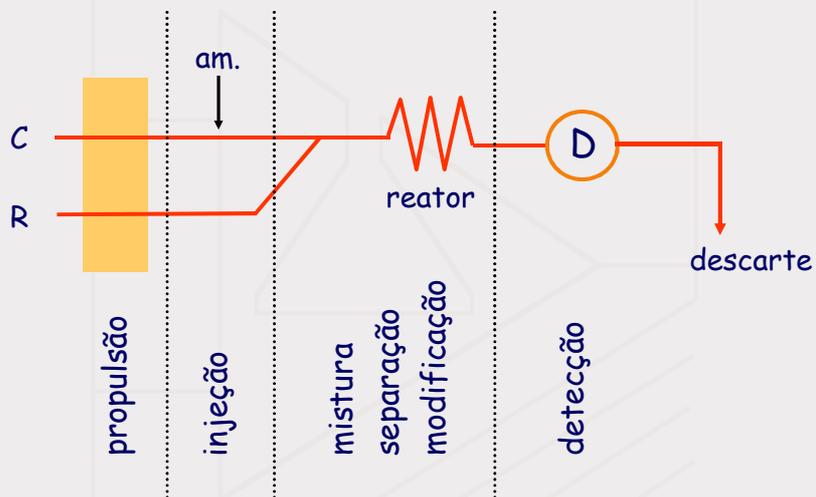


## Componentes de Sistemas em Fluxo



1

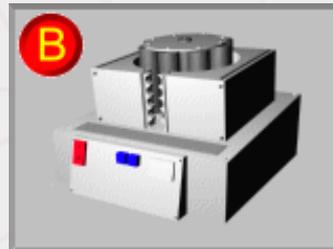
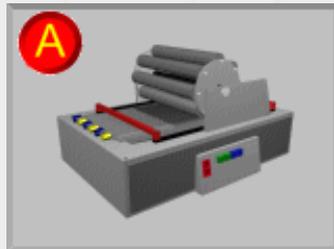
## Unidade de propulsão de fluido

- impulsionar os fluidos através do sistema, a uma vazão reprodutível e constante
- vazões usuais de  $0,2$  a  $4,0 \text{ mL min}^{-1}$ 
  - bomba peristáltica
  - bomba de pistão
  - bomba de seringa
  - pressão a gás
  - pressão atmosférica (gravidade)
  - microbomba solenóide de diafragma
  - microbomba piezoelétrica
  - fluxo eletro-osmótico

2

## Unidade de propulsão de fluido bomba peristáltica

- é a mais empregada
- roletes fixos em um tambor comprimem tubos flexíveis, impulsionando (ou aspirando) o fluido



3

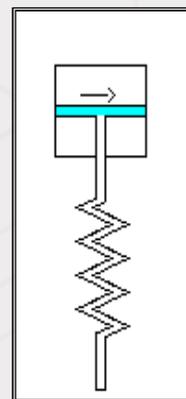
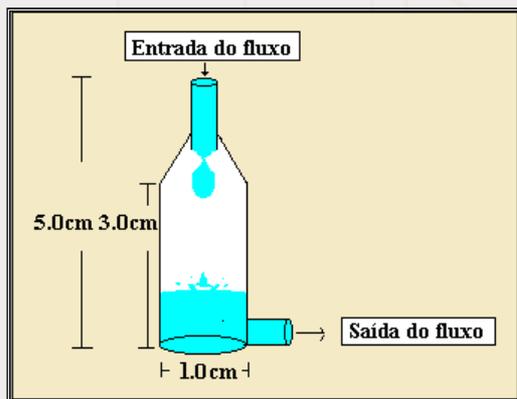
## Unidade de propulsão de fluido bomba peristáltica



4

## Unidade de propulsão de fluido bomba peristáltica

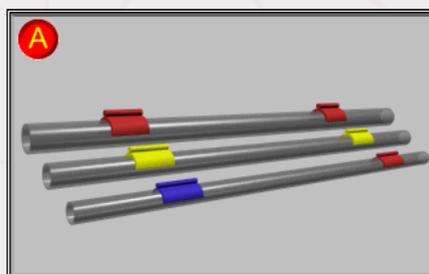
- fluxo pulsado: emprego de amortecedor de pulsos



5

## Unidade de propulsão de fluido tubos para bomba peristáltica

- vazão depende da rotação da bomba e do diâmetro interno do tubo
- escolha do material é importante em função do tipo de solvente a ser bombeado



6

## Unidade de propulsão de fluido tubos para bomba peristáltica

**p Tubing Size and Flow Rate Information**

ID (mm)	Color-coded stops	Flow ranges (ml/min)* with variable-speed drives					
		0-11 rpm, 8-roller	0-45 rpm, 8-roller	1-77 rpm, 6-roller	2-200, 6-roller Tubing bed	2-240 rpm 6-roller	2-240 rpm 8-roller
0.19	Orange/red	0.001-0.08	0.004-0.20	0.003-0.71	0.01-0.3	0.01-0.6	0.01-0.9
0.25	Orange/blue	0.002-0.11	0.007-0.36	0.004-0.93	0.02-1.0	0.02-2.1	0.02-1.7
0.38	Orange/green	0.003-0.20	0.008-0.45	0.006-1.71	0.02-1.7	0.05-5.8	0.04-4.2
0.44	Green/yellow	0.004-0.35	0.015-0.84	0.010-2.20	0.03-3.0	0.07-7.8	0.05-5.7
0.51	Orange/yellow	0.006-0.39	0.023-1.00	0.015-2.88	0.04-4.0	0.08-9.1	0.07-7.8
0.64	Orange/white	0.008-0.50	0.029-1.89	0.02-4.42	0.06-6.0	0.13-15	0.11-12
0.76	Black/black	0.01-0.64	0.040-2.45	0.02-6.15	0.07-7.5	0.18-21	0.15-17
0.89	Orange/orange	0.01-0.82	0.043-2.84	0.03-8.34	0.09-9.5	0.24-27	0.21-24
1.02	White/white	0.01-1.11	0.063-3.96	0.03-10.8	0.13-13	0.30-35	0.27-32
1.14	Red/red	0.02-1.40	0.080-5.10	0.04-13.4	0.17-16	0.34-40	0.32-37
1.30	Gray/gray	0.02-1.67	0.10-6.50	0.04-17.1	0.20-20	0.42-49	0.40-47
1.42	Yellow/yellow	0.03-2.00	0.12-8.10	0.06-20.1	0.25-23	0.48-57	0.46-54
1.52	Yellow/blue	0.03-2.22	0.14-8.70	0.06-22.8	0.28-26	0.54-64	0.51-61
1.65	Blue/blue	0.04-2.68	0.15-10.0	0.08-26.4	0.32-30	0.63-74	0.59-70
1.85	Green/green	0.05-3.11	0.21-12.9	0.10-32.3	0.38-36	0.77-91	0.72-85
2.06	Purple/purple	0.07-4.06	0.23-14.2	0.14-38.9	0.45-48	1.00-112	0.86-102
2.29	Purple/black	0.08-4.85	0.28-24.3	0.16-46.3	0.50-55	1.20-138	1.1-123
2.54	Purple/orange	0.09-5.36	0.33-29.26	0.18-54.6	0.60-64	—	1.3-146
2.79	Purple/white	0.11-6.42	0.35-37.15	0.20-62.9	0.70-70	—	1.5-177

(ml/min) are nominal. Actual flow will depend on factors such as occlusion, fluid viscosity, temperature, and pressure.

7

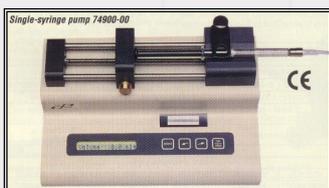
## Unidade de propulsão de fluido tubos para bomba peristáltica

	SOLUÇÃO	MATERIAL
SOLUÇÕES INORGÂNICAS	Soluções aquosas	PVC, Tygon
	Soluções etanólicas diluídas	PVC, Tygon
	Ácidos e bases diluídos	PVC, Tygon, Silicone
	Ácidos e bases concentrados	Fluoroplastos(Acidflex da Technicon)
SOLUÇÕES ORGÂNICAS	Álcoois	PVC modificado(Solvafex da Technicon)
	Álcoois de baixo peso molec.	Silicone
	Formaldeido, acetaldeido	PVC, Tygon
	Acetona	Silicone
	Ácidos e anidridos acéticos	Silicone
	Hidrocarbonetos alifáticos	PVC modificado(Solvafex da Technicon)
	Hidrocarbonetos aromáticos	Fluoroplastos(Acidflex da Technicon)
	Clorofórmio	Fluoroplastos(Acidflex da Technicon)
	Tetracloroeto de Carbono	PVC modificado(Solvafex da Technicon)

8

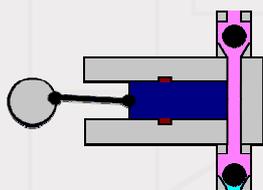
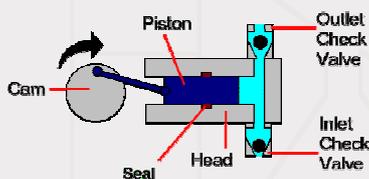
## Unidade de propulsão de fluido bomba de pistão/seringa

- fluxo livre de pulsação (seringa)
- usualmente empregada em SIA e MSFIA
- vazão controlada pela velocidade de acionamento e diâmetro da seringa

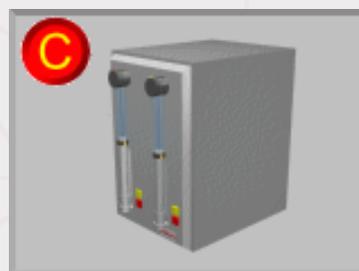


9

## Unidade de propulsão de fluido bomba de pistão/seringa



pistão

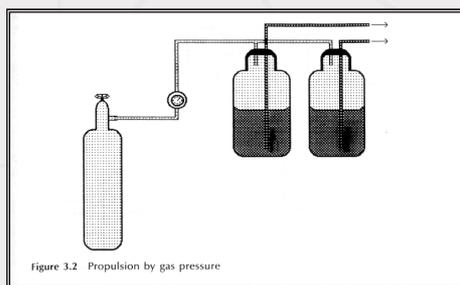


seringa

10

## Unidade de propulsão de fluido pressão a gás

- uso de gás inerte
- fluxo livre de pulsação
- devido à solubilidade do gás na solução, pode ocorrer a formação de bolhas de ar



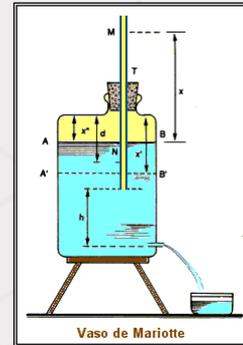
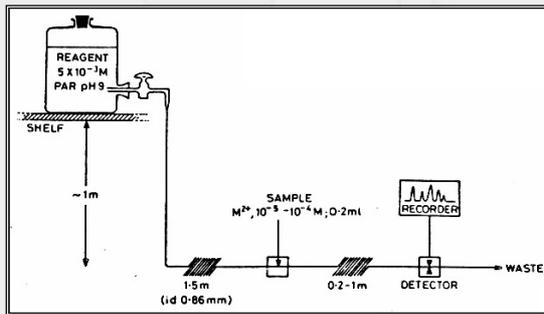
11

## Unidade de propulsão de fluido pressão atmosférica

- baseada na diferença entre os níveis do recipiente da solução transportadora (reagente) e sistema de fluxo
- fluxo livre de pulsação
- deve-se manter o nível da solução constante (uso de recipientes do diâmetro grande ou frasco de Mariotte)
- vazão é muito afetada pela pressão hidrodinâmica do sistema em fluxo

12

## Unidade de propulsão de fluido pressão atmosférica

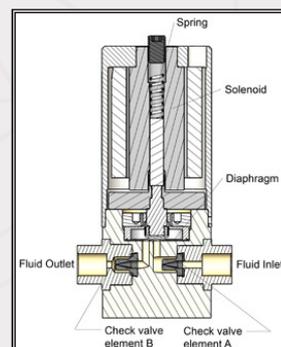


frasco de Mariotte

13

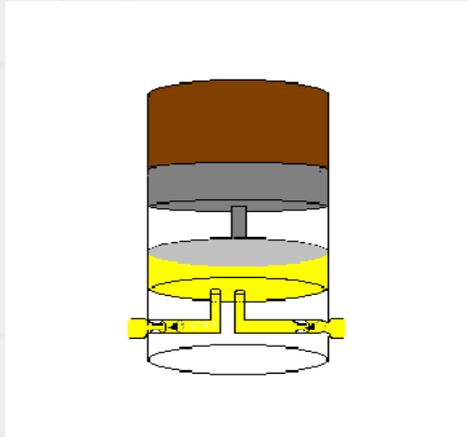
## Unidade de propulsão de fluido microbomba solenóide

- fluxo pulsado
- portáteis
- dispensa um determinado volume de solução



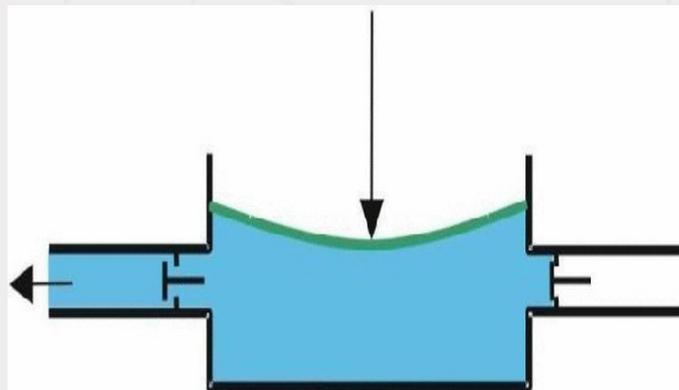
14

Unidade de propulsão de fluido  
microbomba solenóide



15

Unidade de propulsão de fluido  
microbomba solenóide



16

## Unidade de propulsão de fluido microbomba solenóide

SPECIFICATIONS				
Series	090SP			
Voltage	12 VDC	24 VDC		
Power (Watts)	2.6	2.6		
Current Amps @ 70° F (21° C)	.22	.11		
Ports	1/4 - 28 Flat Bottom <sup>1</sup>			
Lead Wires	15", 26 AWG, TFE coated			
© Teflon is a registered trademark of DuPont Co.				
PERFORMANCE				
Series	Discrete Output Setting (μl)	Set-Point Accuracy / Dispense Repeatability	Maximum Actuation Rate (cycles/min)	Maximum Flow Rate (ml/min)
090SP	8	/ ± 2 μL	150	1.2
PART NUMBER DEFINITION				
Series	Voltage	Dispense Volume <sup>2</sup>		
090SP	12 VDC 24 VDC	8 μl		

17

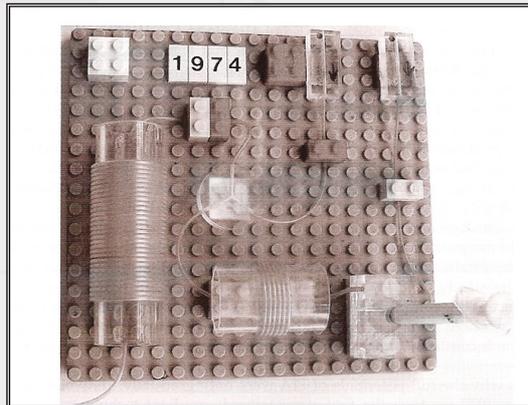
## Unidade de injeção da amostra

- inserir um "plug" da amostra no fluido carregador, de volume reprodutível, sem alterar a vazão
  - seringa
  - injetor proporcional
  - válvula rotatória
  - com o uso de válvula solenóide
  - injeção por tempo
  - injeção hidrodinâmica

18

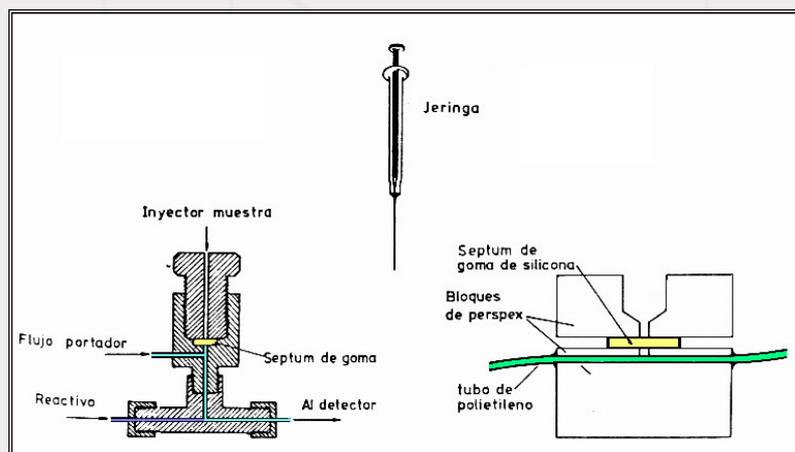
## Unidade de injeção da amostra seringa

- origem do nome do sistema FIA



19

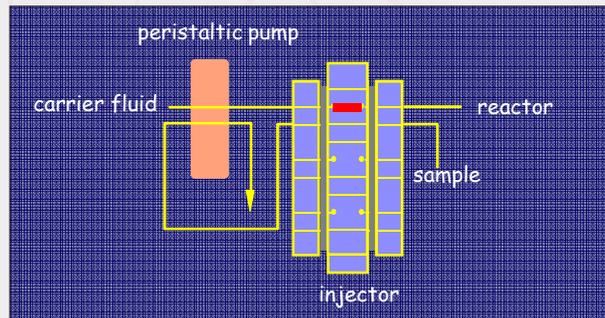
## Unidade de injeção da amostra seringa



20

## Unidade de injeção da amostra injetor proporcional

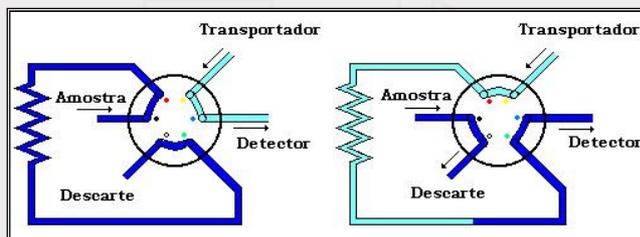
- proposto no CENA/USP
- feito usualmente em acrílico ou teflon



Bergamin, Zagatto, Krug, Reis, "Merging Zones in Flow Injection Analysis. Part 1: Double Proportional Injector and Reagent Consumption", *Anal. Chim. Acta*, 101 (1978) 17.

## Unidade de injeção da amostra válvula rotatória

- similar à usada em cromatografia líquida



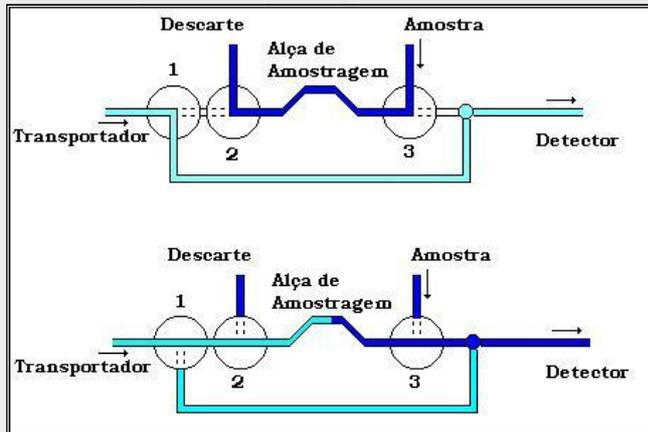
amostragem

injeção



22

## Unidade de injeção da amostra com válvulas de 3 vias



23

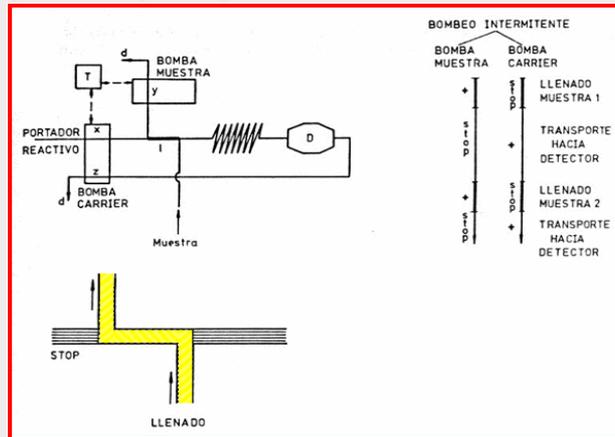
## Unidade de injeção da amostra por tempo

- uso de válvulas solenóides
- vazão deve ser constante
- pouco reprodutível:
  - com bomba peristáltica e
  - intervalo de tempo pequeno
  - posicionamento do rolete é crítico
- microbombas solenóides podem ser usadas



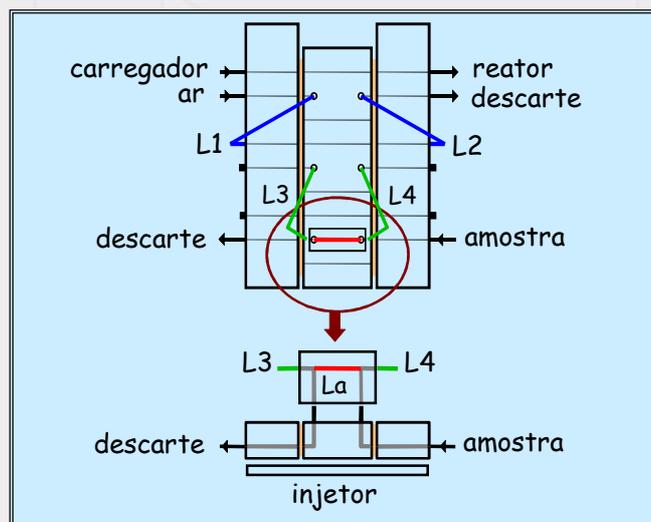
24

## Unidade de injeção da amostra injeção hidrodinâmica



25

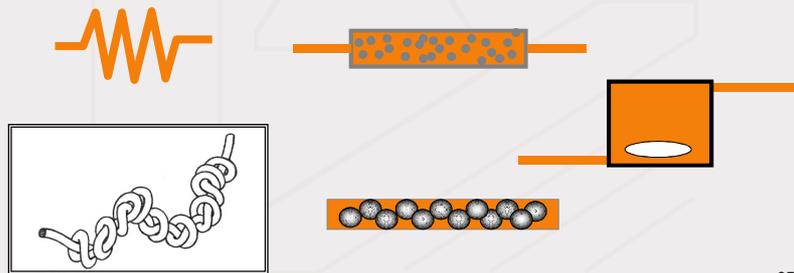
## Unidade de injeção da amostra injeção hidrodinâmica



26

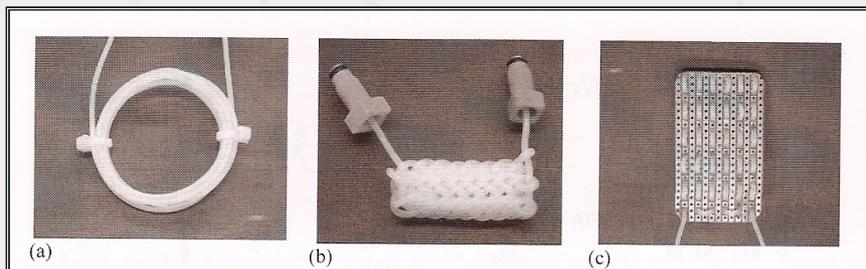
## Reatores

- tubos de PTFE ou PE ( $\Phi = 0,5 - 0,8 \text{ mm}$ )
  - abertos (lineares, bobinas, enovelados)
  - empacotados com sólido inerte (SBSR)
  - empacotados com sólido reativo
- câmaras de mistura



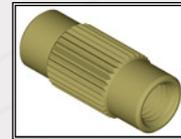
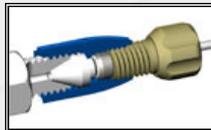
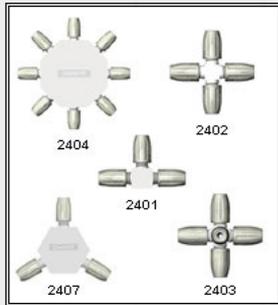
27

## Reatores



28

## Conectores



29

## Detectores

- volume morto pequeno
- resposta rápida
- sinal independente da vazão
- técnicas mais comuns:
  - espectrometria (molecular, atômica e vibracional)
  - luminescência (fluorimetria, quimi/bioluminescência)
  - eletroquímica
    - condutometria
    - amperometria/voltametria
    - potenciometria

30

## Detectores Espectrométricos células de fluxo

31

## Detectores Espectrométricos células de fluxo

[http://www.hellma.com.br/cubeta\\_fluxo\\_cont\\_178010-05-10.htm](http://www.hellma.com.br/cubeta_fluxo_cont_178010-05-10.htm)

**Hellma**  
Fornecedora Especializada em Instrumentos  
ANALITICA

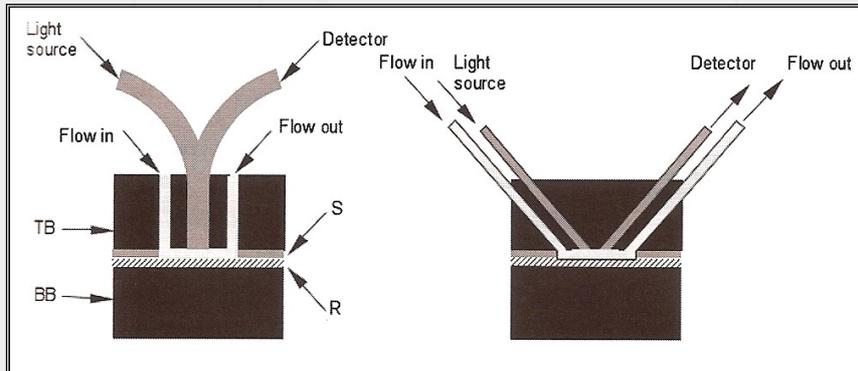
**Informações do Produto**

<b>Número de Catálogo</b>	178.010
<b>Código do Material</b>	OS
<b>Percurso Ótico</b>	10 mm
<b>Volume</b>	80 µl
<b>Dimensões Externas</b>	
Altura	38,5 mm
Largura	12,5 mm
Profundidade	12,5 mm
<b>Medida do Centro</b>	8,5 mm ou 15 mm
<b>Diâmetro da Câmara</b>	3 mm
<b>Quantidade de Janelas</b>	2

X Fechar

32

## Detectores Espectrométricos células de flujo



células com fibras ópticas

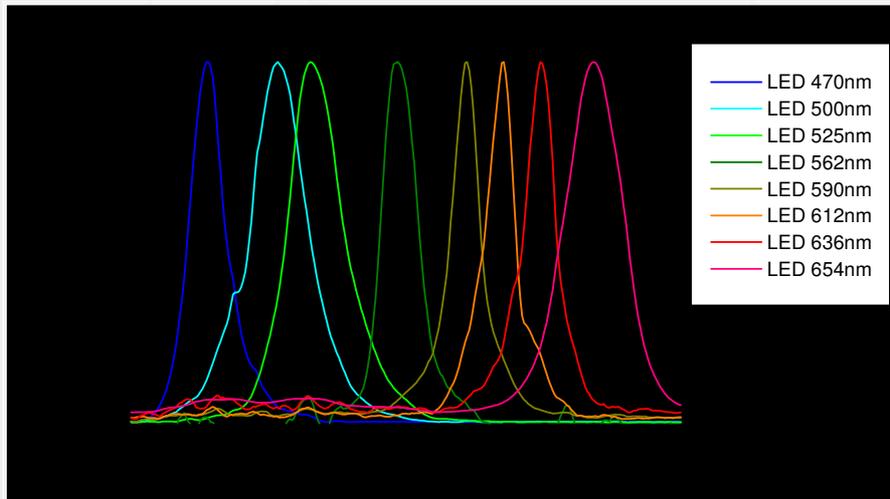
33

## Detectores Fluorimétricos células de fluxo

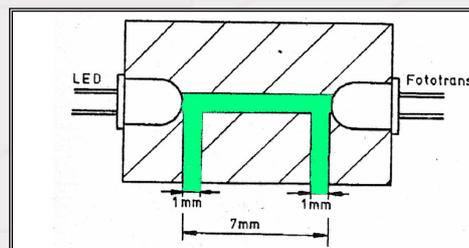
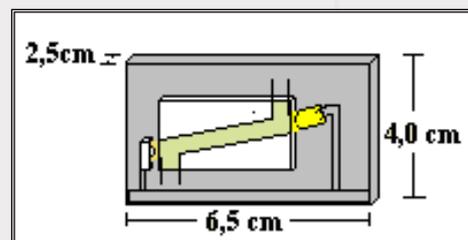
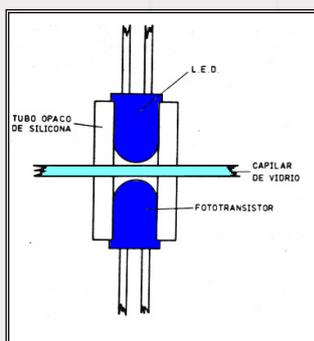


34

## Fontes de radiação: LED



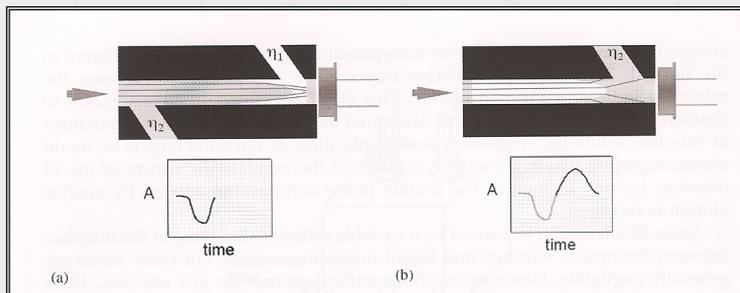
## Detectores Fotométricos células de fluxo



36

## Detectores Fotométricos efeito Schlieren

- refração da luz devido à diferença de índices de refração
- intensidade de radiação incidente no detector varia com o gradiente de concentrações



37

## Detectores Fotométricos efeito Schlieren

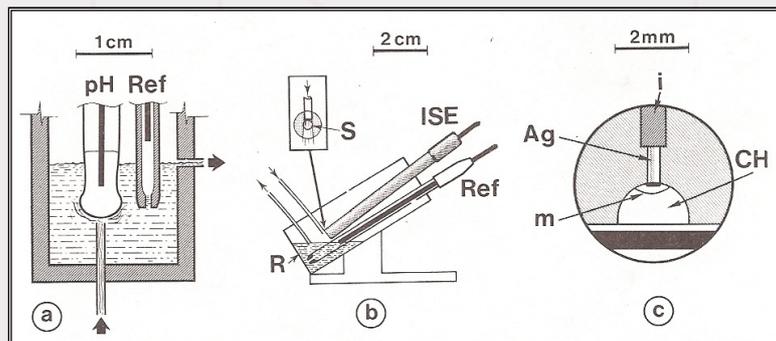
### Minimização do efeito Schlieren

- compensação igualando a composição da matriz (igualando o índice de refração)
- injeção de um volume grande da amostra
- medida simultânea em dois comprimentos de onda (em um deles o analito não absorve)



38

## Detectores Electroquímicos potenciométricos



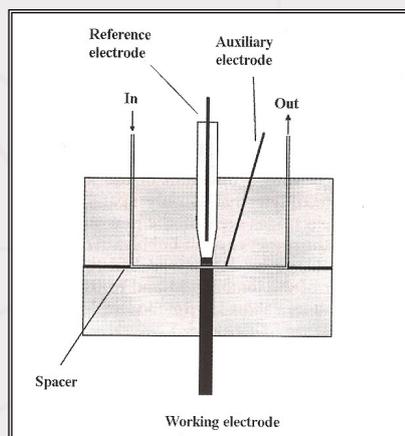
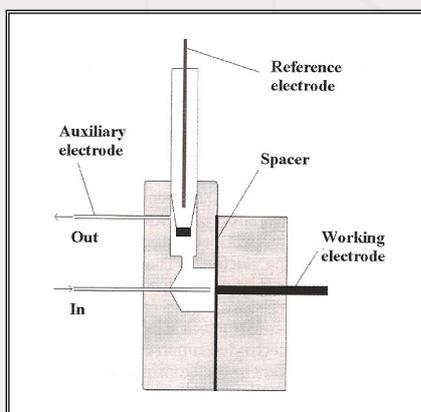
wall-jet

cascata

coated-wire

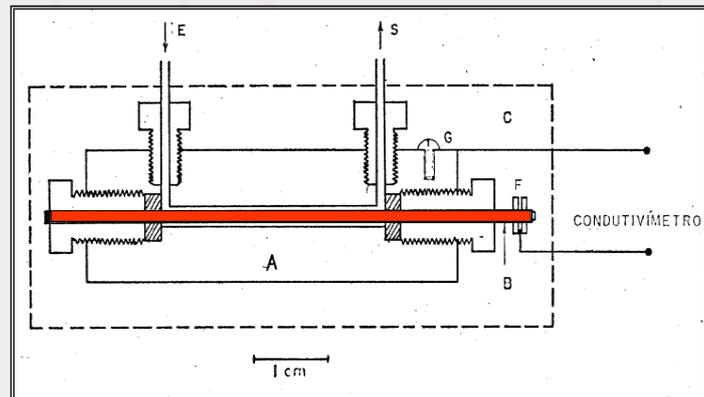
39

## Detectores Electroquímicos voltamétricos / amperométricos



40

## Detectores Electroquímicos condutométricos



41