



Universidade de São Paulo - USP
Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA
Análise de Solo e Planta – CEN 0409



MÉTODOS ANALÍTICOS

Professores: **Cassio Hamilton Abreu Junior** – cahabreu@cena.usp.br
Takashi Muraoka – muraoka@cena.usp.br

Estagiário PAE: **Dalila Lopes da Silva** – dalila.ls@usp.br
Supervisor: **Juan Ricardo Rocha** – jr.rocha@usp.br

Piracicaba – SP 30/03/2023

MÉTODOS ANALÍTICOS

➤ Bibliografias recomendadas

631.41 S546m2 e.1

12438

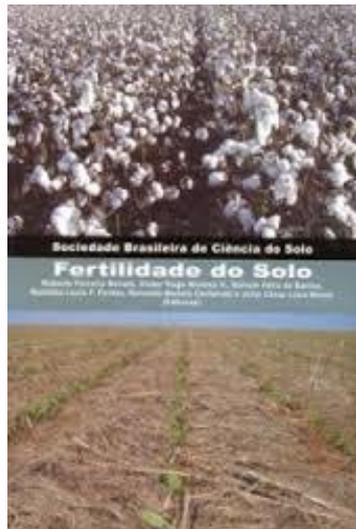
Biblioteca:

CENA e ESALQ



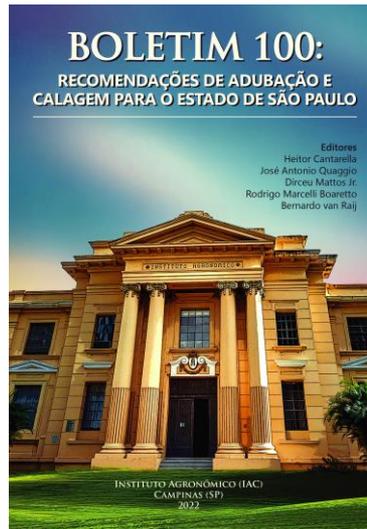
631.42 F411 e.6 109408

Biblioteca: ESALQ

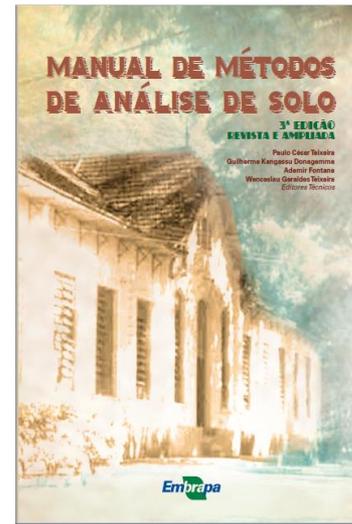


631.8 I59b e.3 117935

Biblioteca: ESALQ



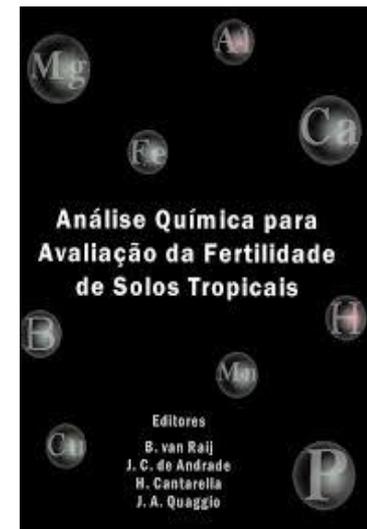
Disponível para download
no site da Embrapa



631.452 A532 10009

Biblioteca:

CENA e ESALQ

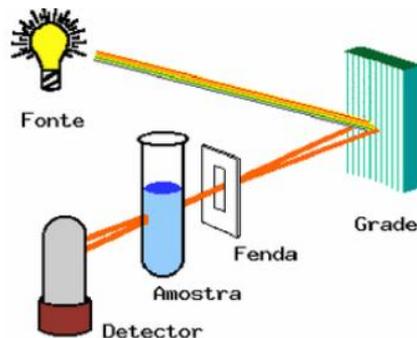


MÉTODOS ANALÍTICOS

- Os métodos de análise podem ser classificados em:
 - **Clássicos:** tem como base medidas de massa ou de volume



- **Instrumentais:** requerem medida de alguma propriedade física do sistema químico



MÉTODOS ANALÍTICOS

- São técnicas utilizadas para identificar, quantificar e separar componentes de uma amostra.
- Utilizados em diversas áreas, como química, farmácia, biologia, meio ambiente, ciências agrárias, entre outras. Essas técnicas são essenciais para a obtenção de informações precisas e confiáveis sobre as amostras analisadas.

MÉTODOS ANALÍTICOS

- A seleção de um procedimento de análise deve considerar:

- A natureza do problema como um todo;
- A precisão e exatidão requeridas;
- Disponibilidade de amostra;
- Intervalo de concentração a ser medido;
- Potenciais interferentes;
- Propriedades químicas e físicas da matriz;
- Quantidade de medidas a serem efetuadas.

**Qualidade
dos resultados**

Laboratórios de rotina → devem ter capacidade para analisar um grande número de amostras em espaço de tempo relativamente curto, com boa **precisão e exatidão**.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Exatidão: Refere-se à proximidade entre um valor medido e um valor verdadeiro ou aceito. A exatidão é expressa como um desvio ou erro relativo em relação ao valor verdadeiro. Uma medida precisa pode não ser exata se estiver desviada do valor verdadeiro.

MÉTODOS ANALÍTICOS

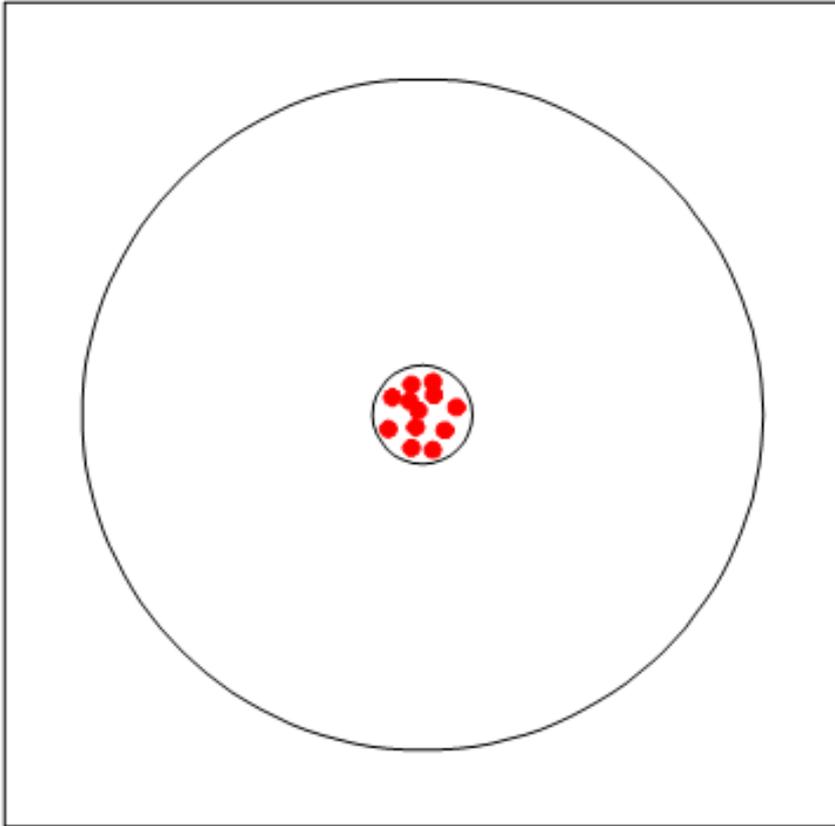
Precisão: Refere-se à repetibilidade ou consistência de um conjunto de medidas. A precisão é expressa como a variabilidade ou desvio padrão das medidas. Uma medida precisa pode não ser exata se as medidas estiverem desviadas do valor verdadeiro.

MÉTODOS ANALÍTICOS

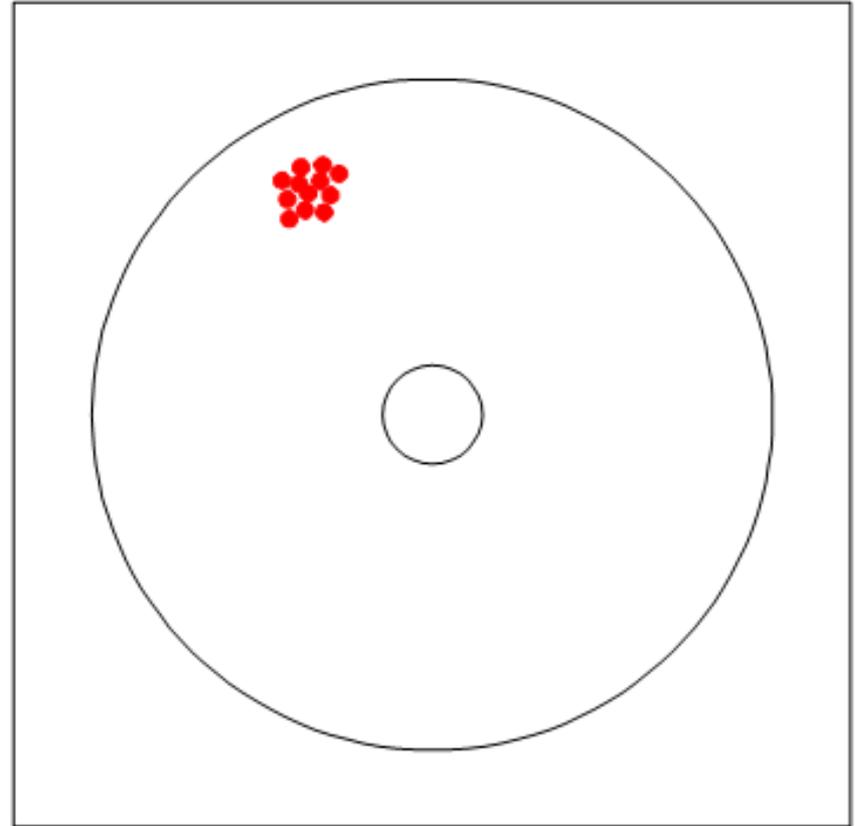
Acurácia: Refere-se à combinação de exatidão e precisão, ou seja, a medida da proximidade entre um valor medido e um valor verdadeiro ou aceito, levando em consideração a consistência ou repetibilidade das medidas. Uma medida acurada é tanto exata quanto precisa.

MÉTODOS ANALÍTICOS

- **Exatidão, precisão e acurácia**



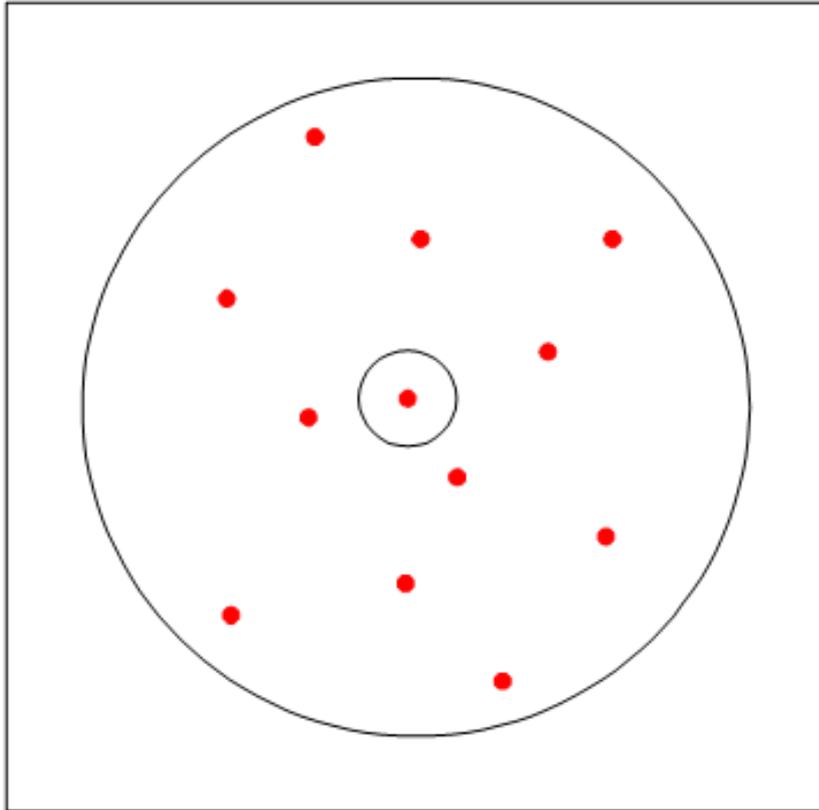
Análise exata e precisa



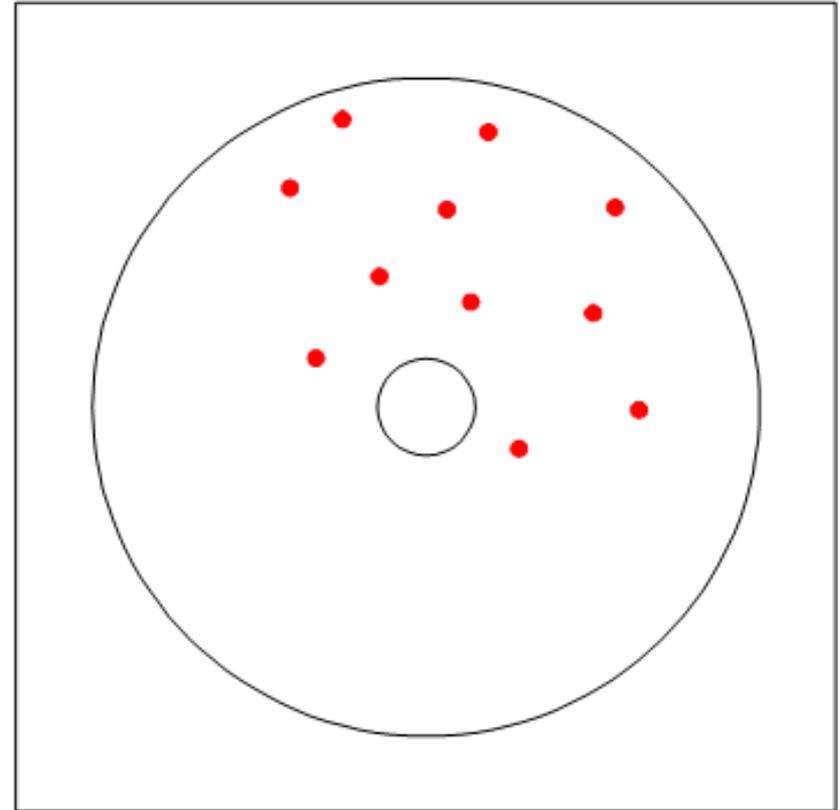
Análise inexata, mas precisa

MÉTODOS ANALÍTICOS

- **Exatidão, precisão e acurácia**



Análise exata, mas imprecisa



Análise inexata e imprecisa

MÉTODOS ANALÍTICOS



Em resumo

A exatidão refere-se à proximidade com o valor verdadeiro, a precisão refere-se à consistência ou repetibilidade das medidas, e a acurácia é uma medida combinada de exatidão e precisão.



MÉTODOS ANALÍTICOS

- **Análise** → É todo procedimento pelo qual se procura **conhecer um todo** (uma realidade) **por meio de suas partes**.
- **Exatidão e precisão** → É a **proximidade do valor analítico ao valor REAL** com a convergência das repetições dentro de uma série de análises.
- **Acurácia** → Implica em ter ao mesmo tempo, **exatidão e precisão**. Pode-se esperar uma medida acurada, mas dificilmente há métodos acurados.

MÉTODOS ANALÍTICOS

- Métodos analíticos mais utilizados em laboratórios de análise de solo e planta:

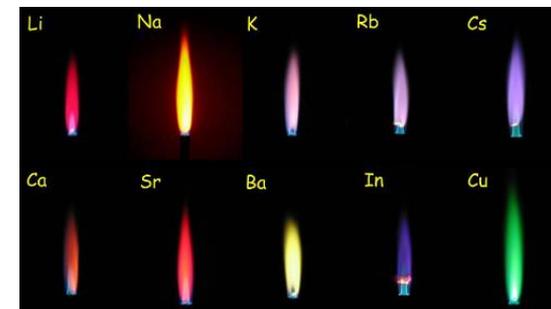


➤ Potenciometria

- Geralmente empregada para medidas de pH

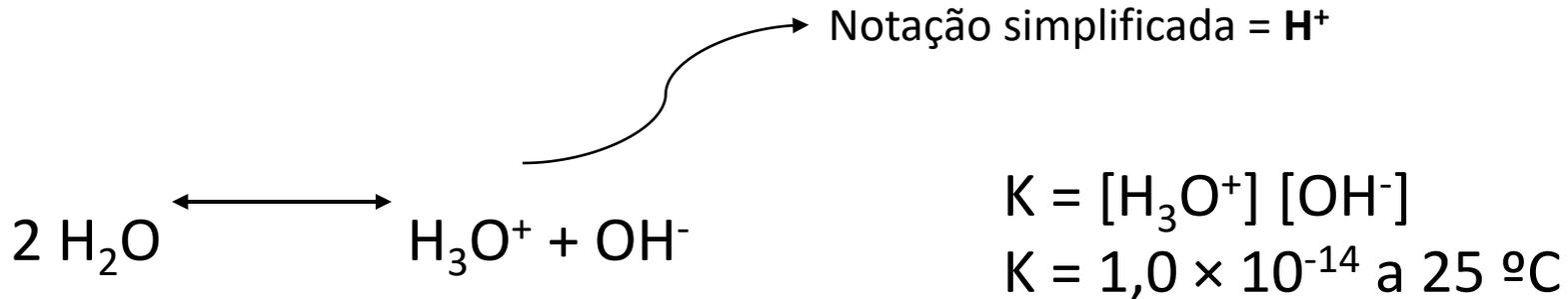
➤ Espectrofotometria

- Absorção molecular na região do UV-Visível
- Absorção atômica
- Emissão atômica



MÉTODOS ANALÍTICOS

1. Potenciometria



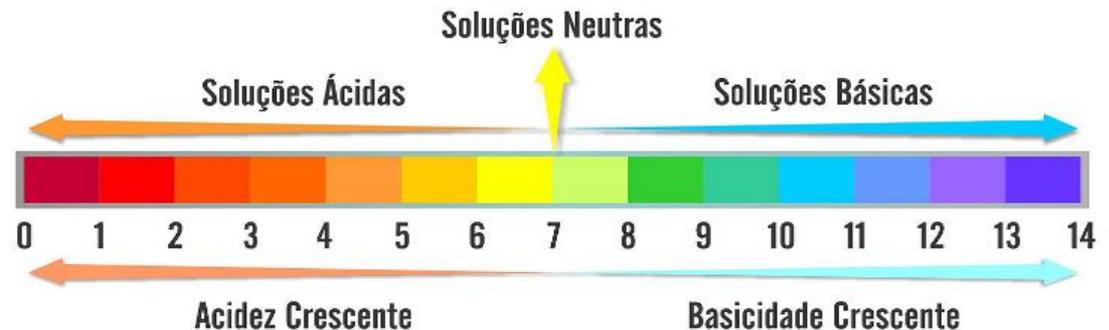
$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+) \quad \longrightarrow \quad \text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$(\text{H}^+) = f [\text{H}^+]$ Para soluções aquosas diluídas $(\text{H}^+) \sim [\text{H}^+]$

$(\text{H}^+) =$ Atividade de H^+

$[\text{H}^+] =$ Concentração de H^+

$f =$ Coeficiente de atividade



MÉTODOS ANALÍTICOS

1. Potenciometria

- ✓ As medidas de pH são efetuadas em potenciômetros ou, mais usualmente, em voltímetros.

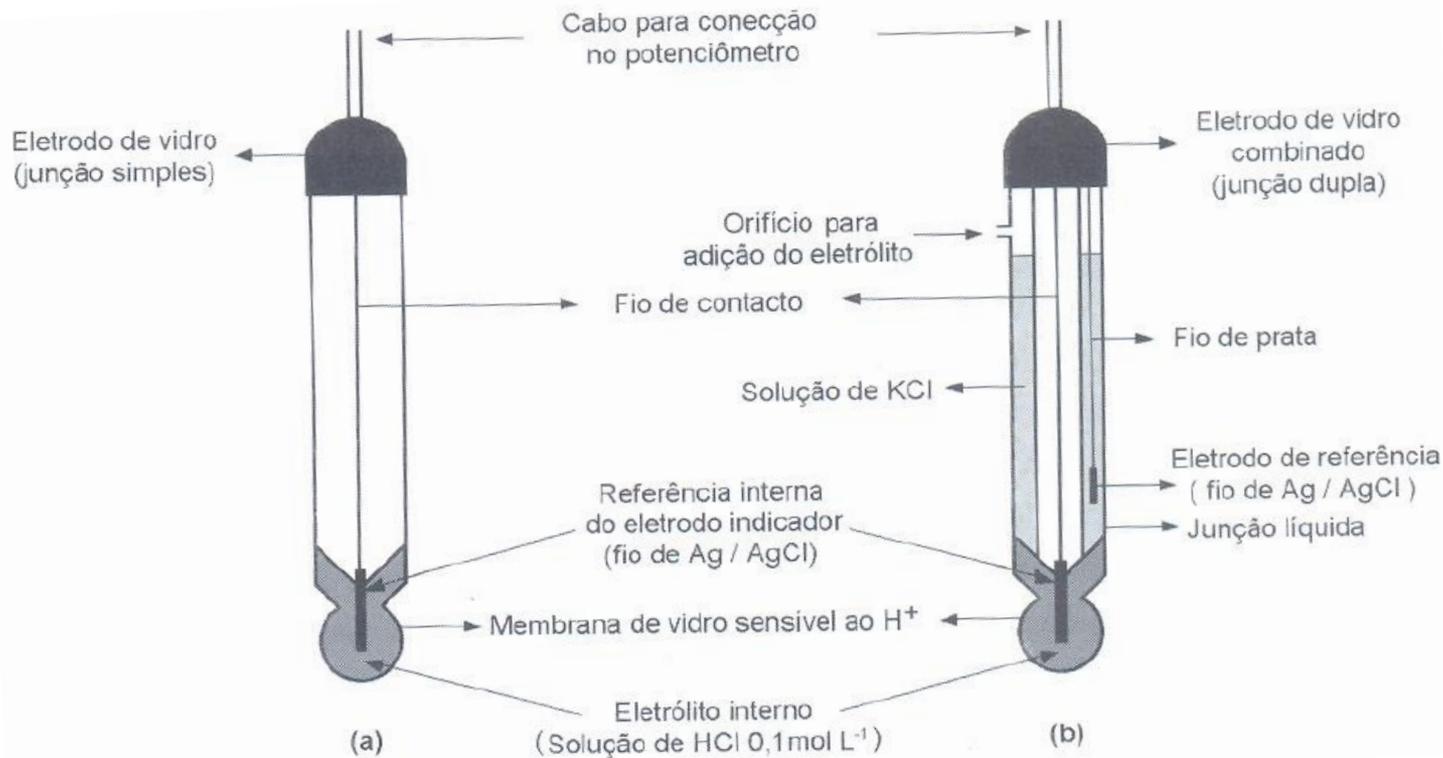


- ✓ A célula eletroquímica é composta por um **eletrodo de referência** e um **eletrodo indicador**.
- ✓ O eletrodo de referência é o fator de comparação do indicador; os tipos mais empregados são de calomelano saturado (Hg/HgCl_2 , KCl sat) e de Ag/AgCl , (Ag/AgCl , KCl sat)

MÉTODOS ANALÍTICOS

1. Potenciometria

Esquemas de eletrodos de pH. a) Eletrodo de vidro simples; b) eletrodo de vidro combinado



Calibração

pH = 7,0

pH = 4,0

pH = 10.0

MÉTODOS ANALÍTICOS



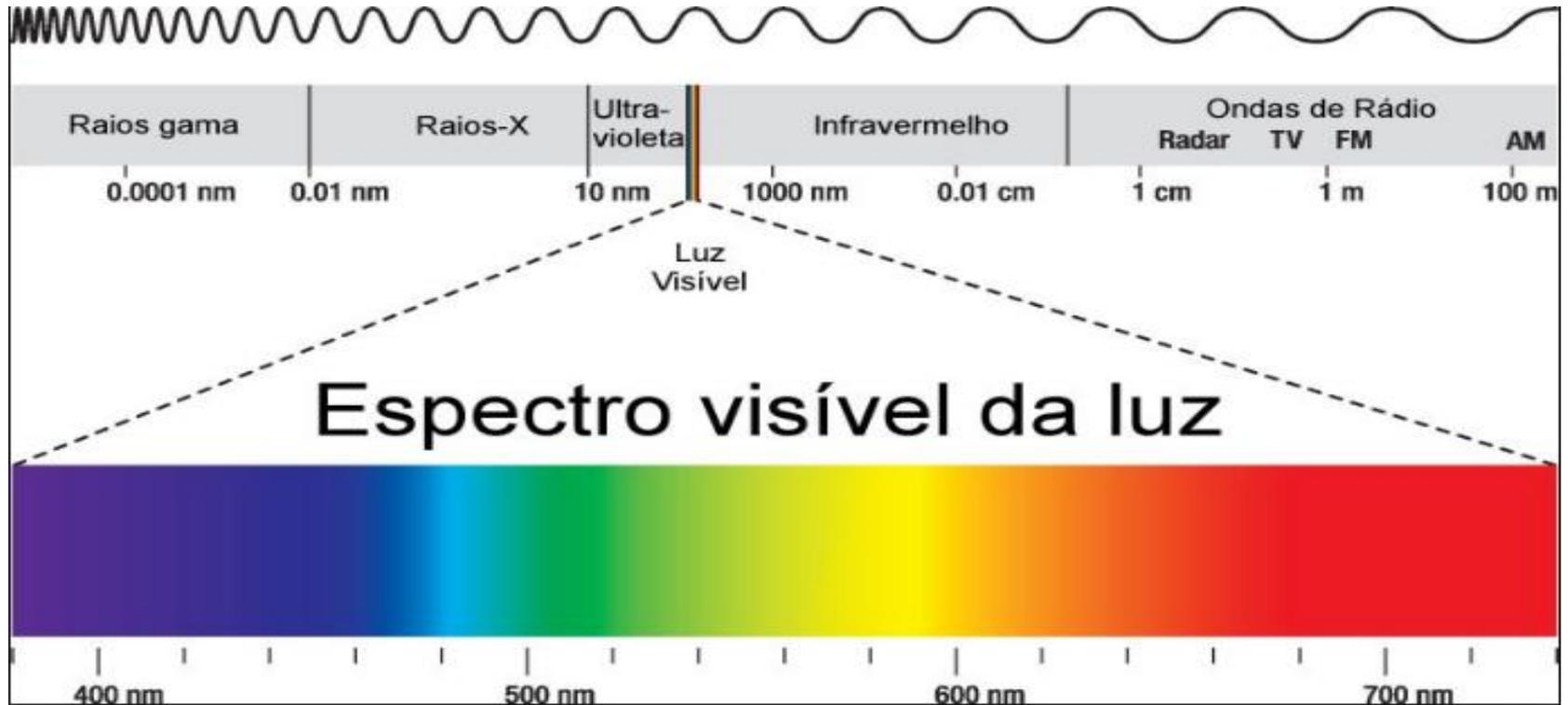
2. Absorção molecular na região do UV-Visível

- **Espectrometria** → ramo da ciência que trata da medida de espectros;
- **Espectroscopia** → termo mais usado para significar a separação, a detecção e o registro de trocas de energia (picos de ressonância) envolvendo núcleos, átomos ou moléculas;
- **Espectrofotometria** → mede basicamente a variação da intensidade das trocas de energia (emissão, absorção ou espalhamento) em um dado comprimento de onda fixo.



MÉTODOS ANALÍTICOS

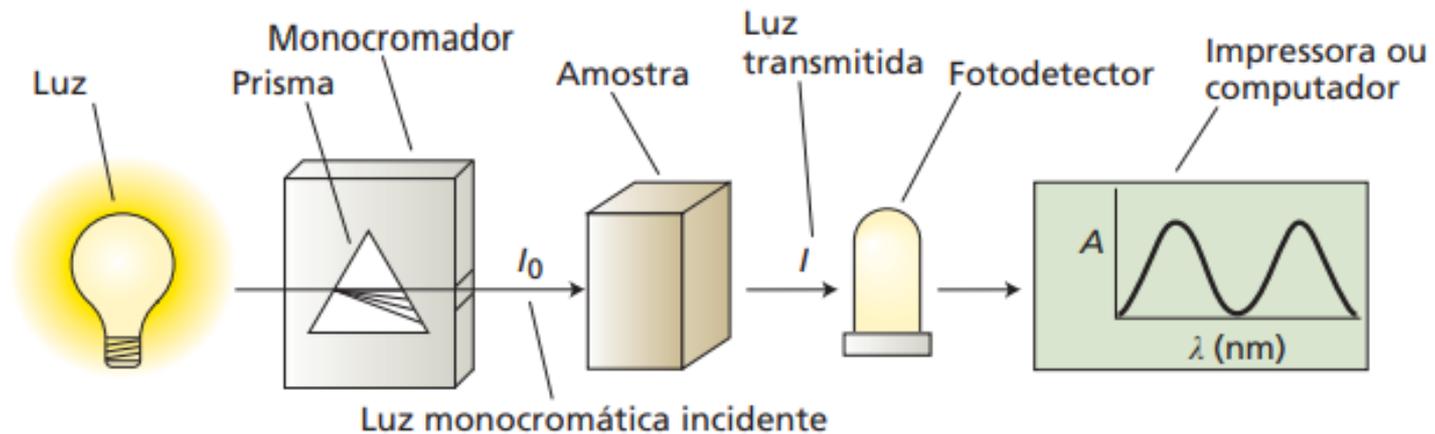
➤ Espectro eletromagnético



- ✓ As medidas espectroscópicas usadas na rotina dos laboratórios de análise de solo e planta são feitas nas regiões do ultravioleta e do visível, onde ocorrem as transições eletrônicas.

MÉTODOS ANALÍTICOS

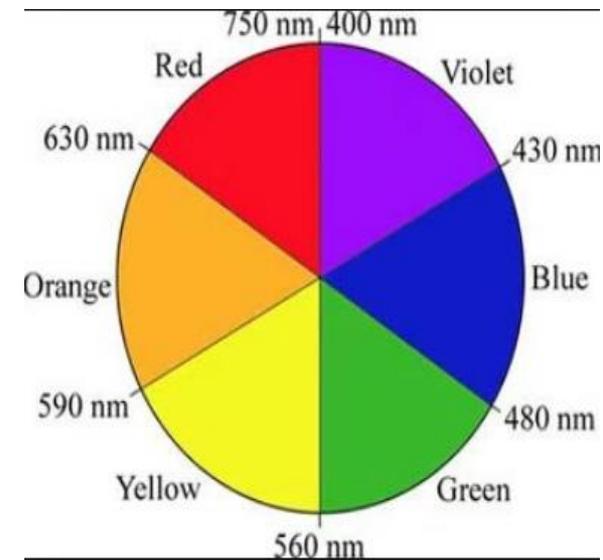
- Diagrama esquemático de um espectrofotômetro:



MÉTODOS ANALÍTICOS

➤ Absorção da luz visível

λ nm	Cor absorvida	Cor observada (refletida ou transmitida)
< 380	Ultravioleta	-----
380 – 435	Violeta	Verde amarelada
435 – 480	Azul	Amarela
480 – 490	Azul esverdeada	Laranja
490 – 500	Verde azulada	Vermelha
500 – 560	Verde	Púrpura
560 – 580	Verde amarelada	Violeta
580 – 595	Amarela	Azul
595 – 650	Laranja	Azul esverdeada
650 – 780	Vermelha	Verde azulada
> 780	Infravermelho próximo	-----

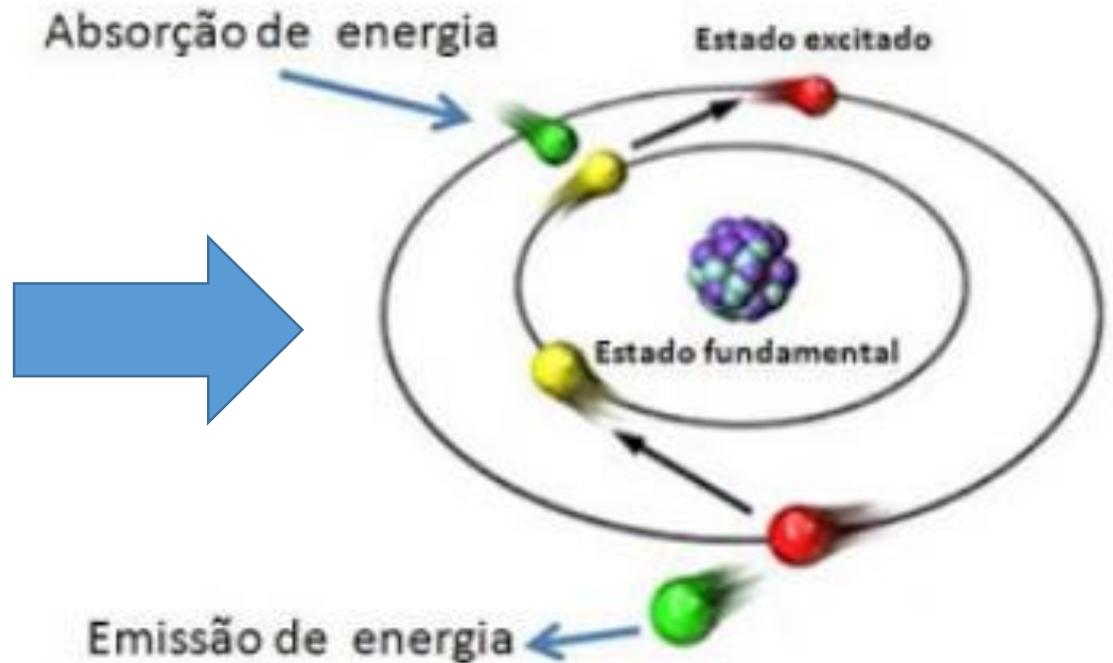


MÉTODOS ANALÍTICOS

➤ Absorção e emissão de radiação

Absorção → processo no qual há transferência de energia de um feixe de energia radiante para a matéria.

Emissão → Processo no qual a energia absorvida pela matéria é convertida e energia radiante





10 mL da S.E.
no Erlenmeyer

MÉTODOS ANALÍTICOS

➤ Leis quantitativas dos processos de absorção

- ✓ Quando um feixe monocromático de radiação, com intensidade I_0 incide sobre uma cubeta contendo uma solução, vários fenômenos ocorrem, de acordo com a relação a seguir:

$$I_0 = I_r + I_e + I_a + I_t$$

I_0 = Intensidade do feixe incidente

~~I_r = Intensidade do feixe refletido~~ ➔

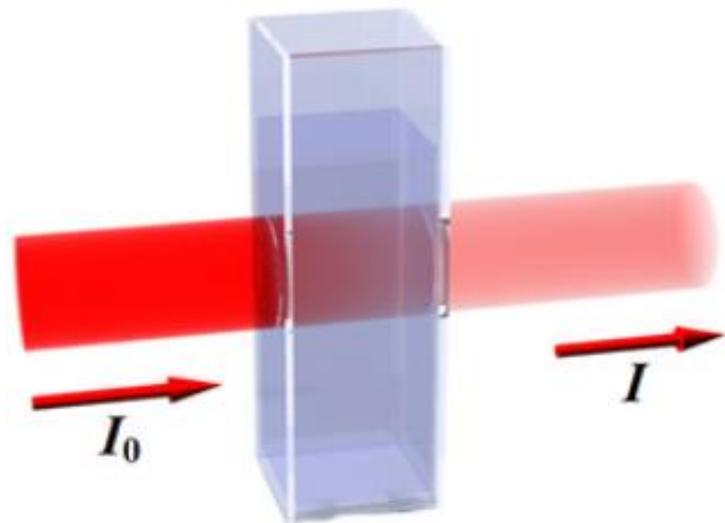
Uso de cubetas com paredes homogêneas

~~I_e = Intensidade do feixe espalhado~~ ➔

Desprezível pois o meio deve ser homogêneo

I_a = Intensidade do feixe absorvido

I_t = Intensidade do feixe transmitido



MÉTODOS ANALÍTICOS

➤ Leis quantitativas dos processos de absorção

- ✓ Quando um feixe monocromático de radiação, com intensidade I_0 incide sobre uma cubeta contendo uma solução, vários fenômenos ocorrem, de acordo com a relação a seguir:

$$I_0 = I_a + I_t$$

I_0 = Intensidade do feixe incidente



Medida diretamente

I_a = Intensidade do feixe absorvido

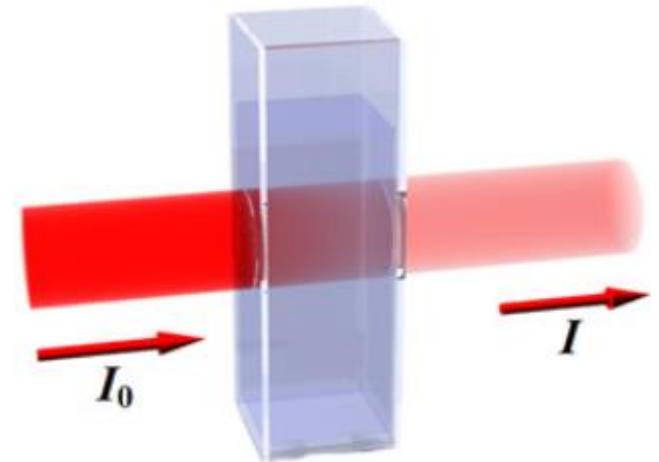


Determinada como $I_t - I_0$

I_t = Intensidade do feixe transmitido



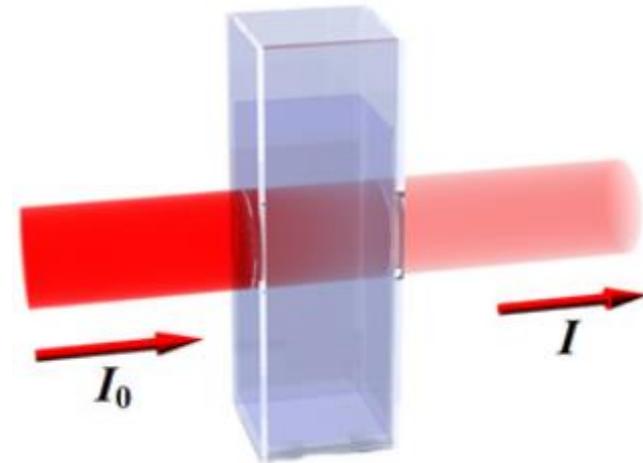
Medida diretamente



MÉTODOS ANALÍTICOS

➤ Leis quantitativas dos processos de absorção

- ✓ A intensidade de luz monocromática transmitida por um corpo homogêneo é proporcional à intensidade da luz incidente;
- ✓ A intensidade da luz monocromática transmitida decresce exponencialmente como aumento da espessura da camada do corpo homogêneo.



Lei de Lambert-Beer → $A = -\log(I_t / I_0)$

MÉTODOS ANALÍTICOS

➤ Cuidados experimentais

- ✓ Verificar se a leitura do aparelho está sendo feita em transmitância ou absorbância;
- ✓ Escolha correta do comprimento de onda de leitura, deve-se posicionar na região de máxima absorção e o mais longe possível da absorção de outras espécies;
- ✓ Diminuir ou eliminar efeito de interferentes;
- ✓ O pH tem um papel importante na formação de complexos;
- ✓ Concentração dos reagentes, excesso ou falta de reagente pode influenciar na sensibilidade do método;
- ✓ Tempo, depende da cinética do sistema químico.

MÉTODOS ANALÍTICOS

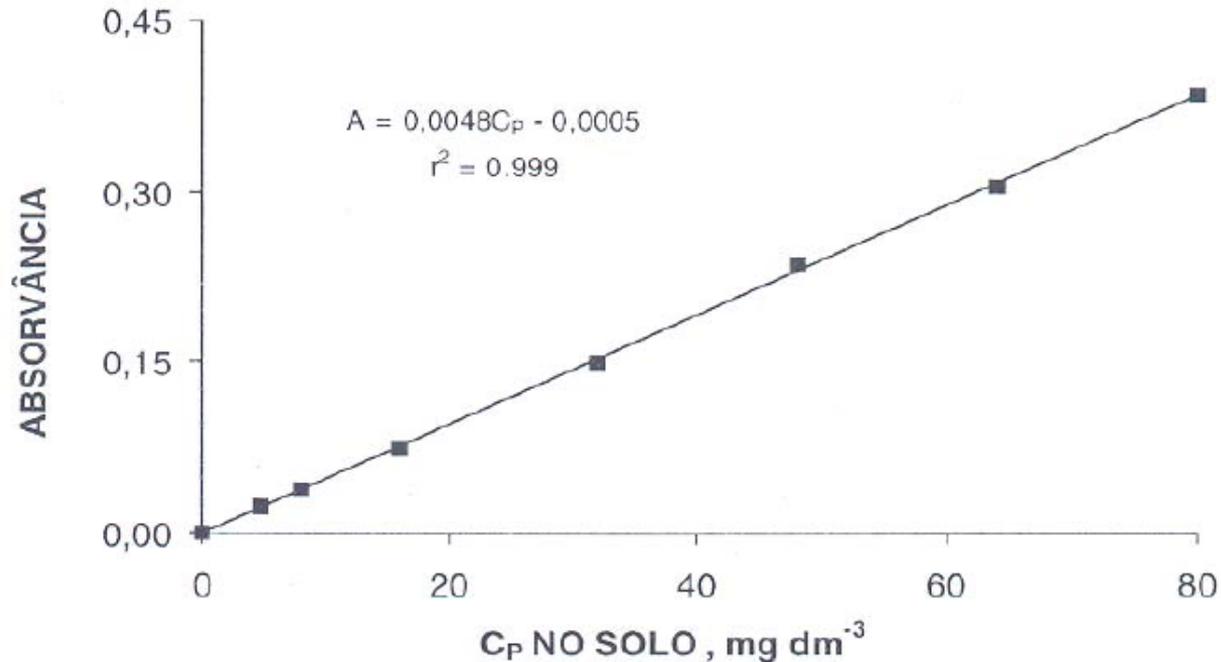
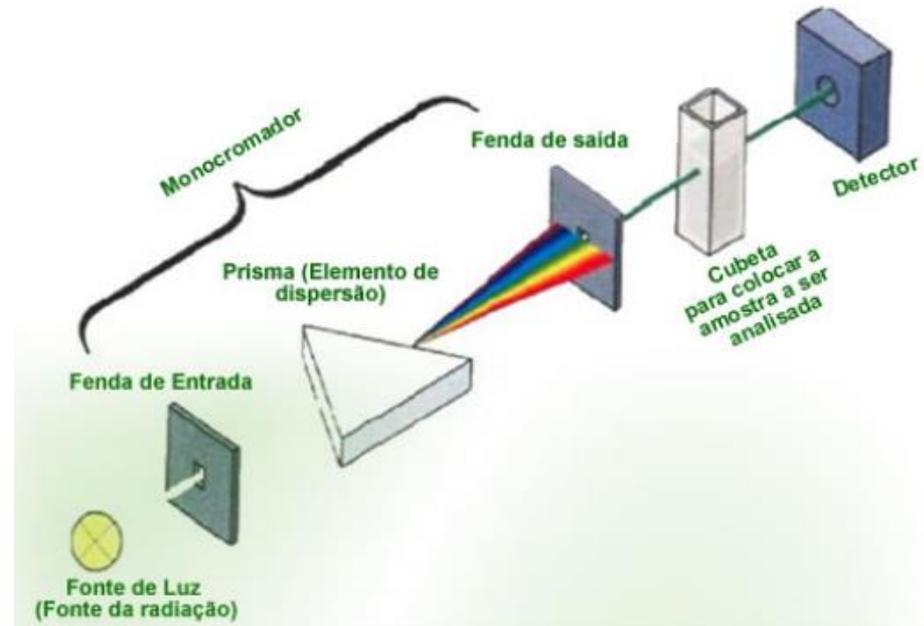


Figura 5.5. A representação gráfica da Lei de Beer. Reta padrão para a determinação espectrofotométrica de fósforo (na forma de fosfato) em solos, pelo método do azul de molibdênio. Dados obtidos em 660 nm, usando uma cela de vidro com espessura de 1 cm.

MÉTODOS ANALÍTICOS

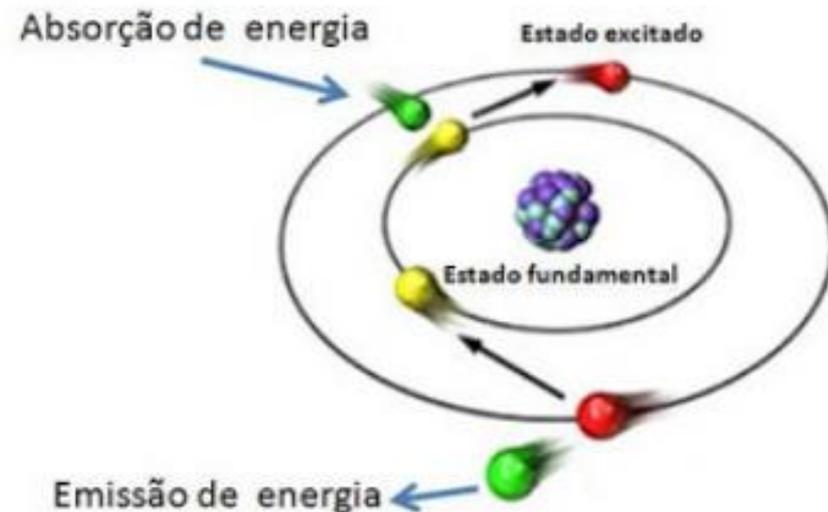
2. Absorção molecular na região do UV-Visível



MÉTODOS ANALÍTICOS

3. Espectrofotometria de absorção atômica

Fundamento → medida da intensidade da radiação absorvida por átomos de um elemento no estado fundamental em altas temperaturas, no comprimento de onda da linha de ressonância (Walsh, 1995). **É uma técnica que obedece à Lei de Lambert-Beer.**



MÉTODOS ANALÍTICOS

3. Espectrofotometria de absorção atômica

✓ A **seletividade** é uma das principais vantagens

- **Montagem básica:**

- ✓ Fonte de luz estável

- ✓ Dispositivo onde possa ser gerado o vapor atômico

- ✓ Monocromador

- ✓ Elemento de detecção

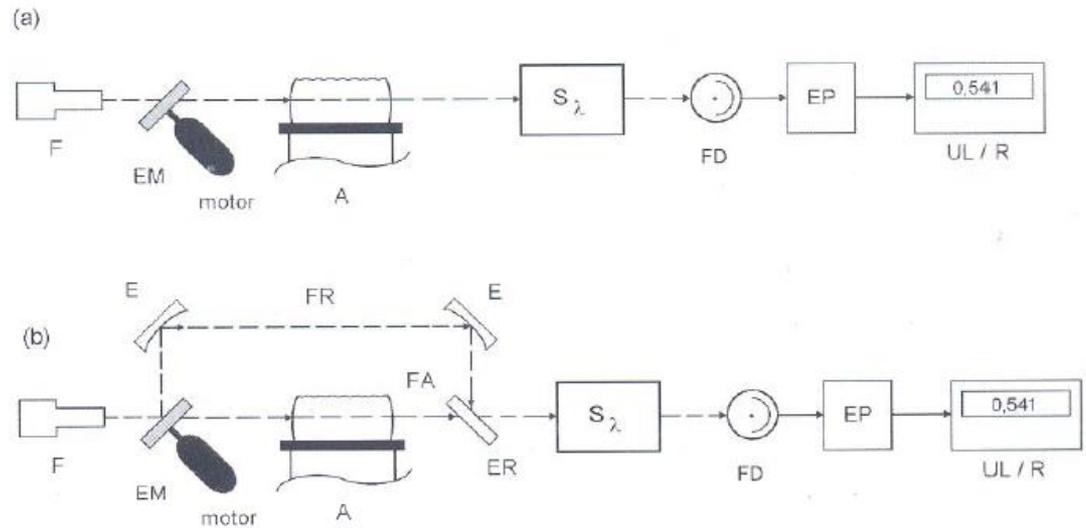


Figura 5.7. Diagrama de blocos dos espectrofotômetros de absorção atômica. **(a)** Feixe simples; **(b)** Feixe duplo. **F**: fonte de radiação (lâmpada de cátodo oco ou EDL - ver texto); **EM**: espelho modulador (chopper); **A**: atomizador (chama ou forno de grafite); **E**: espelho; **FR**: feixe de referência; **FA**: feixe da amostra; **S_λ**: seletor de comprimento de onda (monocromador); **ER**: espelho reticulado (recombinador de feixe); **FD**: fotodetector; **EP**: eletrônica para o processamento do sinal; **UL/R**: unidade de leitura e registro (analógica ou digital).



MÉTODOS ANALÍTICOS

3. Espectrofotometria de absorção atômica

- A fonte de radiação mais comumente empregada é a lâmpada de cátodo oco, conforme esquemas abaixo:

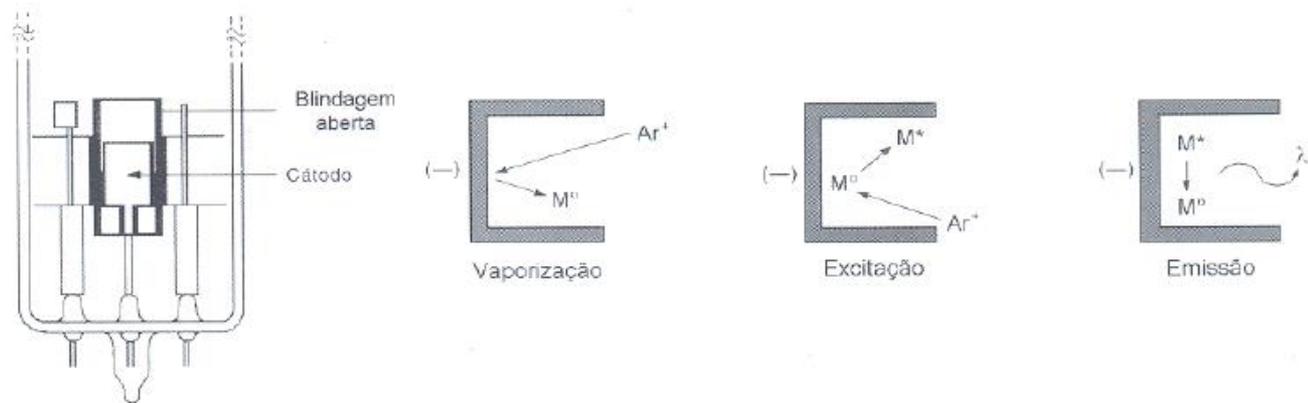
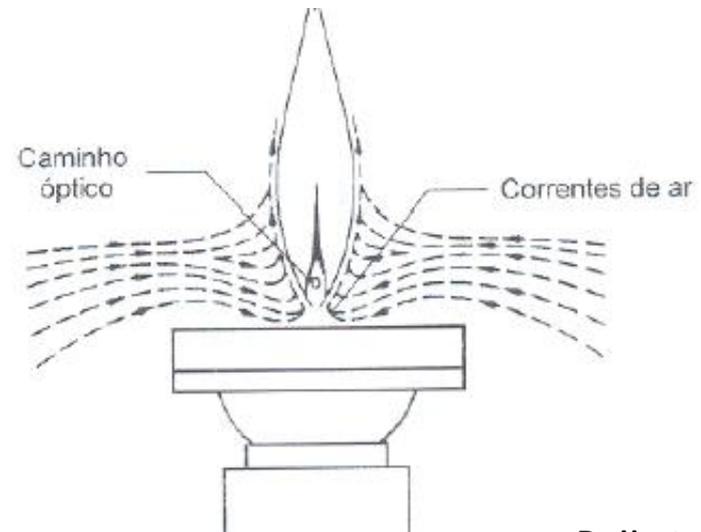
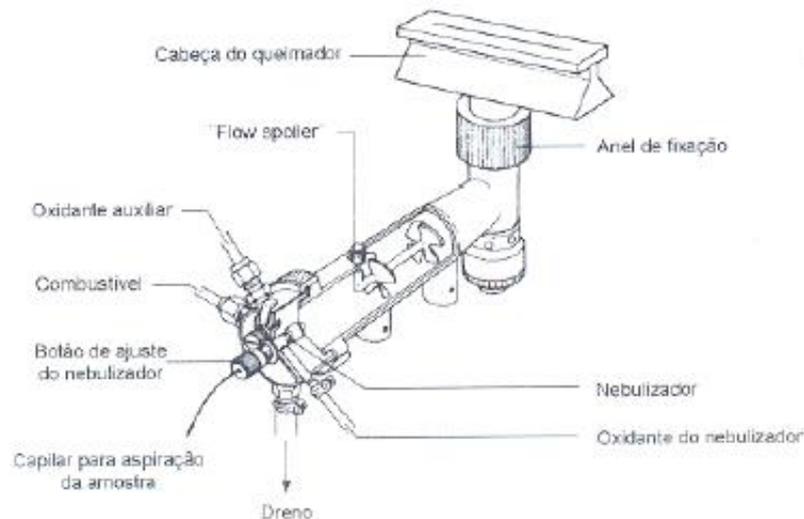


Figura 5.8. Lâmpada de cátodo oco. Perfil da montagem básica e esquema de funcionamento do cátodo.

MÉTODOS ANALÍTICOS

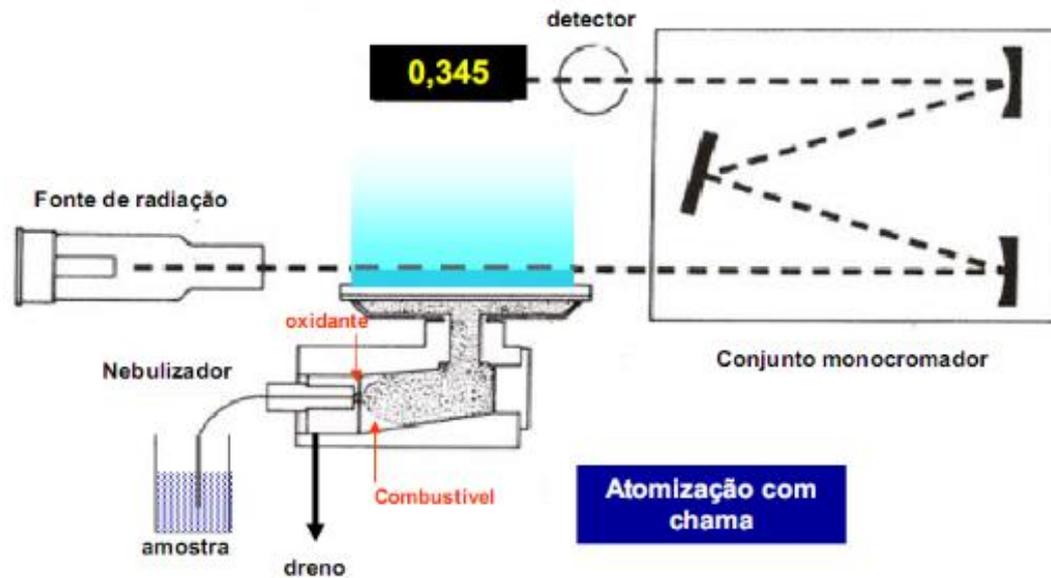
3. Espectrofotometria de absorção atômica

- Existem diferentes técnicas para introdução de amostras líquidas, gasosas e sólidas;
- A atomização é efetuada por nebulização da amostra no atomizador (chama), sendo uma das etapas mais críticas (abaixo esquema de nebulizador tipo “Premix”);



MÉTODOS ANALÍTICOS

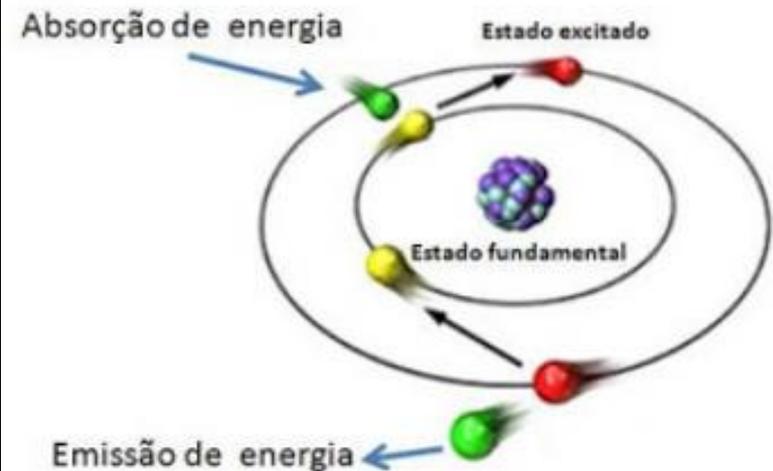
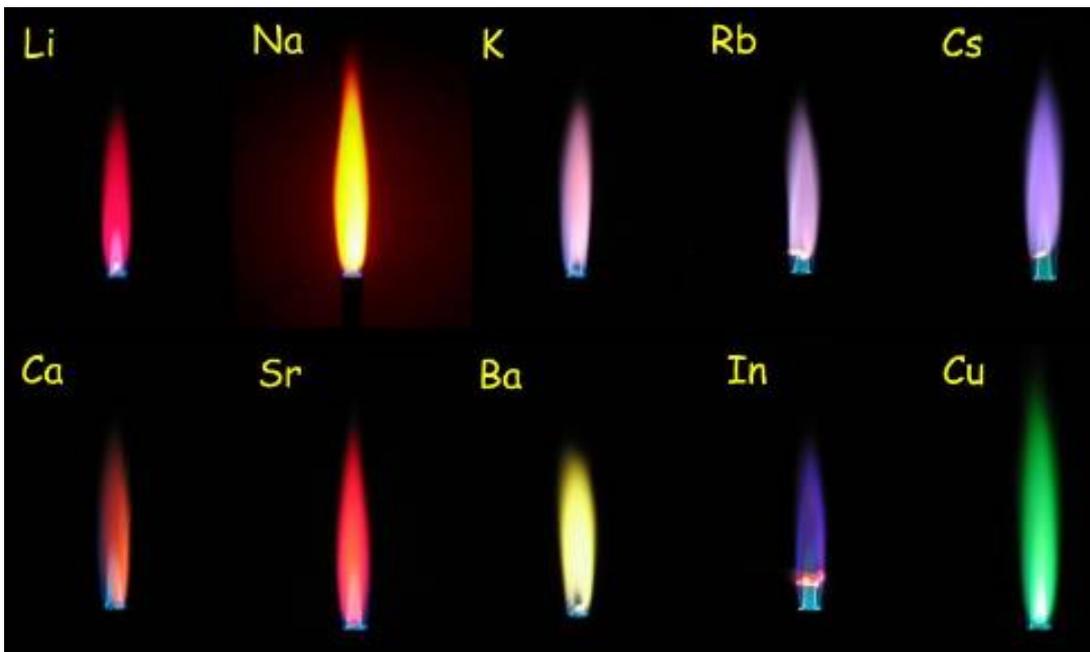
3. Espectrofotometria de absorção atômica



MÉTODOS ANALÍTICOS

4. Espectrofotometria de emissão atômica

Fundamento → Baseada na emissão da radiação eletromagnética por átomos livres no estado excitado. Os comprimentos de onda emitidos são característicos para cada elemento.



MÉTODOS ANALÍTICOS

4. Espectrofotometria de emissão atômica

- Quando uma quantidade suficiente de energia é fornecida a uma substância, seus átomos podem ser elevados do estado fundamental a um estado excitado.
- As medidas de emissão atômica em chama envolvem processos de atomização a temperaturas inferiores a 3.000 °C.

Tabela 5.4. Porcentagem de átomos no estado excitado em várias temperatura

Elemento	Linha nm	g_1/g_0	$(N_1/N_0) \times 100$		
			2.000 K	3.000 K	4.000 K
Césio	851,1	2	0,04	0,72	2,98
Sódio	589,0	2	1×10^{-3}	0,06	0,44
Cálcio	422,7	3	1×10^{-5}	4×10^{-3}	0,06
Zinco	213,9	3	7×10^{-13}	6×10^{-8}	1×10^{-5}

Adaptado de ROBINSON, 1996 - p.25.

MÉTODOS ANALÍTICOS

4.1. Espectrofotometria de emissão em chama

A determinação de metais como K, Na e Li não requer altas temperaturas, de modo que uma chama de ar-butano, com temperatura de cerca de 1.900 °C, é suficiente para estas determinações.

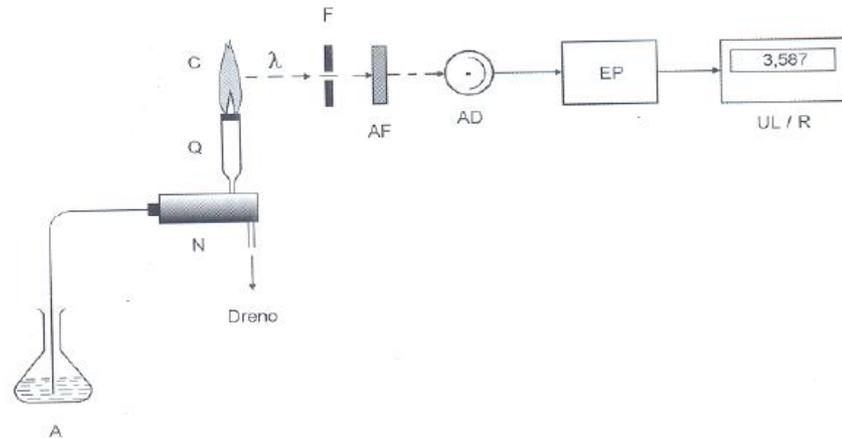


Figura 5.14. Diagrama de blocos de um fotômetro de emissão atômica. **A**: amostra (aspirada); **N**: nebulizador; **Q**: queimador; **C**: chama; λ : linhas de emissão atômica; **F**: fenda; **AF**: arranjo de filtros ópticos; **AD**: arranjo de fotodetectores; **EP**: eletrônica para o processamento do sinal; **UL/R**: unidade de leitura e registro (analógica ou digital). Os equipamentos mais comuns usam filtros para selecionar os comprimentos de onda, mas pode-se também empregar monocromadores, apesar do maior custo.

MÉTODOS ANALÍTICOS

4.1. Espectrofotometria de emissão em chama

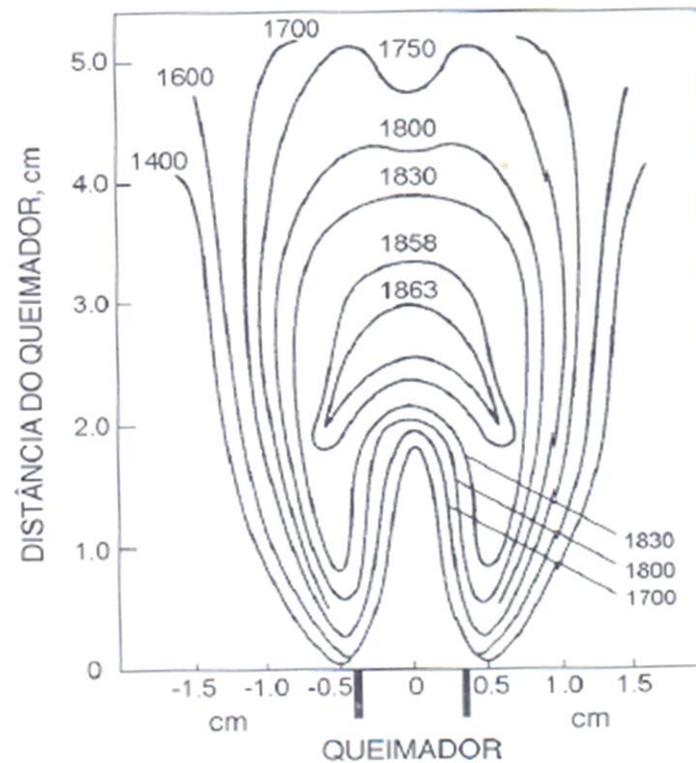
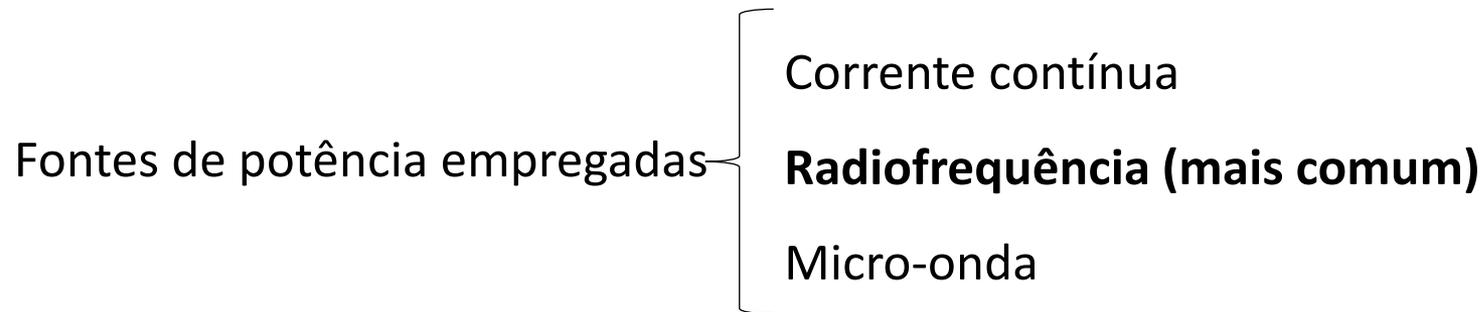


Figura 5.15. A distribuição espacial da temperatura de uma chama usada em fotometria de chama. As temperaturas estão mostradas em graus Celcius, segundo LEWIS e von ELBE, 1943 (Adaptado de DEAN, 1960, p. 23).

MÉTODOS ANALÍTICOS

4.2. Espectrofotometria de emissão com plasma

- ✓ **Plasma** → parte de uma descarga gasosa em que o gás se apresenta parcialmente ionizado, mas em um estado eletricamente neutro. Um plasma é qualquer sistema em alta temperatura caracterizado pelo seu grau de ionização.



Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)

↪ fonte de excitação mais efetiva

MÉTODOS ANALÍTICOS

4.2. Espectrofotometria de emissão com plasma

Sistema ICP-AES → Consiste basicamente em uma fonte de excitação de alta frequência; sistema para introdução de amostras, de uma tocha (plasma), de um sistema de gases, de um sistema óptico de detecção e de um sistema computacional para gerenciamento dos dados e controle do equipamento.

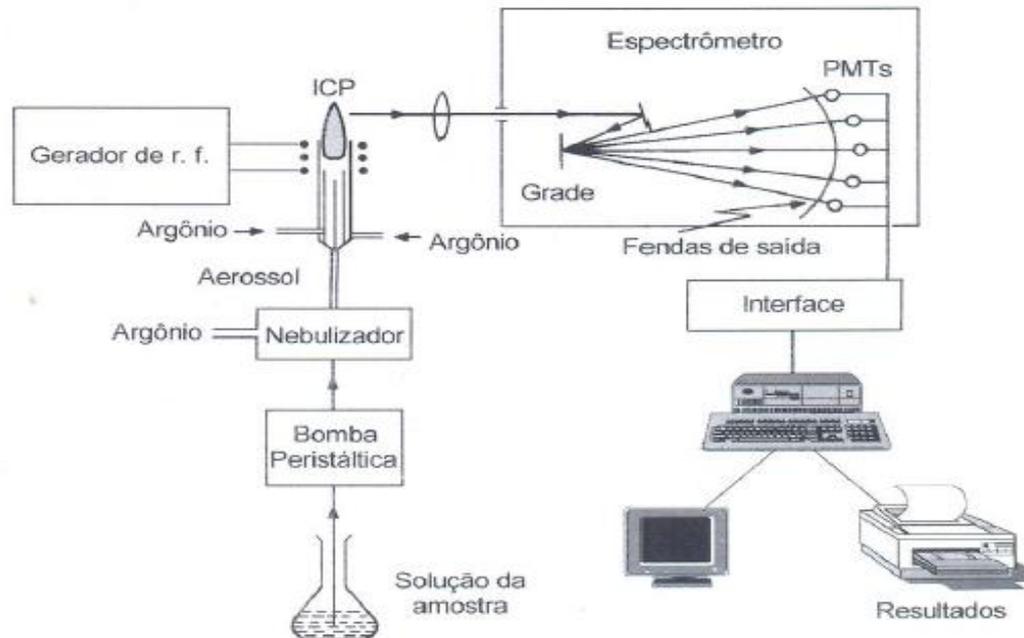


Figura 5.16. Esquema básico de um espectrômetro de emissão atômica simultâneo (Adaptado de MOORE, 1989 - p.115).

MÉTODOS ANALÍTICOS

4.2. Espectrofotometria de emissão com plasma

- ✓ **Sistema ICP-AES** → O plasma é gerado pelo aquecimento indutivo de um gás, a pressão atmosférica, em geral, o argônio, que flui através de um conjunto de tubos concêntricos de quartzo. O plasma é iniciado por uma faísca de alta energia através do gás, produzindo íons e elétrons, tornando o gás ionizado.

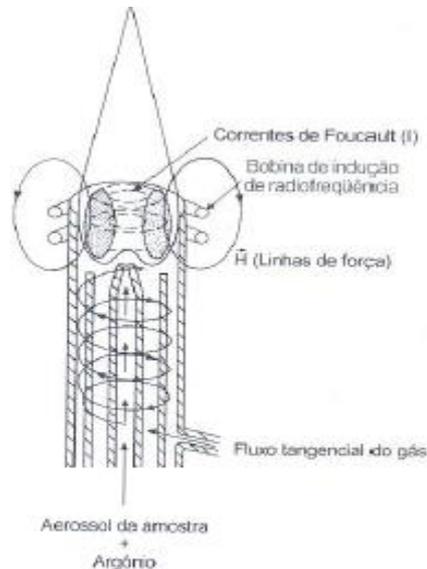


Figura 5.17. Tocha do plasma (FASSEL, 1978).

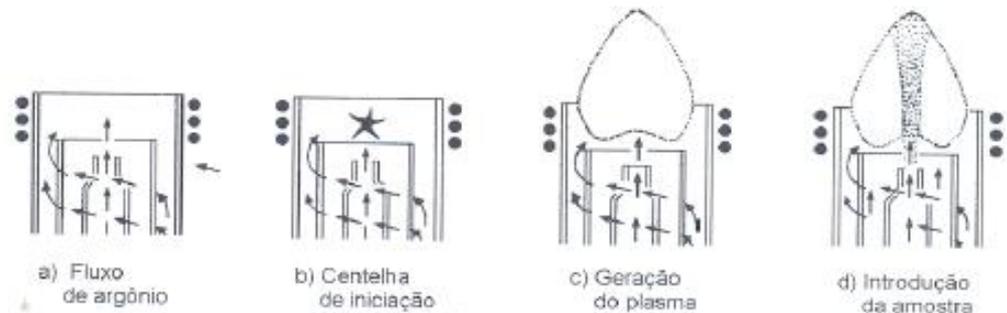


Figura 5.18. Etapas de geração do plasma induzido de argônio, mostrando os fluxos de gás e a introdução da amostra na zona de excitação (NOVOZAMSKY e van der LEE, 1986 - p.63).

MÉTODOS ANALÍTICOS

4.2. Espectrofotometria de emissão com plasma

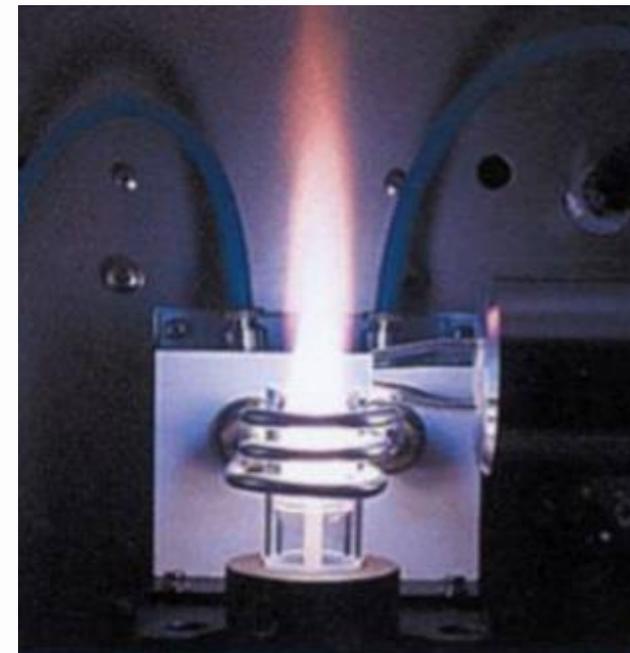
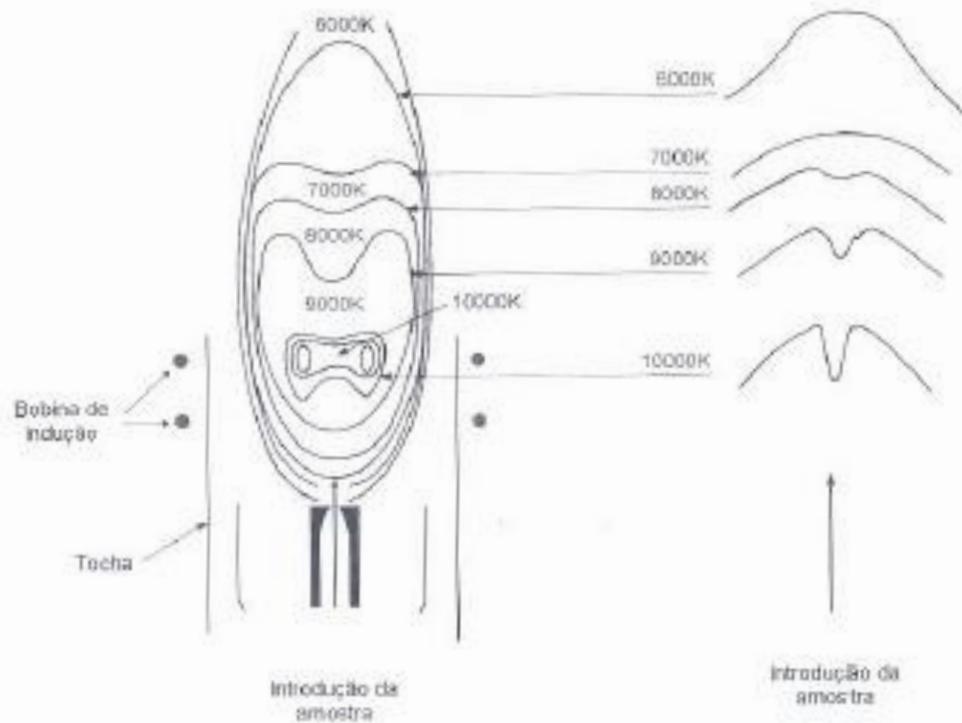


Figura 5.19. Esquema da distribuição de temperatura em um plasma (Adaptado de Fassel, 1978).

MÉTODOS ANALÍTICOS

4.2. Espectrofotometria de emissão com plasma

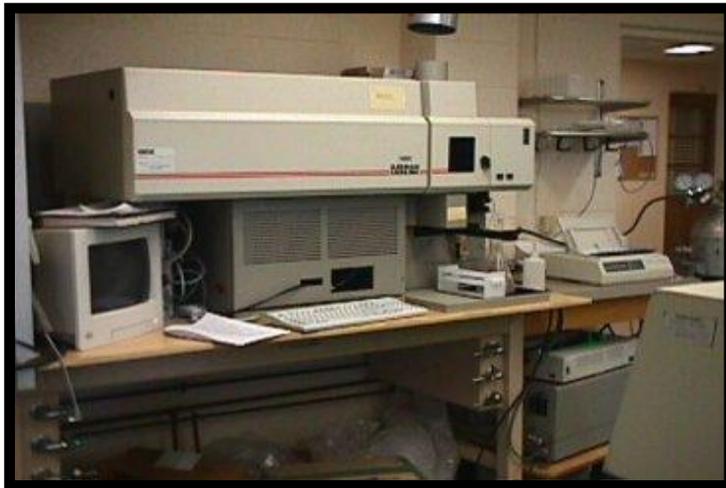
✓ Sistema ICP-AES



MÉTODOS ANALÍTICOS

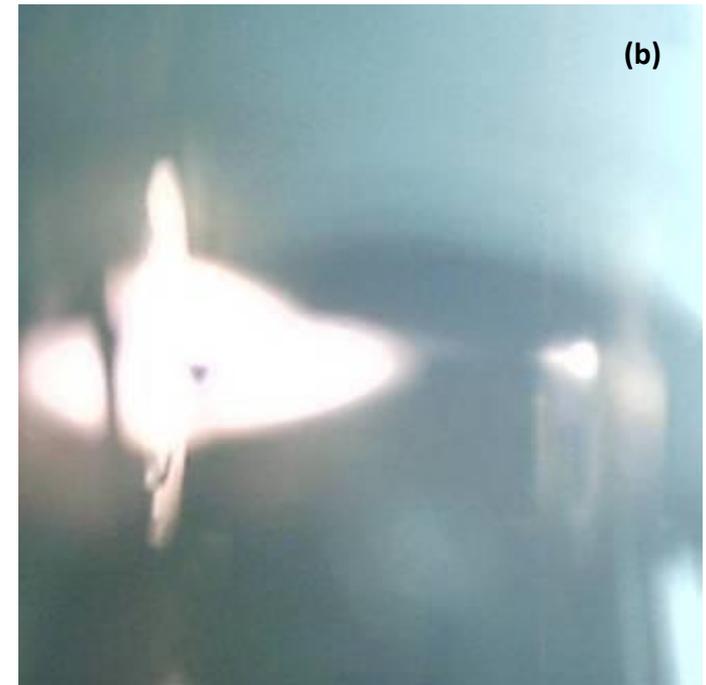
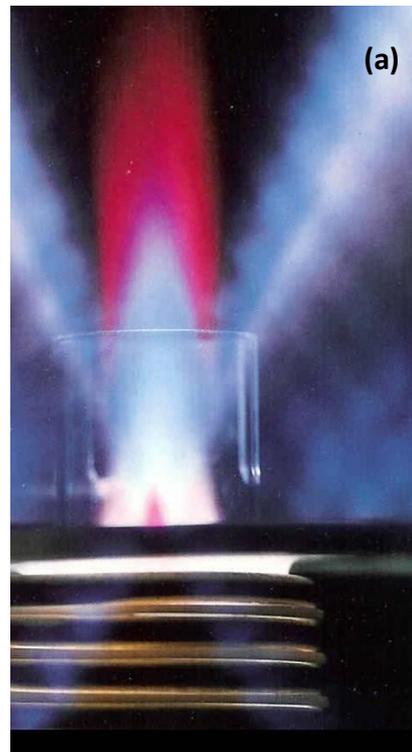
4.3. Espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente

✓ Sistema ICP-MS



MÉTODOS ANALÍTICOS

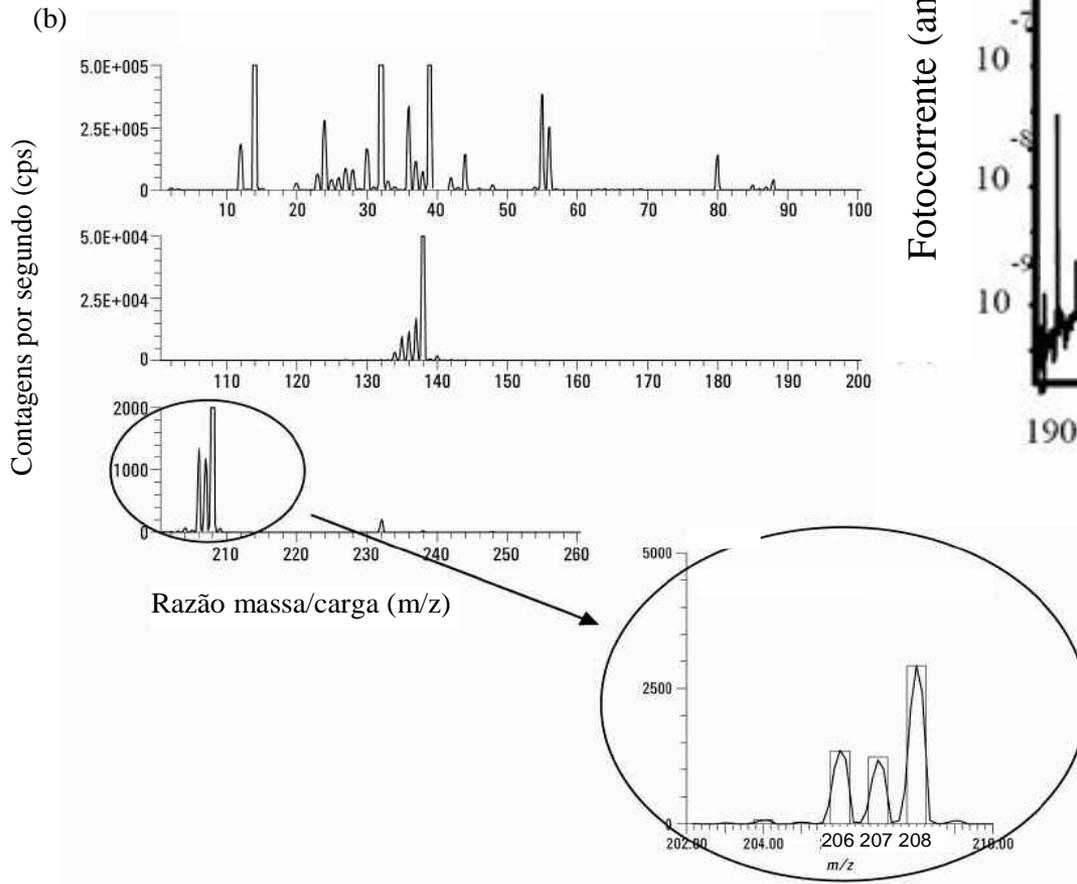
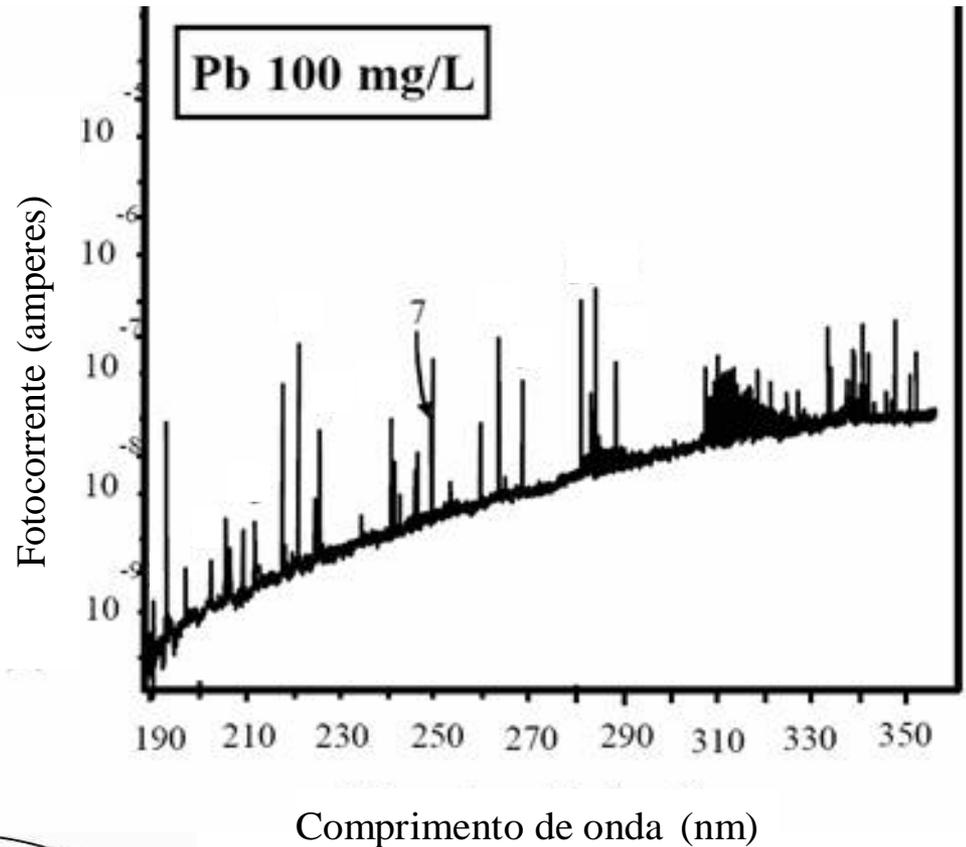
4.3. Espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente



Plasmas típicos em espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), com tocha montada verticalmente (a), e em espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS), com a tocha montada horizontalmente (b)

MÉTODOS ANALÍTICOS

(a)



Espectro de emissão atômica obtido por ICP-OES para uma solução com **100 mg L⁻¹** de Pb (a) e espectro de massa por ICP-MS para uma solução com **10 µg L⁻¹** de Pb (b).

MÉTODOS ANALÍTICOS

4.3. Espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente.

Técnica	Elementos analisados	Limite de detecção	Vantagens	Desvantagens
ICP-MS	Maioria dos metais e não metais	ng L ⁻¹ (ppt)	Análise rápida, sensível, multielementar, faixa analítica ampla e bom controle de interferências	Sensível aos sólidos totais dissolvidos (STS) > 2 g L ⁻¹ e à interferência isobárica
ICP-OES	Maioria dos metais e não metais	Intermediário entre µg L ⁻¹ (ppb) a mg L ⁻¹ (ppm)	Análise rápida, multielementar e tolerante a sólidos totais dissolvidos (STS) > 2 g L ⁻¹	Interferências complexas e sensibilidade relativamente baixa
GFAA	Maioria dos metais (normalmente, As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb e Se)	ng L ⁻¹ (ppt)	Sensível e poucas interferências	Um único elemento e faixa analítica limitada
AA-hidreto	Elementos formadores de hidreto (As, Bi, Pb, Sb, Se, Te e Tl)	ng L ⁻¹ (ppt) a µg L ⁻¹ (ppb)	Sensível e poucas interferências	Um único elemento, lenta e complexa
CVAA	Hg	ng L ⁻¹ (ppt)	Sensível, simples e poucas interferências	Um único elemento e lenta

VALORES

1 ppb = 1 em 1 bilhão de reais

1 pb = 1 em 1 bilhão de segundos

1 pb = 1 em 1 bilhão de segundos
responder

1 pb = 1 em 1 bilhão de segundos

1 ppb	= 1 em 1 bilhão de segundos
1 pb	= 1 em 1 bilhão de segundos
1 pb	= 1 em 1 bilhão de segundos
1 pb	= 1 em 1 bilhão de segundos

1 pb = 1 em 1 bilhão de segundos

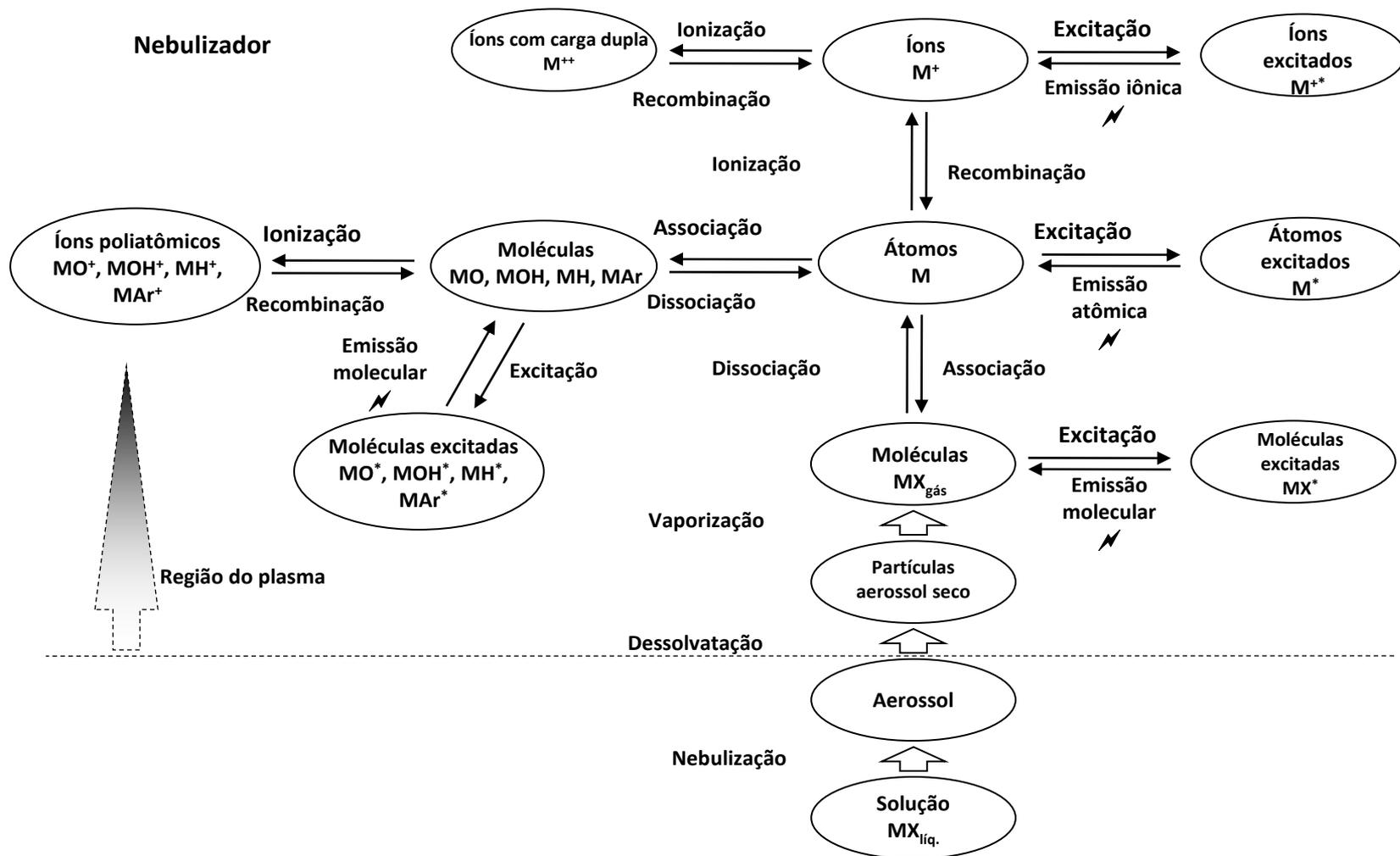
1 pb = 1 em 1 bilhão de segundos

1 pb = 1 em 1 bilhão de segundos

1 ppb ~ R\$ 1 em 1 bilhão de reais

1 ppb ~ 1 s em 31,7 anos

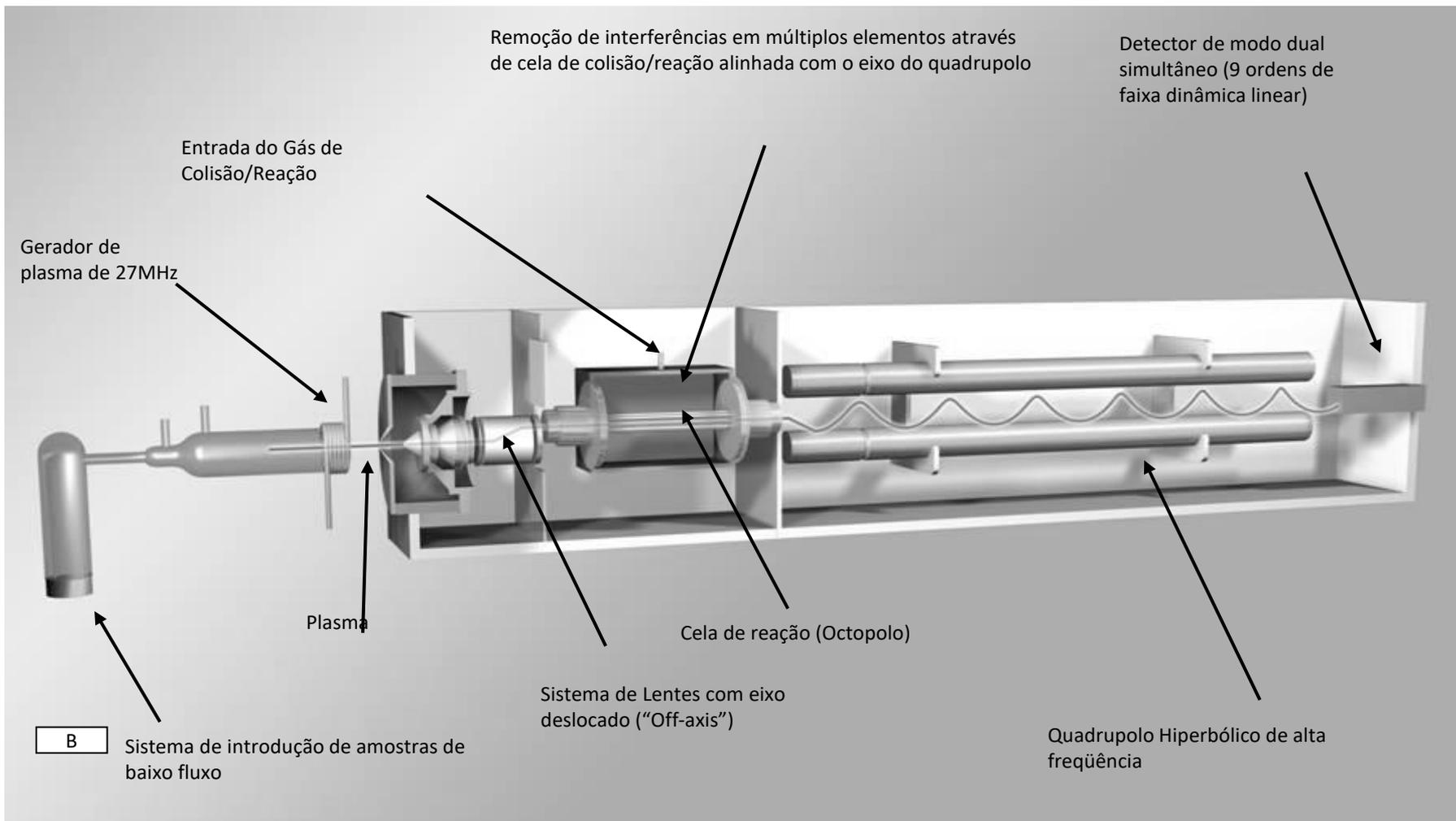
MÉTODOS ANALÍTICOS



Esquema dos processos e das espécies coexistentes no equilíbrio da fase gasosa no plasma. Os processos de emissão estão associados à ICP-OES, pela emissão de luz, e os processos de excitação e ionização, à ICP-MS, pela geração das espécies iônicas.

Íon molecular	Massa/carga (m/z)	(1) Analito afetado pelo íon interferente
	Sinal de fundo	
NH ⁺	15	--
OH ⁺	17	--
OH ₂ ⁺	18	--
C ₂ ⁺	24	Mg
CN ⁺	26	Mg
CO ⁺ , N ₂ ⁺	28	Si
N ₂ H ⁺	29	Si
NO ⁺	30	Si
NOH ⁺	31	P
O ₂ ⁺	32	S
O ₂ H ⁺	33	-
³⁶ ArH ⁺	37	Cl
³⁸ ArH ⁺	39	K
⁴⁰ ArH ⁺	41	-
CO ₂ ⁺	44	Ca
CO ₂ ⁺ H	45	Sc
ArC ⁺ , ArO ⁺	52	Cr
ArN ⁺	54	Cr
ArNH ⁺	55	Mn
ArO ⁺	56	Fe
ArH ⁺	57	Fe
⁴⁰ Ar ³⁶ Ar ⁺	76	Se
⁴⁰ Ar ³⁸ Ar	78	Se
⁴⁰ Ar ₂ ⁺	80	Se

Agilent 7500ce ICP-MS com sistema de reação octopolo (ORS)



Elemento	SRM 1640	Valores determinados			
		1:10	1:5	1:2	1:1
		$\mu\text{g kg}^{-1}$			
Be / 9 [#3]	34,94	34,50	34,80	34,96	35,12
Na / 23 [#3]	29350	29000	28740	28890	28635
Mg / 24 [#3]	5819	5818	5769	5802	5720
Al / 27 [#3]	52	19,71	42,83	50,18	45,12
K / 39 [#3]	994	820	903	928	918
Ca / 43 [#3]	7045	6357	6755	6814	6638
V / 51 [#2]	12,99	9,72	11,04	11,29	11,79
Cr / 52 [#2]	38,6	36,0	36,8	36,5	36,4
Mn / 55 [#3]	121,5	125,30	124,60	121,50	117,50
Fe / 56 [#1]	34,32	19,17	31,26	34,03	33,42
Co / 59 [#3]	20,28	20,75	20,76	20,66	20,57
Ni / 60 [#2]	27,4	27,49	26,89	28,66	27,38
Cu / 63 [#2]	85,2	86,88	90,91	88,55	86,92
Zn / 66 [#3]	53,2	49,43	50,13	50,14	50,79
As / 75 [#2]	26,67	24,42	25,31	25,62	25,94
Se / 78 [#1]	21,96	22,04	22,80	22,97	23,53
Mo / 95 [#3]	46,75	42,21	43,01	42,95	43,11
Ag / 107 [#3]	7,62	7,60	7,77	7,67	7,52
Cd / 111 [#3]	22,79	22,13	22,43	22,80	22,73
Sb / 121 [#3]	13,79	12,64	13,01	13,31	13,42
Ba / 137 [#3]	148	141,50	144,60	145,50	146,25
Pb / 208 [#3]	27,89	26,57	27,39	27,37	27,38
Th / 232 [#3]	-	0,02	0,02	0,02	0,02
U / 238 [#3]	-	0,74	0,75	0,74	0,75

Elemento	Planta (NIST SRM 1515)			Solo (NIST SRM 2710)			Lodo de esgoto (NIST SRM 2781)		
	Total	Determinado		Total	Lixiviado	Determinado	Total	Lixiviado	Determinado
		HNO3	HNO ₃ + HCl						
----- mg/kg -----									
Be / 9 [#3]		0,017	0,017	---	---	0,302	---	---	0,21
Na / 23 [#3]	24,4	34,62	26,82	11400	5400	832	2100	---	831
Mg / 24 [#3]	2710	2575	2525	8530	5700	6226	5900	4850	4315
Al / 27 [#3]	286	257	247	64400	18000	25306	16000	8040	8978
K / 39 [#3]	16100	15363	15158	21100	4500	6393	4900	---	2240
Ca / 43 [#3]	15260	13970	13653	12500	4100	4668	39000	36440	32718
V / 51 [#2]	0,26	0,162	0,173	---	---	55,19	---	---	71,37
Cr / 52 [#2]	0,3	0,199	0,322	39*	19	22,71	202	143	125
Mn / 55 [#3]	54	51,3	50,0	10100	7700	8042	---	---	693
Fe / 56 [#1]	83	80,7	82,8	33800	27000	29236	28000	24300	23023
Co / 59 [#3]	0,09	0,12	0,12	10*	8,2	7,89	---	---	4,93
Ni / 60 [#2]	0,91	0,94	0,91	14,3	10,1	12,16	80,2	72,3	64,0
Cu / 63 [#2]	5,64	5,64	5,33	2950	2700	2829	627,4	601	595,3
Zn / 66 [#3]	12,5	11,78	11,46	6952	5900	6194	1273	1120	1186
As / 75 [#2]	0,038	0,50	0,48	626	590	607,6	7,82	---	7,478
Se / 78 [#1]	0,05	0,116	0,112	---	---	0,920	16	---	14,26
Mo / 95 [#3]	0,094	0,102	0,077	19*	20	15,18	46,7	---	34,97
Ag / 107 [#3]		0,008	0,013	35,3	28	29,91	98	86,3	13,43
Cd / 111 [#3]	0,013	0,017	0,018	21,8	20	20,17	12,78	11	11,31
Sb / 121 [#3]	0,013	0,012	0,011	38,4	7,9	13,70	---	---	4,17
Ba / 137 [#3]	49	45,17	45,27	---	---	360,3	---	---	554
Hg / 202 [#3]	0,044	0,057	0,064	32,6	32	30,82	3,64		3,47
Tl / 205 [#3]	---	---	---	---	---	0,626	---	---	0,16
Pb / 208 [#3]	0,47	0,530	0,531	5532	5100	4661	202,1	183	187,1
Th / 232 [#3]	0,03	0,026	0,027	---	---	9,93	---	---	1,64
U / 238 [#3]	0,006	0,006	0,007	25*		18,97	---	---	27,11

Atividade para entregar HOJE



Fazer um breve resumo dos tópicos:

2. Amostragem de solo e de folhas (pág. 5)
3. Representação dos resultados de análises de solos e folhas (pág. 6)
4. Interpretação de resultados de análise de solo e de folhas (pág. 7)



Aponte sua câmera



Universidade de São Paulo - USP
Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA
Análise de Solo e Planta – CEN 0409



Obrigado!

Perguntas?

Professores: **Cassio Hamilton Abreu Junior** – cahabreu@cena.usp.br
Takashi Muraoka – muraoka@cena.usp.br

Estagiário PAE: **Dalila Lopes da Silva** – dalila.ls@usp.br
Supervisor: **Juan Ricardo Rocha** – jr.rocha@usp.br