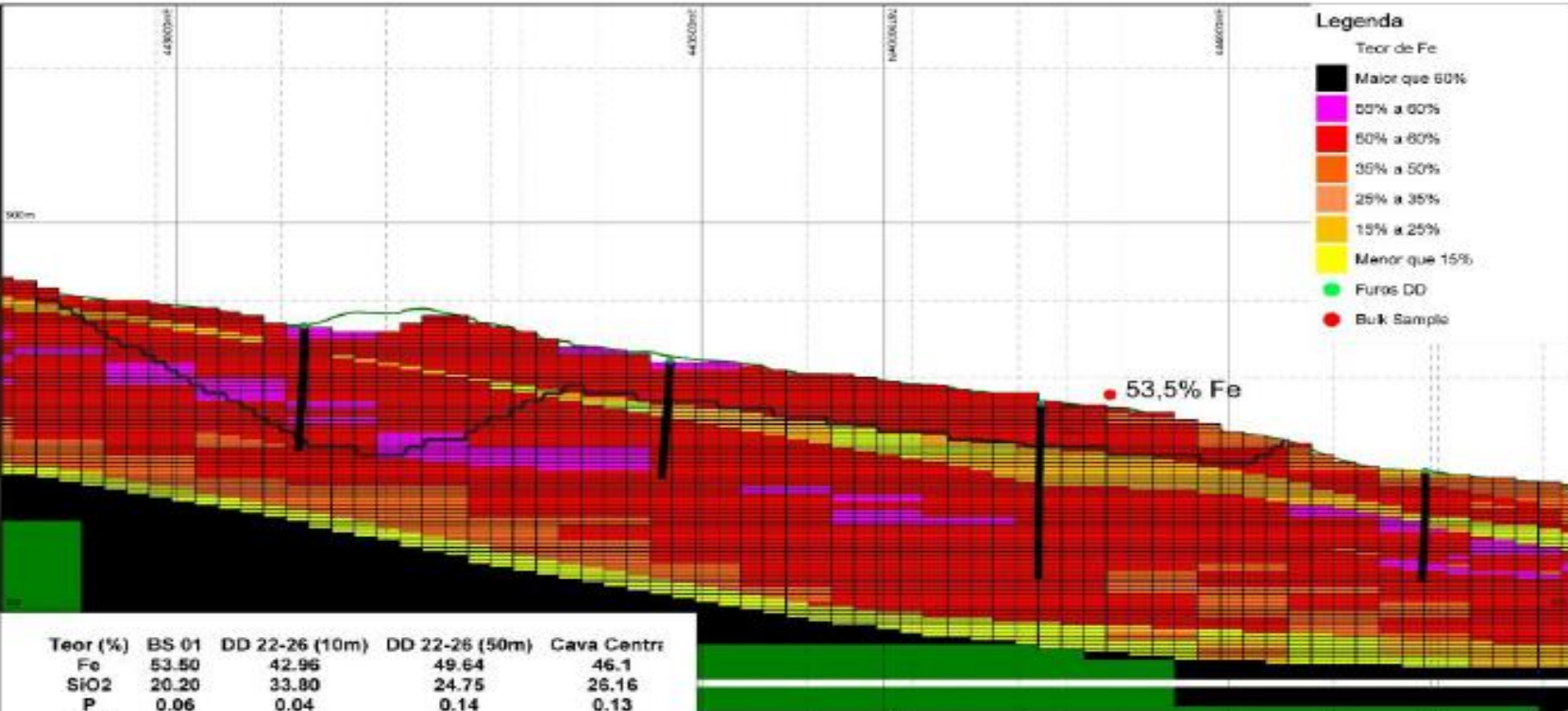




**Legenda**

Teor de Fe

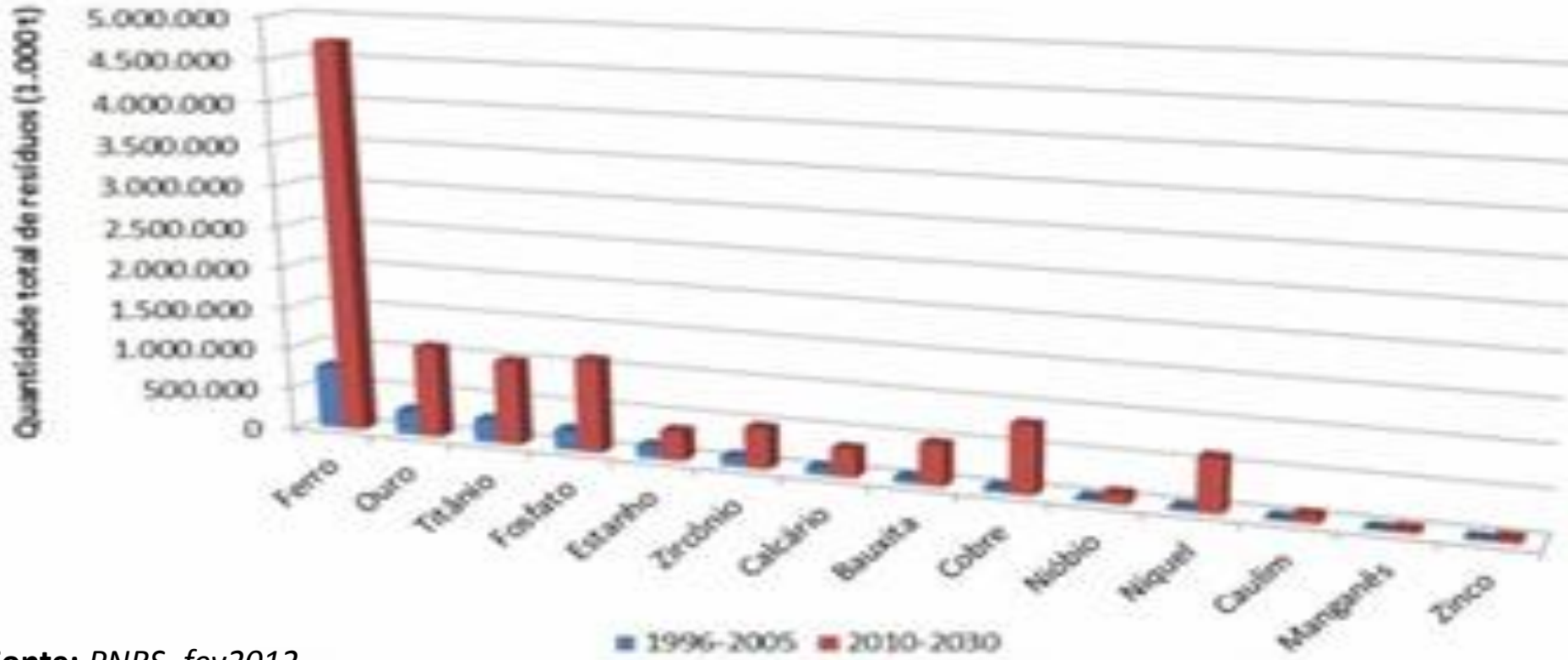
- Maior que 60%
- 50% a 60%
- 35% a 50%
- 25% a 35%
- 15% a 25%
- Menor que 15%
- Furos DD
- Bulk Sample



Teor (%)	BS 01	DD 22-26 (10m)	DD 22-26 (50m)	Cava Centr
Fe	53.50	42.96	49.64	46.1
SiO2	20.20	33.80	24.75	26.16
P	0.06	0.04	0.14	0.13
Al2O3	0.76	3.56	2.82	1.83



# Geração de Rejeitos no Brasil





# Geração de Resíduos no Brasil

Segundo Gama et al (março 2019, p.30), *Os Coprodutos da Mineração de Ferro para uma Economia Sustentável*, até 2015 as estatísticas sobre a geração de estéreis e rejeitos ainda eram raras e inconsistentes no Brasil. Veja gráfico anterior, do PNRS, divulgado em fevereiro de 2012.

No levantamento feito nas vinte minas com produção acima de 800.000 t/ano no ano de 2015, do QF, a mineração e processamento do minério de ferro em Minas Gerais gerou naquele ano, cerca de 300 milhões de toneladas (Mt) de resíduos (sendo 183 Mt de estéreis e 112 Mt (70 Mm<sup>3</sup>) de rejeitos, considerando para o rejeito uma densidade de 1,6 t/m<sup>3</sup>; tem-se um total de estéreis e rejeitos de 295 Mt).

Conforme a Tabela a seguir, nas pilhas de estéril e barragens de rejeito (157 depósitos), estava cadastrada a acumulação de quase 6Bt de resíduos.



## Levantamento Preliminar de Estéril e Rejeito Consideradas 20 Minas do Qfe MG-Até 2015

Mina	NdDeposi	Resíduos Mt*	ResAcumulado Mt
1	16	2.826,94	2.826,94
2	10	589,23	3.416,17
3	3	586,76	4.002,93
4	17	480,86	4.483,79
5	10	384,21	4.868,00
6	3	322,42	5.190,42
7	4	264,73	5.455,15
8	3	256,70	5.711,85
9	28	50,28	5.762,13
10	5	44,09	5.806,22
11	6,5	43,31	5.849,53
12	8	24,54	5.874,08
13	7	21,73	5.895,81
14	2	21,50	5.917,31
15	5	16,59	5.933,90
16	4	12,08	5.945,98
17	10	10,99	5.956,97
18	5	10,44	5.967,41
19	6,5	6,09	5.973,50
20	4	2,04	5.975,54
<b>20</b>	<b>157</b>	<b>5.975,54</b>	

Fonte: *Hilário, J.A., Gama, E.M, Diniz, L.C., 2016*



# Geração de Resíduos no Brasil

MG vinha liderando a produção mineral nacional, principalmente para minério de ferro, por isto tem sido gerada e acumulada a maior quantidade de estéreis e rejeitos do país, estes normalmente dispostos em barragens;

Com base em uma das últimas publicações da Agência Nacional de Mineração (ANM), em MG existem mais de **350 barragens** de rejeito, enquanto o segundo estado colocado, que é o PA, tem em torno de 70 (99);

Para as 350 barragens do Estado de MG, estima-se em **2,24 bilhões** de  $m^3$  ( $Bm^3$ ) (equivalente a **quase 4Bt**) acumulados até o final de 2018, em estruturas de até 163m de altura, a maior já atingindo **400Mm<sup>3</sup>**;

Só Itabira, em suas 8 principais barragens, a maior com **150 Mm<sup>3</sup>** e a mais alta com **70m**, já contabiliza, **350 Mm<sup>3</sup>** de rejeito de minério de ferro acumulado.

*Hilário, J.A., 2019*



## Principais Participações Recentes em Eventos sobre o Tema

1. **Workshop Resíduos da Mineração: desafios para o futuro** promovido pela Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - SGM, do Ministério de Minas e Energia – MME, em parceria com a Embrapa Cerrados, em 22 de fevereiro de 2017, no Auditório Térreo de MME, em Brasília;
2. Em 5 de junho 2017, foi realizada a **1ª Reunião da ABNT/CE-220, com o Ibram, no Crea–MG**, para compilar e debater os resultados da **Consulta Nacional sobre as Normas ABNT, NBRs 13028** (Elaboração de Projetos para Disposição de Rejeitos e Estéreis em Mineração) e 13029 (Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha);
3. **Workshop Panorama Atual e Perspectivas da Mineração Brasileira**, promovido pela CCEGM/Assemg/Crea – MG, Av. Álvares Cabral, Nº 1600 Auditório 6º Andar, com um **Painel sobre Economia Circular** com foco na **disposição adequada e reaproveitamento de estéreis e rejeitos da mineração**, em 19 de setembro de 2017;

*JAH, nov19*



## Principais Participações Recentes em Eventos sobre o Tema

4. Seminário sobre aproveitamento dos rejeitos minerais, onde **novas tecnologias, serviços e produtos relacionados à gestão e ao manejo de rejeitos** foram apresentadas em 5 e 6 de junho de 2019, por iniciativa do IBRAM, em parceria com o Crea-MG e apoio institucional do MME;

5. **Seminário Subprodutos da Mineração como potenciais remineralizadores de solos e fertilizantes naturais**, também promovido pela SGM/MME e o Grupo de Trabalho Interinstitucional de Remineralizadores de Solos, realizado nos dias 17 e 18 de junho de 2019, no Auditório Térreo do MME.

6. Por iniciativa do **IBRAM, em parceria com o Crea-MG e apoio institucional do MME**, será realizada a 2ª edição do evento **Fornecedores de Tecnologias para gestão e manejo de rejeitos de mineração**, no dia 19 de novembro de 2019.

*JAH, nov19*

# Planta Piloto para tratamento a seco de minério estocado em pilha



VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE  
MEIO AMBIENTE  
SUBTERRÂNEO

18 e 19 de novembro de 2019







# Rochas como Remineralizadores de Solos

De acordo com o Geólogo Eder de Souza Martins, Pesquisador da Embrapa e GT Remineralizadores, até junho de 2019, já existiam 17 produtos registrados como remineralizadores de solos

Produtos

Estado Produtor

12

MG (fonolito, kamafugito, siltitoglauconítico)

3

GO (biotita xisto e carbonato xisto)

1

PA (blendserpentinitoe filito)

1

SP (diabásio)



**De acordo com a Pesquisadora Geóloga Magda Bergmann, do SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL–CPRM, Porto Alegre, nos projetos agrominerais com Rochas do Grupo Serra Geral, já estão em processo de certificação no RS, como remineralizadores e corretivos de solo:**

Dacito da Pedreira Caxiense -Caxias do Sul

Basalto da Mineração Andreetta-Passo Fundo

Dacito da Mineração Fabrita–Farroupilha

Basalto da Mineração Carpenedo -Santa Rosa

Basalto das lavras de ametista Cogamai-Ametista do Sul



# ***João Augusto Hilário, Muito Obrigado!***

Engenheiro de Minas (UFMG); Especialista em Geoestatística (UFOP); MBA em Mineração (USP); Competent Person (*Member of Australian Institute of Geoscientists – MAIG 4084*); Magnesita; 20 anos na Vale em Coordenações e Gerências inclusive de Geotecnia e Hidrogeologia; Consultor Independente da BHP, Rio Tinto, Gerente de Geotecnologias GME4; Gerente de Engenharia de Minas da Coffey Mining Brasil; Consultor em Mineração, Diretor Técnico da Gemah Engenharia; Presidente da Associação dos Engenheiros de Minas de Minas Gerais (Assemg); Coordenador da Câmara Especializada de Geologia e Engenharia de Minas (CEGM) e do GT de Barragens do Crea. Além de atuar em diversos setores da Mineração, participou também de Comitês Técnicos do Ibram e outras Instituições da área.

[joao.ahilario@yahoo.com.br](mailto:joao.ahilario@yahoo.com.br), [joao.hilario@crea-mg.org.br](mailto:joao.hilario@crea-mg.org.br) (31) 98415-6348



VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE  
MEIO AMBIENTE  
SUBTERRÂNEO

18 e 19 de novembro de 2019



**Crea-MG**

[www.crea-mg.org.br](http://www.crea-mg.org.br)