

Técnicas de Amostragem e Controle de Qualidade

Prof. Germano Mendes Rosa

PROGRAMA DA DISCIPLINA

1. Importância da amostragem de minérios e concentrados
2. Conceitos básicos em Teoria da Amostragem
3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem
4. Tipos especiais de amostragem
5. Considerações práticas da Amostragem de Minérios
6. Amostragem de fluxos minerais e equipamentos amostradores
7. Controle da Qualidade na Indústria Mineira

1. IMPORTÂNCIA DA AMOSTRAGEM DE MINÉRIOS E CONCENTRADOS

- ▶ *A importância da amostragem de minérios se relaciona a:*
 - ▶ *Avaliação de depósitos minerais (quantificação, viabilidade econômica etc.)*
 - ▶ *Controle de processos (variabilidade, capacidade etc.)*
 - ▶ *Comercialização de produtos (inspeção, classificação de lotes etc.)*

1. IMPORTÂNCIA DA AMOSTRAGEM DE MINÉRIOS E CONCENTRADOS

Segundo GÓES, LUZ e POSSA (2004, p. 19)

*“Uma **amostragem mal conduzida** pode resultar em **prejuízos vultosos** ou em **distorções de resultados** com consequências técnicas imprevisíveis”*

*“A amostragem é, sem dúvida, uma das **operações mais complexas e passíveis de introduzir erros**, deparadas pelas indústrias da mineração e metalurgia”*

*“Uma **boa amostragem** não é obtida tendo-se como base apenas o juízo de valor e a experiência prática do operador”*

2. CONCEITOS BÁSICOS EM TEORIA DE AMOSTRAGEM

▶ O PROCESSO DE AMOSTRAGEM

- ▶ O processo de amostragem consiste na retirada de quantidades “moduladas” de material (incrementos) de um todo que se deseja amostrar (população), para a composição da amostra primária ou global, de tal forma que esta seja **representativa** em relação à população da qual foi extraída.
- ▶ A representatividade a que se refere está relacionada com a(s) característica(s) de interesse (densidade, teor, umidade, distribuição granulométrica, constituintes minerais etc.) estabelecida(s) *a priori*.

2. CONCEITOS BÁSICOS EM TEORIA DE AMOSTRAGEM

▶ O PROCESSO DE AMOSTRAGEM

- ▶ Os devidos cuidados devem ser tomados para que tal representatividade não se perca, quando da preparação da amostra primária.
- ▶ Amostragem caracteriza um processo de seleção e inferência, ou seja, a partir do conhecimento de uma parte, retira-se conclusões sobre a população.
- ▶ A diferença entre o valor de uma dada característica de interesse e a estimativa desta característica na amostra constitui o que se chama de **erro de amostragem**.

2. CONCEITOS BÁSICOS EM TEORIA DE AMOSTRAGEM

▶ AMOSTRA

- ▶ *Define-se por “amostra” uma quantidade representativa do todo que se deseja amostrar (população).*
- ▶ *O método de retirada da amostra deve garantir a representatividade deste todo quanto à(s) característica(s) de interesse.*

▶ INCREMENTO

- ▶ *Define-se por incremento uma quantidade modular de material retirada do todo que se deseja amostrar, para composição de uma amostra.*

▶ LOTE

- ▶ *Define-se por lote uma quantidade finita de material produzida/separada para uma utilização específica.*

2. CONCEITOS BÁSICOS EM TEORIA DE AMOSTRAGEM

▶ AMOSTRA PRIMÁRIA OU GLOBAL

- ▶ Define-se amostra primária ou global sendo a quantidade de material produto da etapa de amostragem propriamente dita

▶ AMOSTRA FINAL

- ▶ Define-se amostra final sendo a quantidade de material oriunda das etapas de preparação da amostra primária, possuindo por sua vez **massa** e **granulometria** necessárias para a realização de ensaios desejados (químicos, físicos, mineralógicos etc.)

▶ AMOSTRAGEM

- ▶ A amostragem se constitui de uma **sequência de estágios de preparação** (britagem, moagem, secagem, homogeneização, transferência etc.) adicionados de estágios de **amostragem propriamente dita** (redução da massa de material), ambos sujeitos a alteração do teor da característica de interesse e, em consequência, à geração de erros de preparação e de amostragem.

2. CONCEITOS BÁSICOS EM TEORIA DE AMOSTRAGEM

▶ TIPOS DE AMOSTRAS

- ▶ **AMOSTRA BASE TEMPO** (a massa o incremento é proporcional à taxa de fluxo do minério)
- ▶ **AMOSTRA BASE MASSA** (a massa o incremento é proporcional à massa do lote de minério, não sendo admitida variação de massa dos incrementos superior a 20%)
- ▶ **AMOSTRA ALEATÓRIA ESTRATIFICADA** (aplicam-se intervalos fixos de tempo e de massa para extração dos incrementos)

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ ERRO TOTAL DE AMOSTRAGEM

- ▶ O erro total de amostragem (E_a) representa o somatório do erro de amostragem propriamente dita (E_{ap}) e do erro de preparação da amostra primária (E_p), para obtenção da amostra final.

$$E_a = E_{ap} + E_p$$

▶ ERRO DE AMOSTRAGEM PROPRIAMENTE DITA (E_{ap})

- ▶ O erro de amostragem propriamente dita consiste do somatório de sete erros independentes, oriundos do processo de seleção da amostra primária, e, principalmente, da variabilidade do material que está sendo amostrado.

$$E_{ap} = E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4} + E_{a5} + E_{a6} + E_{a7}$$

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

Onde:

- ▶ E_{a1} = erro de ponderação, produto da não uniformidade da densidade ou da vazão do material;
- ▶ E_{a2} = erro de integração, resultante da heterogeneidade de distribuição das partículas, a longo prazo, no material;
- ▶ E_{a3} = erro de periodicidade, resultante de eventuais variações periódicas da característica de interesse no material;
- ▶ **E_{a4} = erro fundamental, resultante da heterogeneidade de constituição do material. Depende essencialmente da massa da amostra e, em menor magnitude, do material amostrado. É o erro característico quando a amostragem é realizada em condições ideais;**
- ▶ E_{a5} = erro de segregação, resultante da heterogeneidade de distribuição localizada do material;
- ▶ E_{a6} = erro de delimitação, resultante da eventual configuração incorreta da delimitação da dimensão dos incrementos; e
- ▶ E_{a7} = erro de extração, resultante da operação de tomada dos incrementos.

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ Erro de Preparação (E_p)

- ▶ O erro de preparação é o somatório de cinco erros independentes, provenientes das operações de redução de granulometria, homogeneização e quarteamento a que a amostra primária é submetida.

$$E_p = E_{p1} + E_{p2} + E_{p3} + E_{p4} + E_{p5}$$

Onde:

- ▶ E_{p1} = perda de partículas da amostra;
- ▶ E_{p2} = contaminação da amostra;
- ▶ E_{p3} = alteração não intencional da característica de interesse a ser medida na amostra final;
- ▶ E_{p4} = erros não intencionais do operador (como a mistura de subamostras provenientes de diferentes amostras); e
- ▶ E_{p5} = alteração intencional da característica de interesse a ser medida na amostra final.

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

- ▶ Os erros E_{a1} , E_{a2} , E_{a3} , E_{a4} e E_{a5} podem ser definidos quantitativamente. Suas médias e variâncias podem ser estimadas a partir de resultados de experimentos variográficos
- ▶ Quanto aos erros E_{a6} , E_{a7} e E_p , estes não podem ser estimados experimentalmente. Mas é possível minimizá-los e, em alguns casos, eliminá-los, evitando assim os erros sistemáticos indesejáveis

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

- ▶ HETEROGENEIDADE DE CONSTITUIÇÃO E DE DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA
 - ▶ *Heterogeneidade de Constituição*
 - ▶ Propriedade intrínseca e inalterável do lote de material
 - ▶ Elementos constitutivos (fragmentos componentes) não são idênticos entre si
 - ▶ Homogeneização ou a segregação não produzem modificações no material
 - ▶ *Heterogeneidade de Distribuição*
 - ▶ Propriedade relacionada com a forma de distribuição dos fragmentos ao longo de todo o lote de material
 - ▶ Não é encontrada uma composição média constante

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ DEFININDO O PLANO DE AMOSTRAGEM (1 de 3)

- ▶ Antes de se amostrar um material é necessário definir as características principais do **plano de amostragem**, tendo como base o objetivo da amostragem e o conhecimento visto sobre o assunto.

▶ CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DE UM PLANO DE AMOSTRAGEM

▶ PRECISÃO

- ▶ Em geral, quanto MAIOR a precisão, MAIOR é o CUSTO envolvido (maior tamanho de amostra global e, portanto, maior número de incrementos; maior número de pontos de coleta; melhores técnicas de preparação e melhores tecnologias de análise)

▶ MÉTODO DE RETIRADA DA AMOSTRA PRIMÁRIA

- ▶ Depende da experiência para determinar a técnica, porém pode requerer experimentos para sua determinação.

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ DEFININDO O PLANO DE AMOSTRAGEM (2 de 3)

- ▶ Um requisito importante do plano de amostragem é a quantificação da variabilidade do material, esta que, muitas vezes, não é conhecida.
- ▶ A norma NBR ISO apresenta padrões quanto à definição de amostra final para alguns minerais.
 - ▶ Por exemplo, para minérios de ferro, a NBR ISO-3082 apresenta a tabela abaixo para determinação de tamanho da massa média mínima de incremento, em função do tamanho máximo da partícula:

TAMANHO MÁXIMO DA PARTÍCULA (mm)		MASSA MÍNIMA DE INCREMENTO (kg)	MASSA MÉDIA MÍNIMA DE INCREMENTO (kg)
De 150	até 250	190	320
100	150	40	70
50	100	12	20
20	50	4	6.5
10	20	0.8	1.3
	10	0.3	0.5

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ DEFININDO O PLANO DE AMOSTRAGEM (3 de 3)

- ▶ A NBR ISO também sugere tabela para determinação de número mínimo de incrementos, em caso de material transportado em fluxo, em função da sua vazão e estimativa da variação da qualidade, como mostrado abaixo:

Vazão em t/h		Variação da Qualidade		
de	até	Grande	Média	Pequena
270.000		260	130	65
210.000	270.000	240	120	60
150.000	210.000	220	110	55
100.000	150.000	200	100	50
70.000	100.000	180	90	45
45.000	70.000	160	80	40
30.000	45.000	140	70	35
15.000	30.000	120	60	30
5.000	15.000	100	50	25
2.000	5.000	80	40	20
1.000	2.000	60	30	15
500	1.000	40	20	10
	500	30	15	8

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ TIPOS DE AMOSTRAGENS

▶ AMOSTRAGEM ALEATÓRIA

- ▶ É normalmente utilizada quando se dispõe de pouca informação sobre o material a ser amostrado
- ▶ Os incrementos são escolhidos de maneira aleatória (todas as partes do material tem a mesma probabilidade de serem selecionados)

▶ AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

- ▶ Os incrementos são coletados a intervalos regulares, predefinidos
- ▶ Deve se ter cuidado com os ciclos de variação do parâmetro de interesse (não podem coincidir ou ter relação com os períodos de retirada dos incrementos)

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ TIPOS DE AMOSTRAGENS

▶ AMOSTRAGEM ESTRATIFICADA

- ▶ Extensão da amostragem sistemática
- ▶ Caracteriza divisão do material em grupos distintos, amostrados proporcionalmente a seus pesos
- ▶ Ex.: amostragem de material em vagões, caminhões ou *containers*, material em polpa onde ocorra sedimentação e não seja possível a homogeneização, amostragem de minério oriundo de diferentes frentes de lavra etc.

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ **TAMANHO DA AMOSTRA PRIMÁRIA**

- ▶ É função do tipo de material, granulometria, teor do elemento de interesse e precisão desejada.
- ▶ Dimensão do incremento (*deve representar frações grossas e finas*)
 - ▶ tipo de equipamento utilizado para a retirada da amostra primária
 - ▶ granulometria do material
 - ▶ número de incrementos a serem retirados (quanto maior o nº de incrementos, menor é a massa de cada incremento requerida)

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ ESTIMANDO A VARIABILIDADE

$$s_t = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n_t - 1}}$$

onde:

- ▶ s_t = estimativa da variabilidade do material a partir de n ensaios exploratórios, expressa como desvio padrão;
- ▶ x_i = valor atribuído ao parâmetro de interesse no incremento individual i;
- ▶ \bar{x} = média dos valores de x_i ; e
- ▶ n_t = número de incrementos para ensaios exploratórios.

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

▶ ERRO TOTAL DE AMOSTRAGEM

$$E_a = \pm t_{(n_t-1, \alpha/2)} \frac{S_t}{\sqrt{n}}$$

Onde:

- ▶ E_a : erro total de amostragem
- ▶ $t_{(n_t-1, \alpha/2)}$: fator t-student para erro máximo α definido, com n_t-1 graus de liberdade (obtido em tabela - teste de hipótese)
- ▶ S_t : estimativa de variabilidade do material (desvio-padrão), a partir de n_t ensaios exploratórios
- ▶ n : número de incrementos

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

Tabela 1 - Valores da distribuição t-Student. Fonte: GÓES, LUZ e POSSA (2004, p. 43)

GRAUS DE LIBERDADE	NIVEL DE CONFIANÇA (%)							
	50	75	90	95	97,5	99	99,5	99,9
1	1,00	2,41	6,31	12,7	25,5	63,7	127	637
2	0,816	1,60	2,92	4,30	6,21	9,92	14,1	31,6
3	0,765	1,42	2,35	3,18	4,18	5,84	7,45	12,9
4	0,741	1,34	2,13	2,78	3,60	4,60	5,60	8,61
5	0,727	1,30	2,01	2,57	3,16	4,03	4,77	6,86
6	0,718	1,27	1,94	2,45	2,97	3,71	4,32	5,96
7	0,711	1,25	1,89	2,36	2,84	3,50	4,03	5,40
8	0,706	1,24	1,86	2,31	2,75	3,36	3,83	5,04
9	0,703	1,23	1,83	2,26	2,68	3,25	3,69	4,78
10	0,700	1,22	1,81	2,23	2,63	3,17	3,58	4,59
11	0,697	1,21	1,80	2,20	2,59	3,11	3,50	4,44
12	0,695	1,21	1,78	2,18	2,56	3,05	3,43	4,30
13	0,694	1,20	1,77	2,16	2,53	3,01	3,37	4,22
14	0,692	1,20	1,76	2,14	2,51	2,98	3,33	4,14
15	0,691	1,20	1,75	2,13	2,49	2,96	3,29	4,07
16	0,690	1,19	1,75	2,12	2,47	2,92	3,25	4,01
17	0,689	1,19	1,74	2,11	2,46	2,90	3,22	3,96
18	0,689	1,19	1,73	2,10	2,44	2,88	3,20	3,92
19	0,688	1,19	1,73	2,09	2,43	2,86	3,17	3,88
20	0,687	1,18	1,72	2,09	2,42	2,85	3,15	3,85
21	0,686	1,18	1,72	2,08	2,41	2,83	3,14	3,82
22	0,686	1,18	1,72	2,07	2,41	2,82	3,12	3,79
23	0,685	1,18	1,71	2,07	2,40	2,81	3,10	3,77
24	0,685	1,18	1,71	2,06	2,39	2,80	3,09	3,74
25	0,684	1,18	1,71	2,06	2,38	2,79	3,08	3,72
26	0,684	1,18	1,71	2,06	2,38	2,78	3,07	3,71
27	0,684	1,18	1,70	2,05	2,37	2,77	3,06	3,69
28	0,683	1,17	1,70	2,05	2,37	2,76	3,05	3,67
29	0,683	1,17	1,70	2,05	2,36	2,76	3,04	3,66
30	0,683	1,17	1,70	2,04	2,36	2,75	3,03	3,65
40	0,681	1,17	1,68	2,02	2,33	2,70	2,97	3,55
60	0,679	1,16	1,67	2,00	2,30	2,66	2,91	3,46
120	0,677	1,16	1,66	1,98	2,27	2,62	2,86	3,37
∞	0,674	1,15	1,64	1,96	2,24	2,58	2,81	3,29

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

- ▶ DETERMINAÇÃO DA MASSA MÍNIMA DE AMOSTRA (1 de 6)
 - ▶ Teoria de Pierry Gy (para amostras com disponibilidade de informações)
 - ▶ material a ser amostrado inteiramente homogeneizado
 - ▶ inexistência de erros inerentes às ferramentas de amostragem ou equipamento de cominuição
 - ▶ as partículas individuais podem ser selecionadas com igual probabilidade
 - ▶ o erro total de amostragem constitui-se apenas do erro fundamental

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

- ▶ DETERMINAÇÃO DA MASSA MÍNIMA DE AMOSTRA (2 de 6)
- ▶ Teoria de Pierry Gy (para amostras com disponibilidade de informações)

$$M = \frac{g \cdot d^3 \cdot f \cdot l \cdot c}{A_n}$$

Onde:

- ▶ M: massa mínima da amostra (g)
- ▶ g: fator de distribuição de tamanho das partículas (adimensional, geralmente assume valor de 0.25; para faixas granulométricas estreitas, 0.5)
- ▶ d: diâmetro máximo das partículas no material amostrado (d_{95})
- ▶ f: fator de forma das partículas (adimensional, emprega-se o valor de 0.2 para partículas lamelares e 0.5 para as demais)
- ▶ c: fator de composição mineralógica (g/cm^3)
- ▶ l: fator de liberação do mineral (adimensional)
- ▶ A_n : variância total estimada (tabelada - ver Figura 1)

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

► DETERMINAÇÃO DA MASSA MÍNIMA DE AMOSTRA (3 de 6)

Tabela 2 - Tabela para determinação de A_n (n é o número de estágios). Fonte: POSSA e LUZ (1984, p. 26)

P R E C I S Ã O	E S T Á G I O S D E A M O S T R A G E M			
	1	2	3	...n
95% certeza na faixa de $\pm 1\%$	$A_1 = 2,5 \times 10^{-5}$	$A_2 = 1,25 \times 10^{-5}$	$A_3 = 8,3 \times 10^{-6}$	$A_n = A_1/n$
95% certeza na faixa de $\pm 0,5\%$	$A_1 = 6,25 \times 10^{-6}$	$A_2 = 3,12 \times 10^{-6}$	$A_3 = 2,1 \times 10^{-6}$	$A_n = A_1/n$
99% certeza na faixa de $\pm 1\%$	$A_1 = 1,1 \times 10^{-5}$	$A_2 = 5,5 \times 10^{-6}$	$A_3 = 3,7 \times 10^{-6}$	$A_n = A_1/n$
99% certeza na faixa de $\pm 0,5\%$	$A_1 = 2,8 \times 10^{-6}$	$A_2 = 1,4 \times 10^{-6}$	$A_3 = 9,3 \times 10^{-7}$	$A_n = A_1/n$
99% certeza na faixa de $\pm 0,1\%$	$A_1 = 1,1 \times 10^{-7}$	$A_2 = 5,6 \times 10^{-8}$	$A_3 = 3,6 \times 10^{-8}$	$A_n = A_1/n$

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

- ▶ DETERMINAÇÃO DA MASSA MÍNIMA DE AMOSTRA (4 de 6)
- ▶ Teoria de Pierry Gy (para amostras com disponibilidade de informações)
 - ▶ CÁLCULO DO FATOR C (COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA)

$$c = \frac{(1-a)}{a} [(1-a)\rho_1 + a.\rho_2]$$

Onde:

a : teor do mineral de interesse na amostra (em decimal)

ρ_1 : peso específico do mineral de interesse (g/cm³)

ρ_2 : peso específico da ganga (g/cm³)

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

- ▶ DETERMINAÇÃO DA MASSA MÍNIMA DE AMOSTRA (5 de 6)
 - ▶ Teoria de Pierry Gy (para amostras com disponibilidade de informações)
 - ▶ FATOR DE LIBERAÇÃO DO MINERAL (l)
 - ▶ O fator l representa o grau de liberação do mineral de interesse, cujo valor máximo é 1 (mineral totalmente liberado)
 - ▶ Se $d \leq d_0$: $l=1$
 - ▶ Se $d > d_0$: $l = \sqrt{\frac{d_0}{d}}$
- Onde:
- ▶ d: diâmetro máximo das partículas no material (cm)
 - ▶ d_0 : diâmetro máximo das partículas que implica em completa liberação do mineral de interesse (cm)
 - ▶ Obs: O fator de liberação l pode ser estimado com o auxílio do gráfico empírico mostrado na Figura 2, onde a abscissa representa o quociente d/d_0

3. Teoria de Pierry Gy e Erro Fundamental de Amostragem

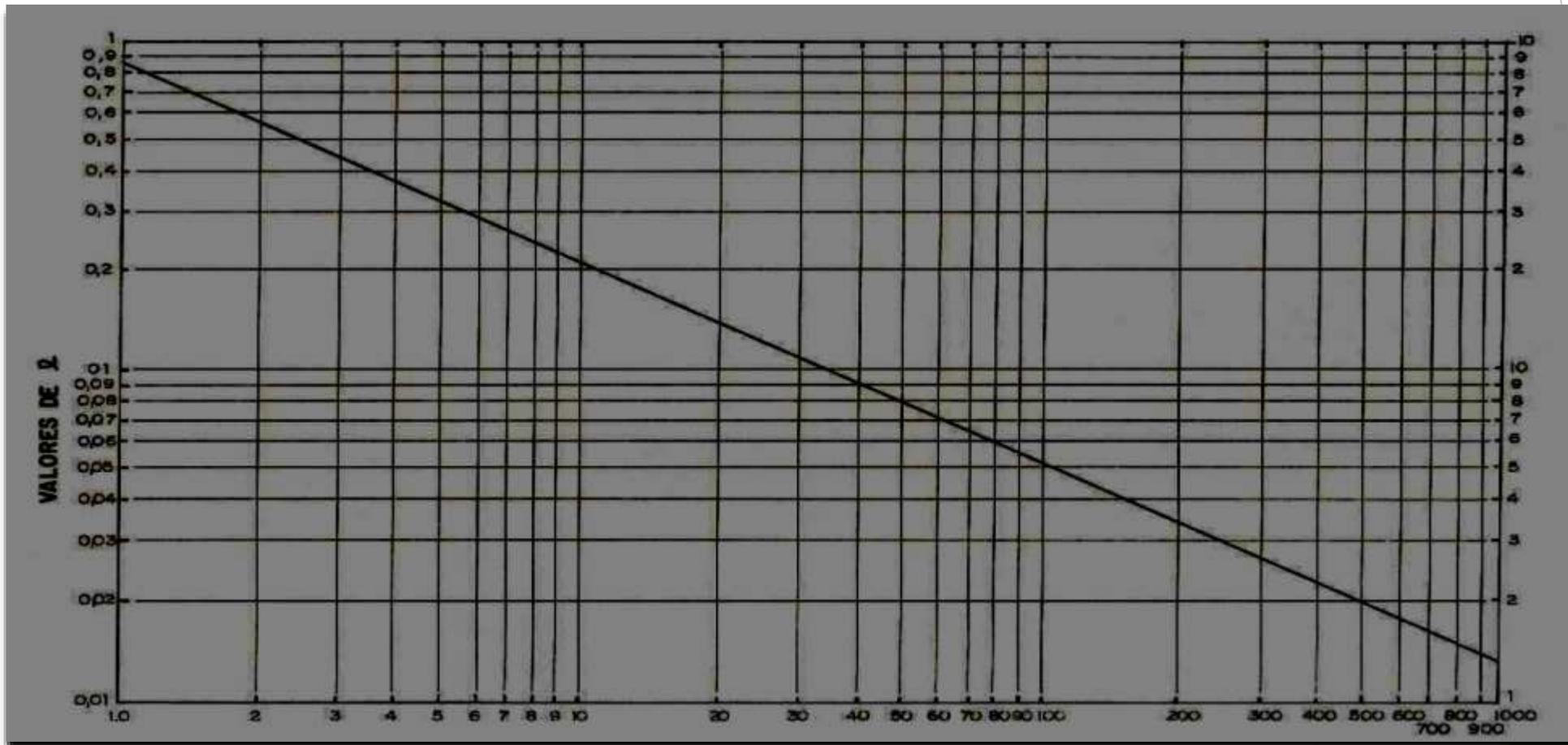


Figura 1 - Curva de correlação do valor de l com o valor de d/d_0 . Fonte: POSSA e LUZ (1984, p. 25)

4. Tipos Especiais de Amostragem

- ▶ Alguns minerais, por exemplo, o ouro e o carvão, necessitam de adaptações à fórmula de Pierry Gy
 - ▶ **Minério de Ouro**
 - ▶ Partícula liberada
 - ▶ Usar 0.2 para os valores dos parâmetros f e g
 - ▶ d será relacionado ao maior diâmetro das partículas de ouro presentes na amostra
 - ▶ $l=1$
 - ▶ $c = \frac{\delta_1}{a}$ [onde δ_1 : densidade do ouro (g/cm³); a: teor de ouro (em percentagem)]
 - ▶ **Carvão Mineral**
 - ▶ Na fórmula de Pierry Gy, para o cálculo de c, considera-se o teor de cinza como a, ρ_1 será a densidade média das cinzas e ρ_2 será a densidade média do carvão

5. Considerações Práticas da Amostragem de Minérios

- ▶ Quando não se possui informações suficientes sobre a amostra, frequentemente em trabalhos de campo e de laboratório, não é possível utilizar a fórmula de Pierry Gy. Neste caso, utiliza-se, por exemplo, a Tabela de Richards.

5. Considerações Práticas da Amostragem de Minérios

Tabela 3 - Tabela de Richards. Fonte: GÓES, LUZ e POSSA (2004, p. 49)

Diâmetro da Maior Partícula	Caracterização do Minério					
	Muito Pobre ou Muito Uniforme	Pobre ou Uniforme	Médios	Rico ou Spotty	Muito Rico ou Exclusivamente Spotty	Ouro
8"	9.600	32.000	-	-	-	-
5"	3.800	12.500	-	-	-	-
4"	2.400	8.000	40.000	-	-	-
2"	600	2.000	10.000	26.000	-	5.000
1 1/2"	350	1.150	5.000	14.000	-	2.500
1"	150	500	2.500	6.500	-	1.000
3/4"	85	300	1.400	3.600	-	500
1/2"	35	125	600	1.600	-	200
1/4"	10	30	150	400	14.000	100
6 M	2,5	8,5	43	110	3.800	38
10 M	0,5	2,0	11	30	900	-
14 M	0,4	1,0	5	14	500	13
20 M	0,2	0,5	3	7	250	5
28 M	0,08	0,3	1,5	3,5	120	2
35 M	0,04	0,2	0,7	1,7	60	0,5
48 M	0,02	0,1	0,3	0,9	30	-
65 M	0,01	0,03	0,2	0,4	15	-
100 M	0,005	0,02	0,1	0,2	7,5	-
150 M	0,003	0,01	0,05	0,1	4	-
200 M	0,002	0,005	0,02	0,05	-	-

6. Amostragem de Fluxos Minerais e Equipamentos Amostradores

▶ 6.1 AMOSTRADOR DE TRAJETÓRIA RETILÍNEA

- ▶ São muito comuns em empreendimentos de mineração
- ▶ Possuem arestas retas, paralelas, simétricas em relação ao eixo e de espessura constante
- ▶ Corta completamente a seção transversal do fluxo de minério, em ângulo de 90° , à velocidade constante, coletando um incremento



Figura 2 - Amostrador de trajetória retilínea, montado na extremidade de um transportador de correia. Fonte: www.engendrar.com.br

6. Amostragem de Fluxos Minerais e Equipamentos Amostradores

▶ 6.1 AMOSTRADOR DE TRAJETÓRIA RETILÍNEA

- ▶ Cálculo da quantidade de massa por corte (incremento), segundo norma NBR ISO-3082, para minério de ferro:

$$\bar{m} = \frac{q_m \cdot l_1}{3,6 \cdot v}$$

Onde:

\bar{m} : massa média do incremento (kg)

q_m : vazão do material (t/h)

l_1 : abertura entre as facas (m)

v : velocidade do cortador (m/s)

6. Amostragem de Fluxos Minerais e Equipamentos Amostradores

6.2 AMOSTRADOR DE TRAJETÓRIA CIRCULAR

- ▶ Possuem aberturas radiais que cortam o fluxo de material por completo, perpendicularmente, coletando um incremento

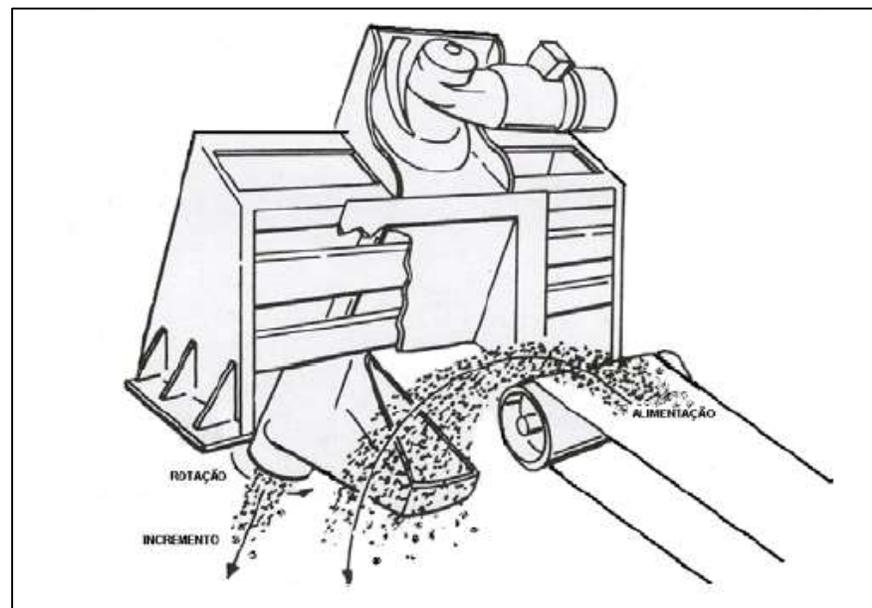


Figura 3 - Amostrador de trajetória circular, montado na extremidade de um transportador de correia. Fonte: GÓES, LUZ e POSSA (2004, p. 34)

6. Amostragem de Fluxos Minerais e Equipamentos Amostradores

▶ 6.3 TORRE DE AMOSTRAGEM

- ▶ Utilizada nas instalações de britagem, em pátios de homogeneização e em estocagem de minérios para controle de qualidade do material granulado
- ▶ Coleta material sem interromper a operação
- ▶ Fornecem amostras representativas já reduzidas, homogeneizadas e quarteadas
- ▶ São compostas por um amostrador linear de fluxo, britadores, alimentadores de correia e quarteadores

6. Amostragem de Fluxos Minerais e Equipamentos Amostradores

▶ 6.3 TORRE DE AMOSTRAGEM



Figura 4 - Torre de amostragem. Fonte: www.engendrar.com.br

6. Amostragem de Fluxos Minerais e Equipamentos Amostradores

6.4 AMOSTRADORES PNEUMÁTICOS PARA DUTOS

- ▶ Equipamentos destinados à amostragem de fluxos ascendentes e descendentes de polpa em tubulação pressurizada
- ▶ Permitem montagem em dutos horizontais ou verticais.
- ▶ Utilizados em tubulações com diâmetro variável entre 6 e 24 polegadas.

6. Amostragem de Fluxos Minerais e Equipamentos Amostradores

6.4 AMOSTRADORES PNEUMÁTICOS PARA DUTOS



Figura 5 - Amostrador pneumático para duto. Fonte: www.engendrar.com.br

7. Controle de Qualidade na Indústria Mineral (Qa/Qc)

- ▶ Qa (*Assurance Control*) Garantia de qualidade:
 - ▶ Define-se como um procedimento ou um grupo de procedimentos com a finalidade de assegurar que um produto ou um serviço em desenvolvimento (antes que o trabalho esteja completo) atenda aos critérios ou padrões de qualidade ou as exigências especificadas no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

7. Controle de Qualidade na Indústria Mineral (Qa/Qc)

- ▶ Qc (*Quality Control*) Controle de qualidade:
 - ▶ Define-se como um procedimento ou grupo de procedimentos com a finalidade de assegurar que um produto ou serviço executado atenda a um conjunto definido de critérios ou padrões de qualidade ou cumpram as exigências do cliente ou do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

7. Controle de Qualidade na Indústria Mineral (Qa/Qc)

▶ Programas Qa/Qc

▶ Na Pesquisa Mineral devem ser implantados programas específicos de Qa/Qc para todas as etapas da prospecção, exploração e desenvolvimento:

- ▶ Topografia;
- ▶ Sensoriamento Remoto;
- ▶ Mapeamento Geológico e Estrutural;
- ▶ Cartografia;
- ▶ Geoquímica;
- ▶ Geofísica;
- ▶ Sondagem;
- ▶ Análises Químicas
- ▶ Geoestatística;
- ▶ Geoprocessamento;
- ▶ Banco de Dados;
- ▶ Modelagem.

7. Controle de Qualidade na Indústria Mineral (Qa/Qc)

- ▶ Para um programa eficaz de Qa/Qc, inicialmente deve-se estabelecer os critérios ou padrões específicos que o produto ou o serviço devem seguir
- ▶ Na maioria das situações existem Normas Técnicas definidas por órgãos governamentais
- ▶ Em seguida são adotados os procedimentos e as ações de Qa/Qc, onde informações são coletadas e os resultados são descritos em relatórios da qualidade de dados

7. Controle de Qualidade na Indústria Mineral (Qa/Qc)

Qa/Qc - Detalhes Técnicos

- ▶ Origem da amostra:
 - ▶ Seleção dos dados por projeto, laboratório ou escala dos dados, único grupo ou todos os dados.
- ▶ Verificação das cartas do controle da amostra:
 - ▶ Cartas de padrões internos e externos assim como das análises de amostras. Diagrama de médias calculadas e previstas do lote, e 1o a 3º desvios padrão. Comparação da variação nas amostras duplicatas entre diferentes métodos analíticos.
- ▶ Relatórios:
 - ▶ Relatório automático diário, semanal ou mesmo anual. Os documentos incluem relatórios diários do desempenho, relatórios de duplicatas fora do padrão e relatórios de grupo amostras. Relação da análise padrão dados em cartas do controle por tipo ou pela escala dos dados. Comparação da variação nas duplicatas entre diferentes métodos analíticos.

7. Controle de Qualidade na Indústria Mineral (Qa/Qc)

Qa/Qc - Detalhes Técnicos

- ▶ Verificações da qualidade do laboratório:
 - ▶ Verificação da exatidão dos padrões comparada com os valores previstos ou calculados pela empresa ou laboratório. Comparação da variação de análise padrão entre laboratórios. Verificação da rotina do laboratório e da preparação das amostras.
- ▶ Representação dos dados:
 - ▶ Análise estatística dos dados. Representação gráfica em Box e Whisker, QQ, Thompson-Howarth e barra. Inclusão “da função duplicata ruim”. Os resultados são indicados em gráficos normais ou log.
- ▶ Padronização:
 - ▶ Filtragem dos dados atendendo a suas exigências de gráficos e relatórios. Relatórios simples dependem das necessidades da organização ou do local.

Referências

- ▶ GÓES, M. A. C. de; LUZ, A. B. da; POSSA, M. V. Amostragem (Comunicação técnica elaborada para a 4ª edição do livro de Tratamento de Minérios). Rio de Janeiro: CETEM, 2004.
- ▶ POSSA, M. V.; LUZ, A. B. da. Amostragem para processamento mineral. Brasília: DNPM, 1984.
- ▶ SILVA, M. B. da. Padronização da amostragem do minério fino produzido em uma unidade de tratamento do Quadrilátero Ferrífero. Ouro Preto: 2010. Dissertação (Programa de Mestrado em Engenharia Mineral). Universidade Federal de Ouro Preto.

Sites consultados:

- ▶ www.engendrar.com.br
- ▶ www.pesquisamineral.com