Como caracterizar os aerossóis?

- Tamanho:
  - Monodisperso: todas as partículas possuem o mesmo tamanho
  - Polidisperso: Partículas com mais de um tamanho
- Concentração:
  - Concentração em número
  - Concentração em massa

Exemplo: Partículas no ar interno:

$N = 10^4$ #/cc

$M = 5.236 \times 10^{-6}$ g/cc

$d_p = 10^{-3}$ cm $= 10$ μm

Distribuição de Tamanho das partículas

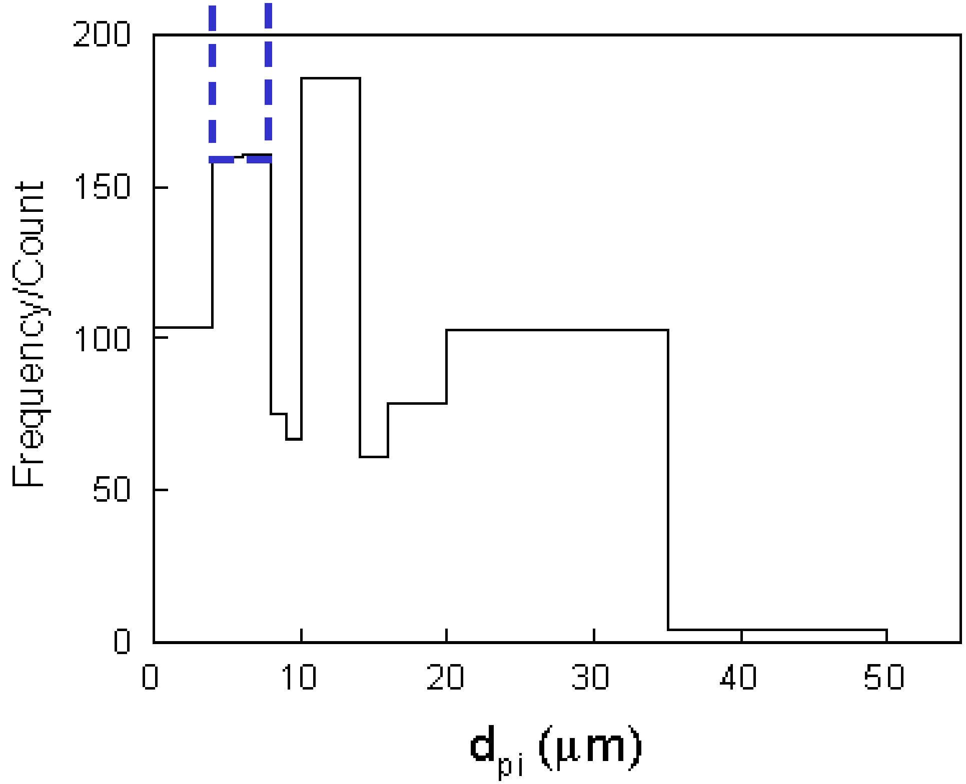
Referência: Hinds, Cap. 4

Dados típicos de medida

Size Range (μm)	Count (#)	Fraction	Percent (%)	Cumulative Percent (%)	Fraction/size (μm^{-1})
0-4	104	0.104	10.4	10.4	0.026
4-6	160	0.16	16.0	26.4	0.08
6-8	161	0.161	16.1	42.5	0.0805
8-9	75	0.075	7.5	50.0	0.075
9-10	67	0.067	6.7	56.7	0.067
10-14	186	0.186	18.6	75.3	0.465
14-16	61	0.61	6.1	81.4	0.0305
16-20	79	0.79	7.9	89.3	0.0197
20-35	103	0.103	10.3	99.6	0.0034
35-50	4	0.004	0.4	100.0	0.0001
> 50	0	0	0	100.0	0
Total	1000		100.0		

Histograma de frequencia (contagem) versus tamanho da partícula

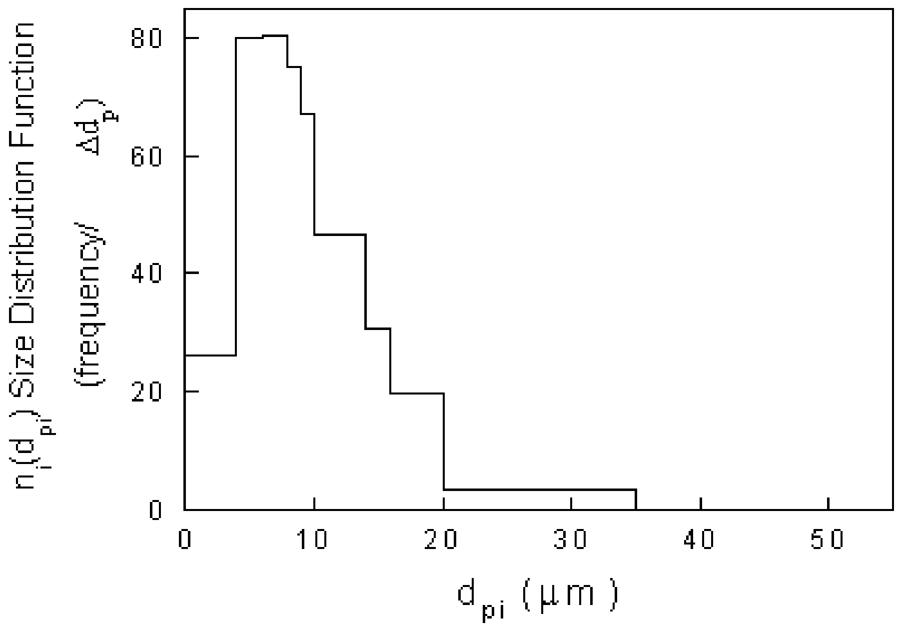
Size Range (μm)	Count (#)
0-4	104
4-6	160
6-8	161
8-9	75
9-10	67
10-14	186
14-16	61
16-20	79
20-35	103
35-50	4
> 50	0
Total	1000



Q: Em que intervalo de tamanho encontramos a maioria das partículas?

Frequencia/Δd_p (função distribuição) vs tamanho da partícula

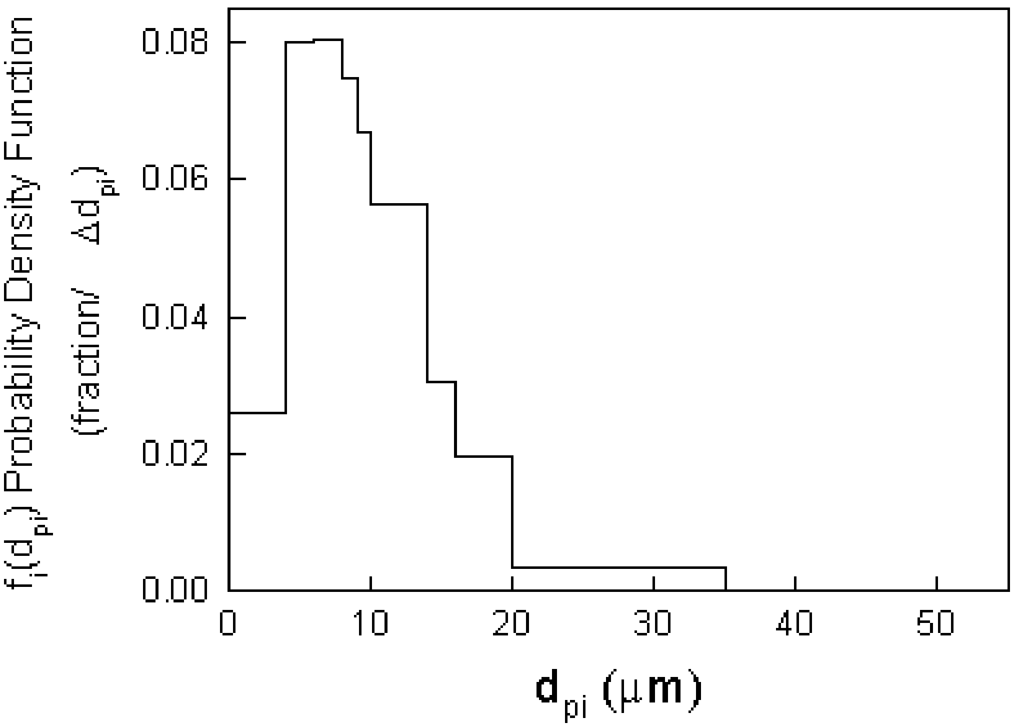
Size Range (μm)	Count/Δd_{pi} (#/μm)
0-4	26
4-6	80
6-8	80.5
8-9	75
9-10	67
10-14	46.5
14-16	30.5
16-20	19.25
20-35	6.87
35-50	0.27
> 50	0



$$n_i = \frac{Count_i}{\Delta d_{pi}}$$

Frequencia Padronizada/Δd_p vs tamanho da partícula

Size Range (μm)	Fraction/size (1/μm)
0-4	0.026
4-6	0.08
6-8	0.0805
8-9	0.075
9-10	0.067
10-14	0.465
14-16	0.0305
16-20	0.0197
20-35	0.0034
35-50	0.0001
> 50	0

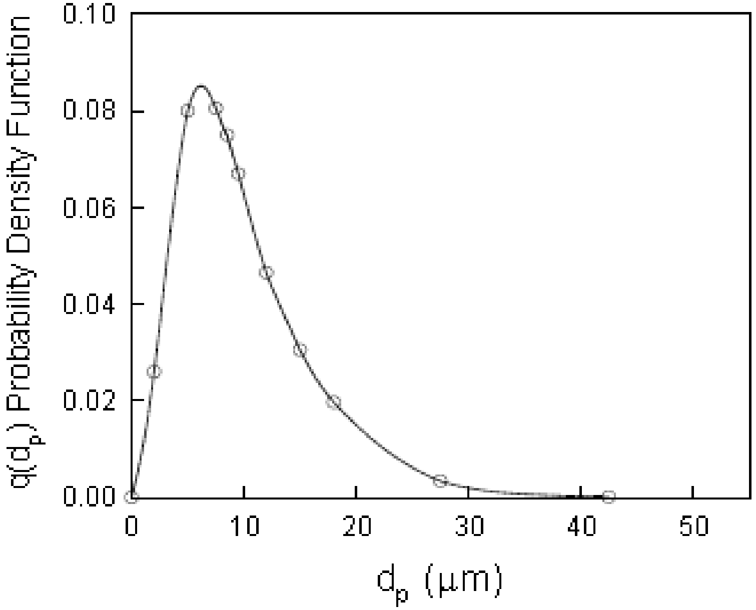


$$f_i = \frac{n_i}{N}$$

Distribuição de tamanho da partícula

$$q(d_p) = \left.\frac{\Delta f_i}{\Delta d_{pi}}\right|_{\Delta \to 0} = \frac{df}{dd_p}$$

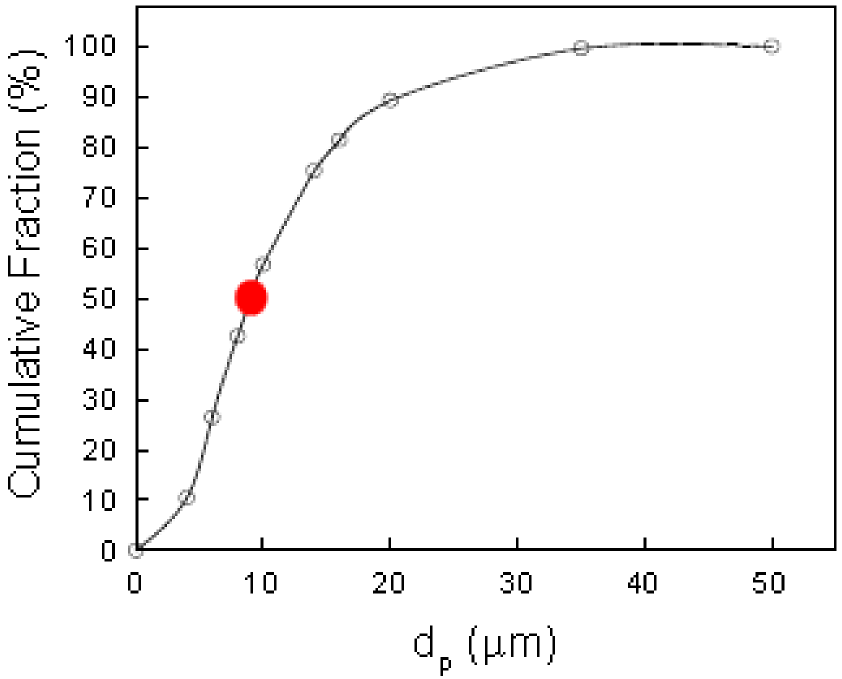
$q(d_p)$: q como função de d_p



Distribuição Cumulativa

- Definição:
  - A fração que é menor que um tamanho específico

$$F(a) = \int_0^a q(d_p)\,dd_p$$



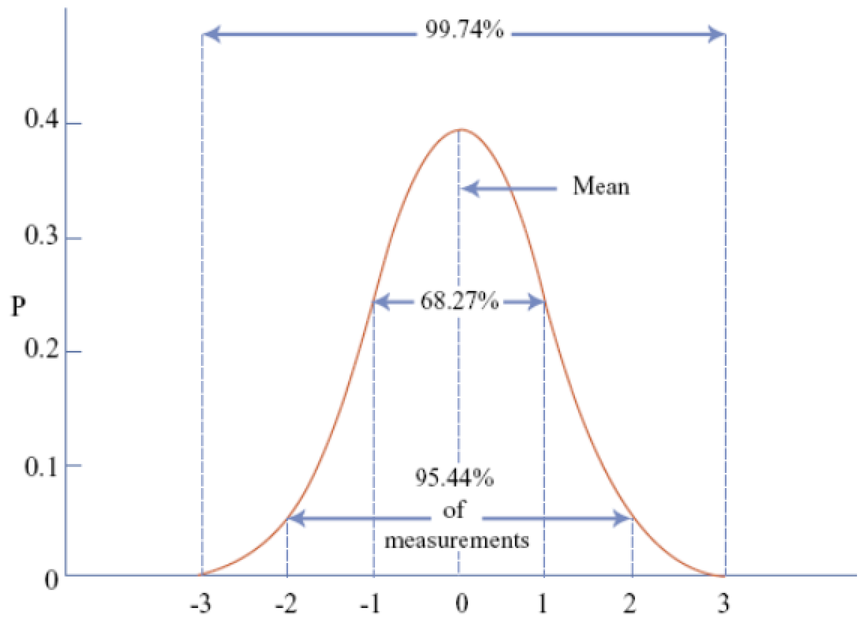
- Média (média aritmética):

  A soma de todas as partículas nos intervalos dividida pelo total de partículas.

$$\overline{d_p} = \frac{\sum d_p}{N} = \frac{\sum n_i d_{pi}}{\sum n_i} = \int_0^\infty d_p q(d_p) dd_p$$

- Mediana:
  - O diâmetro no qual 50% do total são menores e 50% são maiores, o diâmetro corresponde a uma fração cumulativa de 50%

- Moda:
  - Tamanho mais frequente.
  - Para uma distribuição simétrica, a média, a mediana e a moda têm o mesmo valor.



$$z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

- MEDIA GEOMÉTRICA:

A N-ÉSIMA RAIZ DO PRODUTO DE N VALORES

$$d_{pg} = \left(d_{p1}^{n_1} d_{p2}^{n_2} d_{p3}^{n_3} \ldots \right)^{1/N} = \left(\prod d_{pi}^{n(d_{pi})} \right)^{1/N}$$

Expresso em termos de $\ln(d_p)$

$$\ln d_{pg} = \frac{\sum n_i \cdot \ln d_{pi}}{N}$$

$n(d_p)$: n como uma função de d_p

$$d_{pg} = \exp\left[\frac{\sum n_i \cdot \ln d_{pi}}{N} \right] = \exp\left[\frac{\int n(d_p) \cdot \ln d_p \cdot dd_p}{\int n(d_p) \cdot dd_p} \right]$$

- Para um aerossol monodisperso, $\overline{d_p} = d_{pg}$
senão, $\overline{d_p} > d_{pg}$
- Muito usado porque o sistema aerossol tipicamente cobre intervalos de tamanho de 0.001 a 1000 μm

Log-normal distribution

- Log-normal size distribution is given by

$$\boxed{f(x) = \frac{1}{x \ln \sigma_g \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\left(\ln x - \ln x_g\right)^2}{2 \ln^2 \sigma} \right]}$$

x_g geometric mean

σ_g geometric standard deviation.

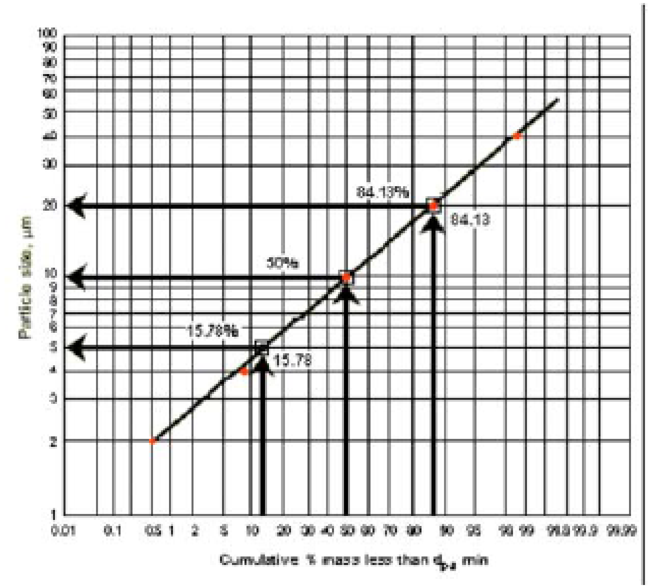
- The parameters are obtained when we draw cumulative undersize results on log-probability paper we should get a straight line

Log-normal distribution

- geometric mean is obtained for 50%
- geometric standard deviation from

$$\boxed{\sigma_g = \frac{x_{84}}{x_{50}} = \frac{x_{50}}{x_{16}}}$$

- When you fit the line most weight on the points between 20% and 80%



Distribuição Lognormal

- **Distribuição Normal**: não adequada para aerossóis
  - A maior parte dos aerossóis possui uma distribuição skewed

$$df = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\left(d_p - \overline{d_p}\right)^2}{2\sigma^2}\right] dd_p$$

Função frequencia

$$\sigma = \left[\frac{\sum n_i \left(d_p - \overline{d_p}\right)^2}{N-1}\right]^{1/2}$$

Desvio Padrão

Por que usar a Log-Normal?

- *Substituir* d_p por $\ln d_p$.

$$\ln d_{pg} = \frac{\sum n_i \ln d_{pi}}{N}$$ **Diâmetro geometrico médio**

$$\ln \sigma_g = \sqrt{\frac{\sum n_i (\ln d_{pi} - \ln d_{pg})^2}{N-1}}$$ **Desvio padrão geometrico**

$$df = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\ln\sigma_g}\exp\left[-\frac{\left(\ln d_p - \ln d_{pg}\right)^2}{2(\ln\sigma_g)^2}\right]d\ln d_p$$ Função frequencia

Convertendo $d\ln d_p$ to dd_p

$$d\ln d_p = dd_p / d_p$$

$$df = \frac{1}{\sqrt{2\pi}d_p\ln\sigma_g}\exp\left[-\frac{\left(\ln d_p - \ln d_{pg}\right)^2}{2(\ln\sigma_g)^2}\right]dd_p$$

$$df = \frac{1}{3\sqrt{2\pi}\upsilon_p\ln\sigma_g}\exp\left[-\frac{\ln^2(\upsilon_p/\upsilon_{pg})}{18\ln^2\sigma_g}\right]d\upsilon_p$$ Função para volume da partícula

- Características da Distribuição Lognormal

$$\ln \sigma_g = \ln d_{84\%} - \ln d_{50\%} \qquad 2\ln \sigma_g = \ln(d_{97.7\%} / d_{50\%})$$
$$= \ln(d_{84\%} / d_{50\%})$$

Para uma determinada distribuição, σ_g permanece constante (nondimensional) para todas as distribuições ponderadas

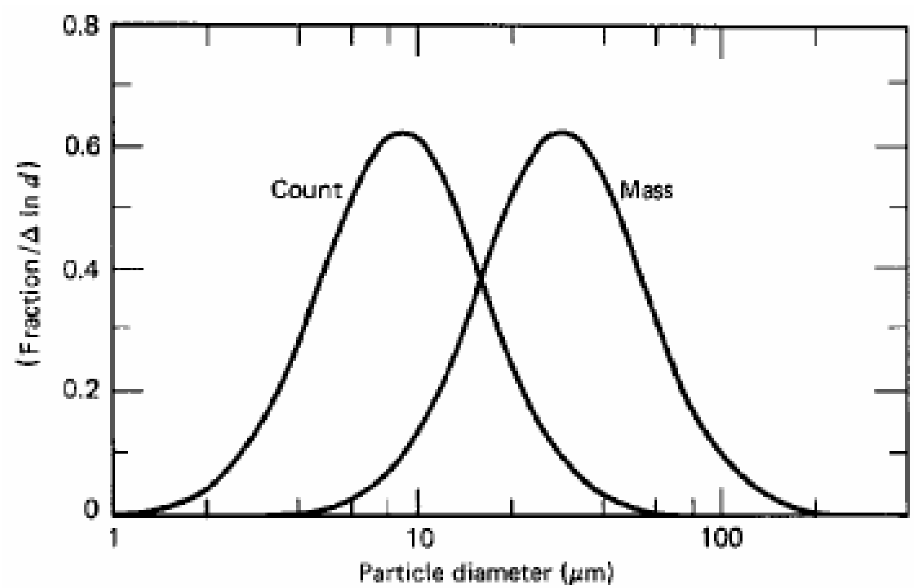


Gráfico log-Probabilidade

Medidas de um Impactador em Cascata

Size range (µm)	0-2	2-5	5-9	9-15	15-25	>25
Mass (mg)	4.5	179.5	368	276	73.5	18.5

Size range (µm)	Mass fraction (m_i)	Cumulative percent
0-2	0.0049	0.5
2-5	0.195	20.0
5-9	0.4	60.0
9-15	0.3	90.0
15-25	0.08	98.0
>25	0.02	100

Log-Probability Graph