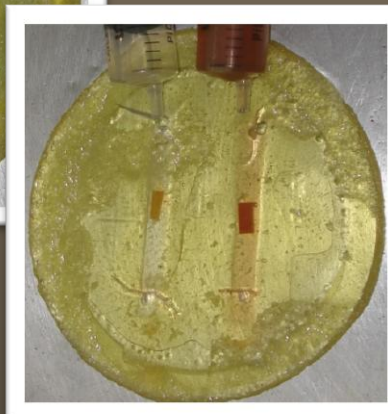
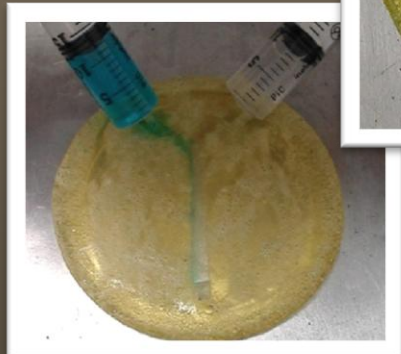


# Chips de gelatina

Aprender Microfluidos à Macroescala



**Autores:**

Joana Brito

Nivaldo Pereira

Vânia Tavares

**Professor:**

Hugo Ferreira

[ GUIA DE FABRICAÇÃO DE CHIPS DE  
GELATINA NO ÂMBITO DO ENSINO DE  
MICROFLUIDOS À MACROESCALA. ]

|                         |    |
|-------------------------|----|
| INTRODUÇÃO.....         | 2  |
| FUNDAMENTOS TEÓRICOS... | 3  |
| PROTOCOLOS.....         | 19 |
| QUESTIONÁRIO.....       | 27 |

# Introdução

---

A área dos microfluidos é um ramo da física que estuda o comportamento dos fluidos a nível microscópico ou à macroescala. O comportamento dos fluidos a esta escala difere do comportamento dos mesmos à macroescala e os microfluidos estudam como pode variar esse comportamento e a sua aplicabilidade. A tecnologia emergente nesta área permite a construção de microdispositivos capazes de realizar análises químicas complexas num único chip.

O objectivo deste conjunto de protocolos experimentais é dar a conhecer conceitos básicos da física por trás dos microfluidos e, também, de métodos de fabricação de chips de uma forma não dispendiosa e de fácil compreensão. Para tal, apresentam-se diversos protocolos para a construção de dispositivos à macroescala cujo componente principal ou de base é a gelatina. Esta é um material fácil de adquirir, de baixo custo e seguro, pois não apresenta riscos de toxicidade.

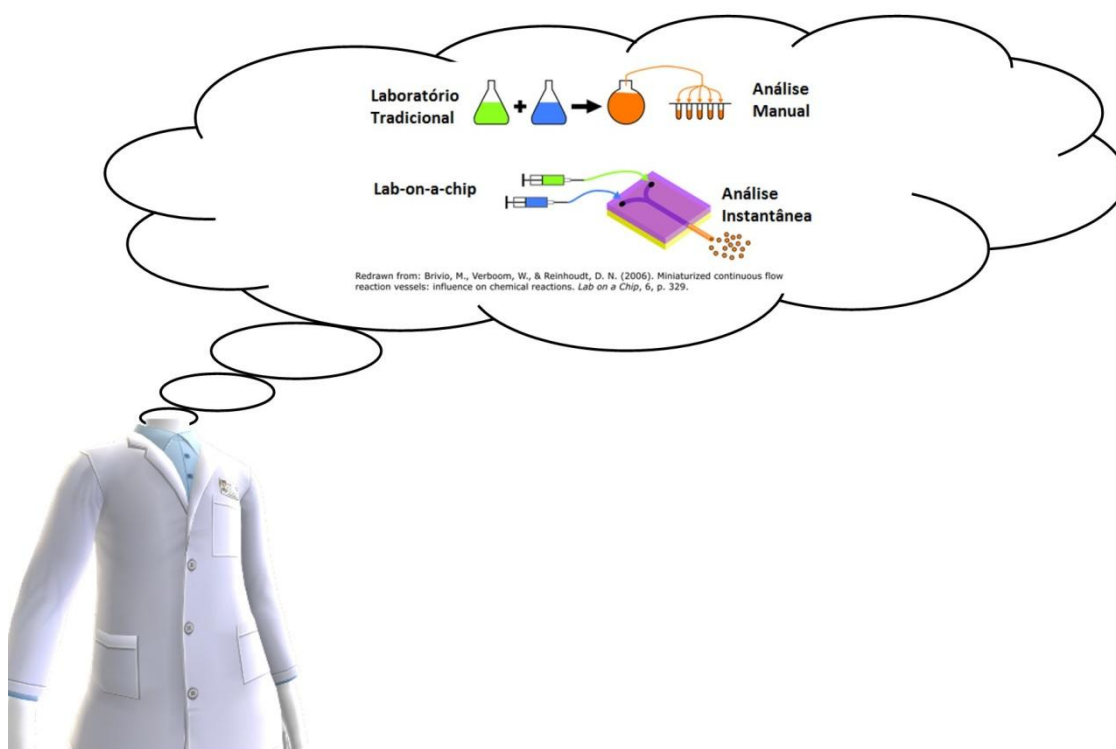
Através de *designs* simples é possível demonstrar vários conceitos importantes nesta área, bem como as suas aplicações.

# Fundamentos Teóricos

Os dispositivos de **microfluidos** possuem diversas *vantagens* pois oferecem capacidade para trabalhar com volumes de reagente mais pequenos, tempos de reacção mais curtos e a possibilidade de funcionamento em paralelo.

Podem ser usados para desempenhar técnicas e experiências não possíveis à macroescala, permitindo novas funcionalidades e paradigmas experimentais.

Com estes é possível uma integração de um laboratório inteiro num único chip. Este conceito é denominado *lab-on-a-chip*.



**Figura 1** – Esquema representativo da análise laboratorial nas duas vertentes: utilizando um laboratório tradicional ou utilizando um *lab-on-a-chip*.

Num laboratório tradicional são precisas grandes quantidades de reagente para efectuar uma análise. Isso acarreta custos elevados, além de requerer trabalho humano para efectuar a análise manualmente. Os microfluidos oferecem a vantagem de se trabalhar com volumes de reagentes pequenos e tempos de reacções mais curtos, o que vai reduzir o custo associado a uma única análise. Além disso, a análise é instantânea num *lab-*

*on-a-chip*, o que elimina a necessidade de intervenção humana na elaboração da análise.

Grande parte dos *labs-on-a-chip* actualmente fabricados são constituídos pelo elastómero PDMS, cuja representação molecular encontra-se na Figura 2. Este material apresenta um custo baixo, transparência óptica e é fácil de processar e biocompatível. Os chips feitos com este material são fabricados através de um processo chamado litografia suave. Este conceito de fabricação irá ser abordado no Módulo I.

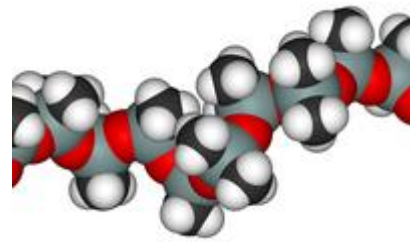


Figura 2 - Representação molecular do elastómero PDMS (Polydimetilsiloxano).

À microescala, as forças predominantes são diferentes das forças presentes no quotidiano. Alguns destes conceitos serão discutidos no Módulo I e II.

## Forças predominantes à microescala

- Fluxo guiado pela pressão
- Fluxo laminar
- Difusão

Módulo I

Módulo II

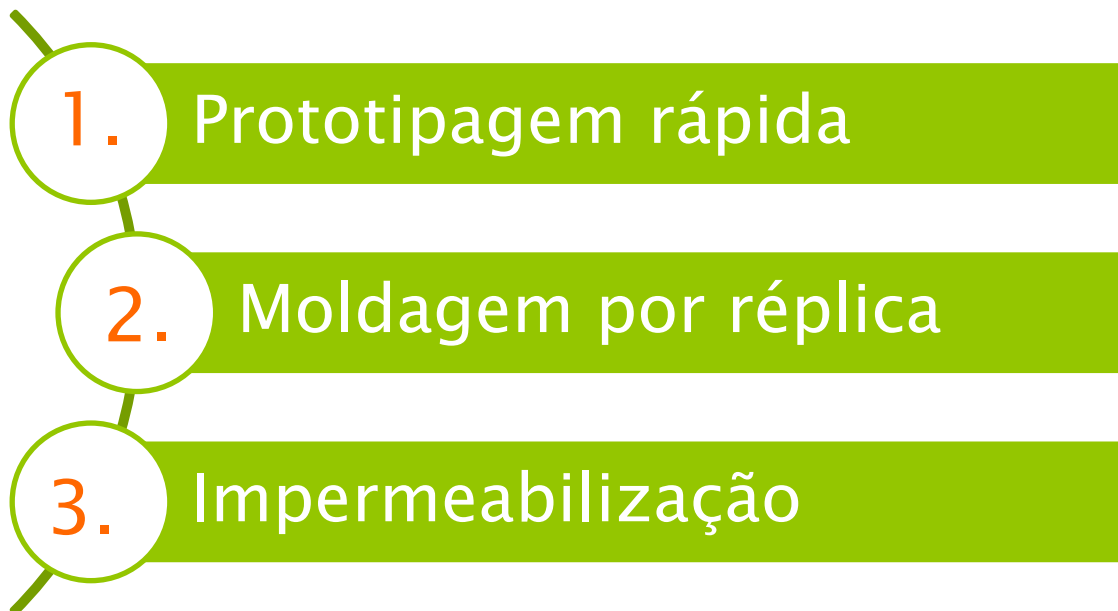
## Módulo I: Fluxo guiado pela pressão

### Objectivos de aprendizagem:

- ⇒ Bases de fabricação de uma *lab-on-a-chip*;
- ⇒ Litografia suave;
- ⇒ Conceito de fluxo guiado pela pressão;
- ⇒ Diversidade, complexidade e flexibilidade de *designs*.

### 1. Conceito de litografia suave

O processo de litografia suave é um método de fabricação de chips usado para manipulação de elastómeros, materiais que apresentam propriedades elásticas. Este processo pode resumir-se em três passos essenciais:

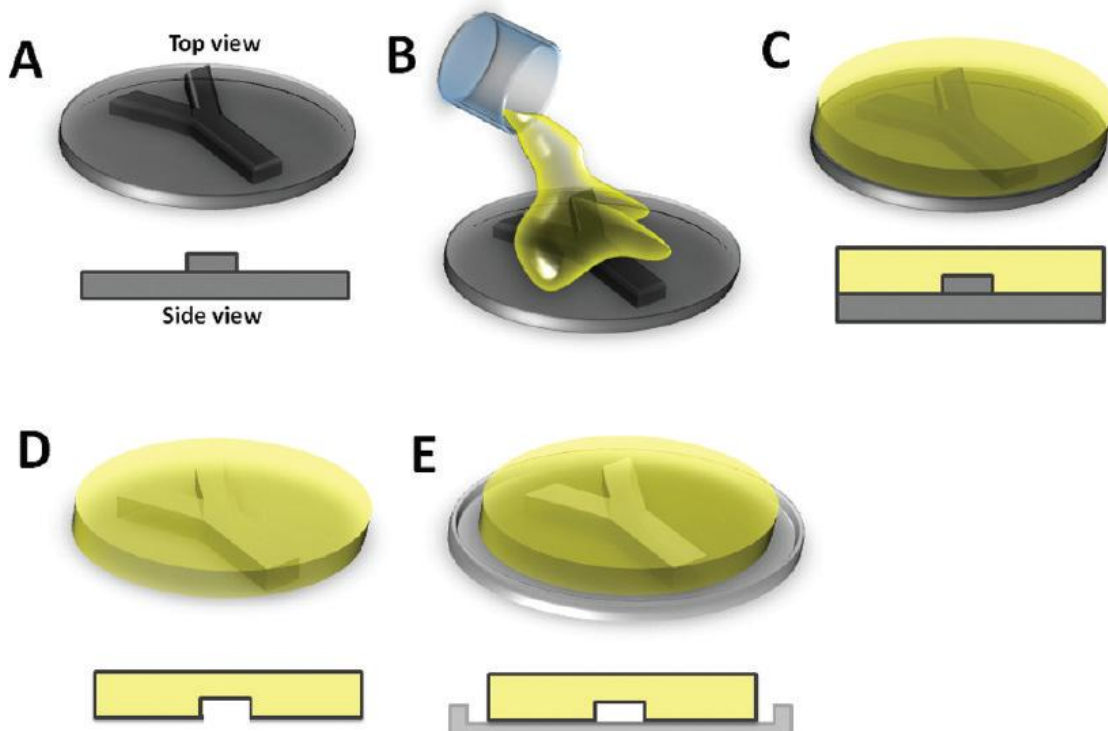


A prototipagem rápida diz respeito ao processo de produção do molde de silício. Segue-se a moldagem por réplica em que se produz um chip sólido a partir do precursor líquido. E, por último, temos o processo de impermeabilização que produz um selo hermético entre o elastómero e um substrato rígido, formando canais de microfluidos enclausurados.

#### a. Aplicação do conceito de litografia suave ao chip de gelatina

O conceito de litografia suave pode ser replicado na fabricação de chips de gelatina, ver Figura 3. As três etapas de fabricação para chips de elastómero estão presentes na fabricação de chips de gelatina da seguinte forma: a

prototipagem rápida é feita não com moldes de silício, mas sim com moldes feitos a partir de pratos de plástico e agitadores de café de madeira. A moldagem por réplica é conseguida substituindo o material elastómero por gelatina, um material também com propriedades elásticas. Por último a impermeabilização é conseguida selando hermeticamente o chip de gelatina contra uma superfície de alumínio.



**Figura 3** – Esquema da produção de chips de gelatina usando litografia suave. Retirado de Yang *et al.* 2010. *Top view* – vista de cima; *Side view* – vista de lado. **A** – Prototipagem rápida, **B** a **D** – Moldagem por réplica e **E** – Impermeabilização.

Apesar do conceito de fabricação de chips de PDMS e de gelatina ser idêntico existem algumas diferenças a apontar:

- ⇒ O polímero PDMS é curado no forno a 60°C, enquanto a gelatina é curada no frigorífico a 4°C;
- ⇒ O tamanho do chip de PDMS é de poucos micrómetros de largura, enquanto o chip de gelatina é de cerca de 17 cm de diâmetro.

## 2. Conceito de fluxo dirigido pela pressão

Dentro de uma rede de microcanais de um chip, o fluxo de um fluido é dirigido pela pressão. Se à entrada desses canais não for aplicada nenhuma

pressão ao fluido, o mesmo não circula. Devido a esta característica poder-se-á dizer que o fluxo guiado pela pressão é um fluxo ordenado e controlado.

#### **a. Aplicação ao chip de gelatina**

Este conceito de fluxo guiado pela pressão pode ser observado através da manipulação de um chip de gelatina com uma rede de canais que forma a palavra “OLÁ”. O fluxo nestes canais é guiado pela pressão exercida no fluido na entrada da rede. O fluxo é guiado em direcção ao local onde se encontra a saída da rede. Se pararmos de exercer pressão no fluido, este pára.

Se existisse apenas uma entrada e nenhuma saída, o fluido dentro do sistema pararia, pois o ar existente no canal não teria por onde se escapar. Se, nestas condições, continuasse a exercer pressão, o selo hermético entre o chip de gelatina e o prato de alumínio quebrar-se-ia.



## Módulo II: Parâmetros Adimensionais

### Objectivos de aprendizagem:

- ⇒ Visualização do fluxo laminar;
- ⇒ Diferenças entre fluxo laminar e fluxo turbulento;
- ⇒ Significado dos parâmetros sem dimensões;
- ⇒ Aplicação do fluxo laminar aos microfluidos.

### 1. Conceito de Parâmetro Adimensional

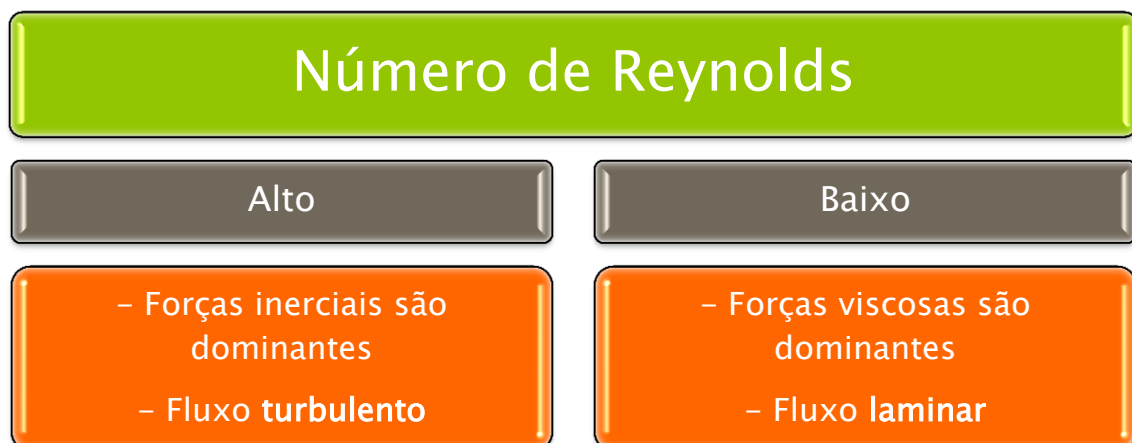
Um parâmetro adimensional não tem unidade física e é usado para definir razão de propriedades. Os números de Reynolds e de Peclet são dois exemplos de parâmetros individuais utilizados para explicar conceitos como os fluxos laminar e turbulento e o transporte de massa por difusão ou convecção.

#### a. Número de Reynolds

Este parâmetro descreve a razão entre as forças inerciais e as forças viscosas. As *forças inerciais* actuam para manter o fluido em movimento, enquanto as *forças viscosas* actuam para abrandar o fluido devido à resistência oferecida pelo fluxo. O número de Reynolds é dado pela seguinte equação:

$$Re = \frac{\text{forças inerciais}}{\text{forças viscosas}} = \frac{\rho L v}{\mu}$$

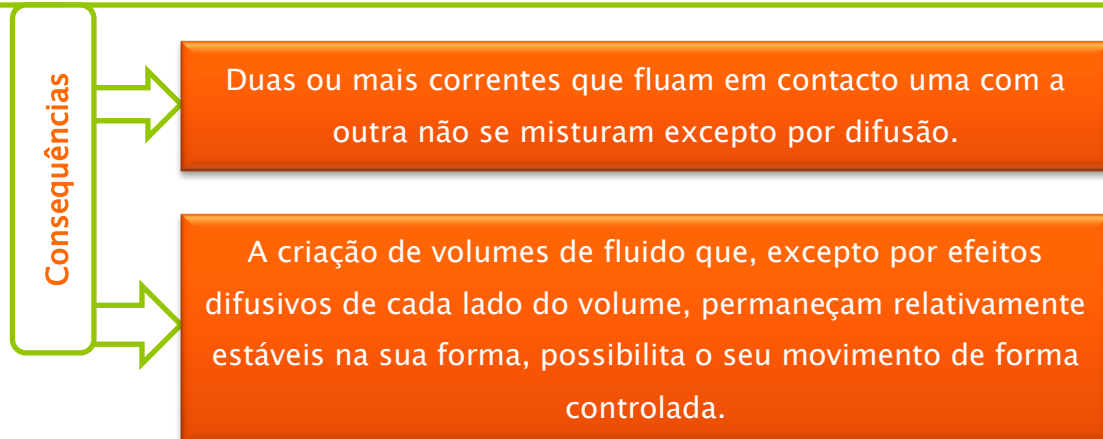
Em que  $\rho$  representa a densidade do fluido,  $L$  o comprimento característico,  $v$  a velocidade característica do fluxo e  $\mu$  a viscosidade do fluxo. Num canal tubular,  $L$  é considerado como sendo o diâmetro hidráulico do canal e depende, pois, da geometria da secção transversal do canal.



A transição entre fluxo laminar e fluxo turbulento não é precisa e ocorre para valores de Reynolds entre 2000 e 3000.

### b. Fluxo laminar

O fluxo laminar é uma condição na qual a velocidade de uma partícula numa corrente de fluido não é uma função aleatória do tempo.

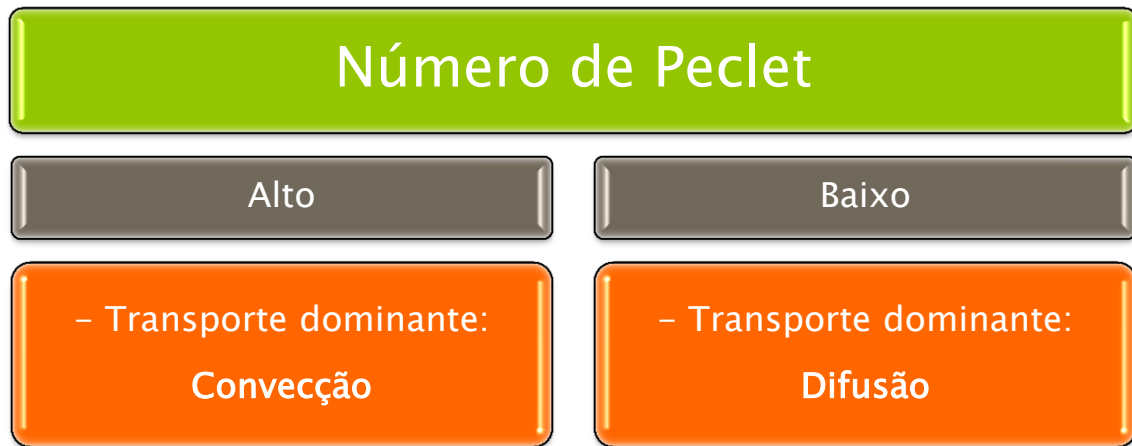


### c. Número de Peclet

O número de Peclet é outro parâmetro adimensional que representa a razão entre o transporte de massa por convecção e o transporte de massa por difusão. A *convecção* é o processo responsável pelo transporte de solutos horizontal, enquanto a *difusão* é um processo pelo qual um grupo concentrado de partículas num volume irá, através do movimento Browniano, espalhar-se ao longo do tempo. Deste modo, a concentração média das partículas através do volume é constante. O número de Peclet é dado pela seguinte equação:

$$Pe = \frac{\text{transporte de massa por convecção}}{\text{transporte de massa por difusão}} = \frac{Lv}{D}$$

Em que  $L$  o comprimento característico,  $v$  a velocidade característica do fluxo e  $D$  o coeficiente de difusão.

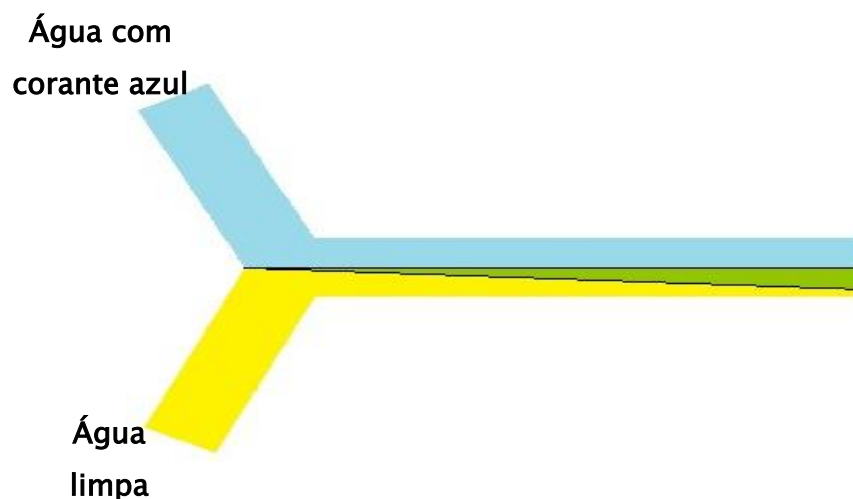


Na escala de micrométrica, o comprimento característico dos fluidos é muito pequeno, na ordem do  $\mu\text{m}$ . Por isso, o número de Peclet é baixo e a difusão é o método de transporte mais eficaz.

## 2. Aplicações

### a. Chip de gelatina com canal em forma de Y

Os fenômenos físicos descritos acima, poderão ser analisados através da manipulação do chip de gelatina com canal em forma de Y. Este chip possui duas entradas e uma única saída, o que possibilita a mistura de dois fluidos. Na Figura 4 está representado o perfil da mistura desses dois fluidos quando o fluxo é laminar.



**Figura 4** – Representação da mistura por difusão num fluxo laminar de dois fluidos, água limpa (a amarelo) e água com corante azul (a azul), ao longo do comprimento do canal. Este fenômeno é governado pelo número de Peclet.

Essa mistura é guiada por processos diferentes caso estejamos à micro ou à macro escala:



O chip fabricado neste módulo é um objecto à macroescala. As dimensões do canal e os valores de outros parâmetros que se aplicam a este chip encontram-se na Tabela 1.

| Parâmetro                       | Valor                            |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Comprimento do canal comum      | 7 cm                             |
| Comprimento dos canais curtos   | 2.5 cm                           |
| Largura do canal Y              | 7 mm                             |
| Espessura do canal Y            | 1 mm                             |
| Densidade do fluxo, $\rho$      | 1.0 g/cm <sup>3</sup>            |
| Viscosidade do fluxo, $\mu$     | 0.010 g/cm·s                     |
| Comprimento característico, $L$ | 3.5 mm (raio do fluido no canal) |
| Velocidade característica, $v$  | 1.0 cm/s                         |
| Coefficiente de difusão, $D$    | 200 $\mu\text{m}^2/\text{s}$     |

**Tabela 1** – Valores dos diversos parâmetros importantes na experiência com o chip de gelatina do Módulo II. Os fluidos com que se trabalha são água limpa e água com corante, por isso considera-se que ambos os fluidos possuem a densidade igual à da água. O mesmo raciocínio se aplica à viscosidade do fluxo. O coeficiente de difusão aplica-se às partículas de corante alimentar (o que é usado na experiência do Módulo II).

Se considerarmos uma velocidade característica de 1.0 cm/s o número de Reynolds é igual a 35. Isso indica-nos *à priori*, antes de qualquer experiência efectuada, que o fluxo será laminar. Se aumentássemos a velocidade para 100 cm/s, mantendo todos os parâmetros fixos,  $Re$  seria igual

a 3500 o que nos indica que o fluxo seria à partida turbulento. No entanto, este último valor de velocidade é demasiado elevado para poder ser aplicado nos chips de gelatina, uma vez que a pressão exercida pelo fluido seria de tal ordem elevada que quebraria o selo hermético entre o chip e o prato de alumínio.

Já o número de Peclet não vai variar da mesma forma que o número de Reynolds, uma vez que o coeficiente de difusão é muito pequeno. Por isso, mesmo variando a velocidade característica entre 1.0 a 100 cm/s o número de Peclet é alto. Logo, o processo de transporte dominante neste chip é a convecção, sendo a difusão ao longo do comprimento do canal desprezável.

#### **b. Aplicações deste *design* nos microfluidos**

Este tipo de *design* tem diversas aplicações em dispositivos que aplicam os microfluidos. A mistura difusiva tem sido empregue neste tipo de sensores para medir concentrações químicas e para determinar rapidamente coeficientes de difusão de moléculas grandes e pequenas, por exemplo.

Outro exemplo prático é a criação de um microbioreactor para determinação da concentração de glucose no sangue utilizando um microchip com canal em forma de Y. Neste sensor, duas soluções distintas são introduzidas em cada um dos canais de entrada, uma com o plasma e outro com agentes catalisadores. No canal de saída dá-se a mistura ou reacção das duas soluções e isso provoca uma mudança de cor na mistura final. Consoante a tonalidade dessa mesma cor, a concentração de glucose é maior, tonalidade forte, ou menor, tonalidade pálida.

## Módulo III: Sensor de pH e paralelização

### Objectivos de aprendizagem:

- ⇒ Diferenças entre ácidos e bases;
- ⇒ Fundamentos do sensor de pH;
- ⇒ Conceito de paralelização;
- ⇒ Aplicação da paralelização aos microfluidos.

### 1. Conceito de pH

O pH é uma medida da acidez de uma solução e é definido como o simétrico do logaritmo decimal da concentração de hidrogénio (em mol/dm<sup>3</sup>):

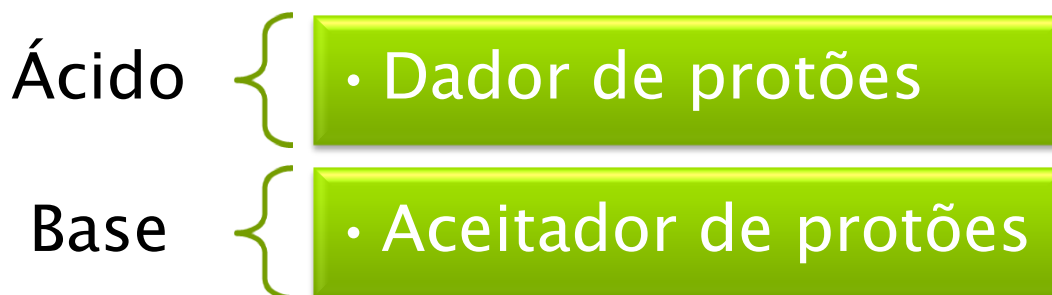
$$pH = -\log[H^+]$$

Pela equação do pH pode-se concluir que o valor deste aumenta à medida que a  $[H^+]$  diminui. Os valores de pH encontram-se no intervalo [0, 14].

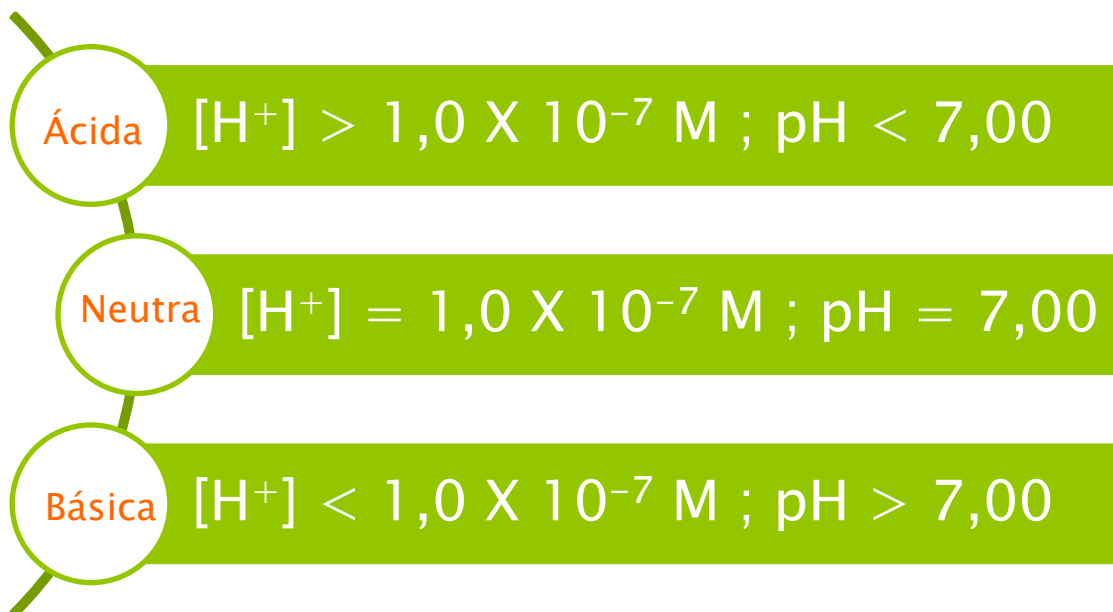
Em laboratório o valor do pH de uma solução pode ser medido de forma directa através de uma fita de medição do mesmo. A solução ao entrar em contacto directo com a fita vai modificar a cor da mesma. Associada a esta fita de medição está uma escala de cores e de valores de pH. Consoante a cor que resultar do contacto entre a solução e a fita sabe-se directamente o valor do pH da mesma.

### 2. Distinção entre soluções de carácter ácido e básico

A distinção entre um ácido e uma base tem sofrido alterações ao longo tempo e a teoria mais aceite actualmente, a de Bronsted, define:

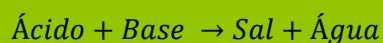


Na medição dos valores de pH de diferentes soluções, de forma a ser avaliado o seu carácter, considera-se:

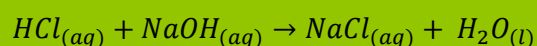


### 3. Neutralização ácido-base

Uma reacção ácido-base, também denominada reacção de neutralização, é uma reacção entre um ácido e uma base e pode ser descrita através de:



Considere-se, então, o seguinte exemplo:

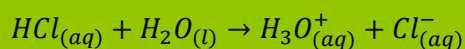


O Ácido Clorídrico reage com o Hidróxido de Sódio, em solução aquosa, e como produtos desta reacção tem-se o Cloreto de Sódio (Sal) mais água. Ambos os reagentes são electrólitos fortes e são, portanto, totalmente ionizados em solução.

### 4. Forças de Ácidos e Bases:

Quando um ácido é dissolvido em água, pode haver ionização de algumas ou de todas as suas moléculas de acordo com a natureza do ácido. A força de um ácido é determinada pelo grau de ionização das suas moléculas.

Como exemplo de um ácido forte tem-se o HCl que se ioniza completamente em água como se constata na seguinte equação:



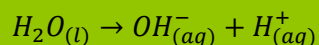
Um dos produtos da reacção é o ião  $H_3O^+$ , normalmente representado por  $H^+$ , que revela o carácter ácido do HCl.

Através de um raciocínio semelhante para as bases conclui-se que uma base forte é um electrólito forte que se ioniza completamente em solução. Como exemplo tem-se o caso do Hidróxido de Sódio:



E um dos produtos desta ionização é o ião  $OH^-$  que revela o carácter básico do NaOH.

É também importante ter em conta que uma das equações sempre presentes nas reacções ácido-base é a da dissociação da água:



A concentração de iões  $H^+$  e  $OH^-$  está relacionada e esta é mais uma das relações importantes a nível da neutralização ácido-base. Para saber o valor de pH é possível utilizar a relação:

$$pH = 14 - pOH$$

#### a. **Ácido forte + Base fraca**

A solução que se obtém misturando quantidades equimolares de um ácido forte com uma base fraca tem carácter ácido, uma vez que os ácidos fortes ionizam-se totalmente em solução.

#### b. **Ácido fraco + Base forte**

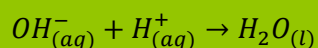
Os ácidos fracos ionizam-se pouco em solução, pelo que a mistura entre um ácido fraco e uma base forte, em quantidades equimolares, origina



como produto da reacção um excesso de iões  $OH^-$ . Logo a solução final terá um carácter básico.

### c. Ácido forte + Base forte

Ácidos fortes e bases fortes ionizam-se completamente em solução e portanto qualquer uma pode ser representada pela equação iónica efectiva:



A solução resultante da mistura em quantidades equimolares de um ácido forte e de uma base forte é neutra e possui, então, um  $pH = 7$ .

### d. Ácido fraco + Base fraca

Nem os ácidos fracos nem as bases fracas se ionizam consideravelmente em solução. Assim sendo a solução resultante pode ser ácida, básica ou neutra de acordo com os iões envolvidos na equação. Se os iões envolvidos reagirem com a água na mesma extensão a solução resultante é neutra.

## 5. Conceito de paralelização

Se quisermos analisar a constituição de dois fluidos diferentes podemos utilizar um chip com dois canais em paralelo. Cada canal servirá para a análise de um fluido diferente e dentro deste estariam diferentes tipos de ligandos que detectariam substâncias específicas. Isto é o conceito de paralelização.

## 6. Aplicações

### a. Chip de gelatina com dois canais em paralelo

Os fenómenos químicos descritos acima, poderão ser analisados através da manipulação do chip de gelatina com dois canais em paralelo. Na experiência realizada neste módulo analisar-se-ão as seguintes comparações:

- ❖ Solução ácida de HCl vs. Solução básica de NaOH

Objectivo: Fazer a medição dos valores de pH de cada uma das soluções e comparar com os valores tabelados, de forma a avaliar se o chip está bem construído e a permitir valores aproximadamente correctos. (Fase de controlo)

- ❖ Solução ácida vs. Solução antiácida de  $\text{NaHCO}_3$

Objectivo: Estudar se um antiácido, usado para neutralizar ácidos, possui um pH correspondente a uma solução básica ou não. Compreender o efeito de  $\text{NaHCO}_3$  na acidez do estômago.

- ❖ Escolher duas soluções da Tabela 2

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| Sabonete de mão | Leite           |
| Sumo de Limão   | Sumo de Laranja |
| Vinagre         | Chuva           |
| Café            | Água            |

**Tabela 2** – Soluções possível para comparação num chip de gelatina com dois canais paralelos.

Objectivo: Descobrir os valores de pH de diversas soluções presentes no nosso quotidiano e compará-las entre si.

O conceito de paralelização é aplicado nesta experiência, uma vez que o pH de dois fluidos distintos é analisado em paralelo.

### b. Chip de gelatina com canal em forma de Y

O canal de configuração em Y também pode ser adaptado para medição de pH com o objectivo de visualizar o pH resultante de uma mistura. Na experiência realizada neste módulo analisar-se-ão as seguintes misturas:

- ❖ Solução de um ácido forte e Solução de uma base fraca (ver Tabela 3)
- ❖ Solução de um ácido fraco e Solução de uma base forte (ver Tabela 3)
- ❖ Solução de um ácido forte e Solução de uma base forte (ver Tabela 3)
- ❖ Solução de um ácido fraco e Solução de uma base fraca (ver Tabela 3)

| Ácido forte                        | Ácido fraco                                 | Base forte                         | Base fraca                                 |
|------------------------------------|---|------------------------------------|--|
| $\text{HNO}_3$<br>(ácido nítrico)  | $\text{CH}_3\text{COOH}$<br>(ácido acético) | $\text{NaOH}$ (hidróxido de sódio) | $\text{NaHCO}_3$<br>(Bicarbonato de sódio) |
| $\text{HCl}$<br>(ácido clorídrico) |   |                                    | Sabonete de mão                            |

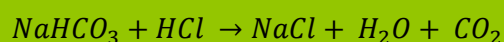
**Tabela 3** – Soluções possível para mistura num chip de gelatina com um canal em Y.

Objectivo: Após a injeção das soluções, observar o valor do pH resultante de cada mistura. Avaliar se a solução originada pela mistura das soluções tem carácter ácido ou básico.

### c. O pH nos microfluidos

A medição do pH das soluções tem elevada importância a nível biológico e, portanto, torna-se útil encontrar uma forma de fazer esta medição a uma escala micrométrica.

Para clarificar esta importância considere-se o caso do pH do estômago. O suco gástrico apresenta na sua constituição água, enzimas, sais inorgânicos, ácido clorídrico e ácido láctico. O seu pH varia entre 1,5 e 2 e desta forma tem um carácter ácido. Quando o valor do pH varia para valores inferiores aos normais, ou seja, quando se torna demasiado ácido, dá a sensação de azia. Este fenómeno ocorre com bastante frequência e um dos medicamentos aconselhados é o Bicarbonato de Sódio,  $\text{NaHCO}_3$ . Este composto tem um carácter básico e promove o aumento do pH do suco gástrico ao reagir o Ácido Clorídrico presente no mesmo, da seguinte forma:



Esta reacção altera o carácter do suco gástrico tornando-o menos ácido e o Dióxido de Carbono resultante da reacção é expelido através da eructação.

A criação de um microchip para medição do pH, implantado no estômago para actuar sobre o suco gástrico, com a capacidade de ejetar pequenas quantidades de Bicarbonato de Sódio é um exemplo de uma aplicação da microtecnologia em microfluidos com a medição do pH. Este microchip incorporado no estômago de pacientes que sofrem constantemente deste mal-estar seria uma mais-valia para melhorar a sua qualidade de vida, permitindo uma maior estabilidade nos valores de pH estomacal e diminuindo consideravelmente a sensação de azia nos indivíduos.

# Protocolos

---

## Guia de fabricação do chip de gelatina



Figura 5 – À esquerda: materiais necessários para a fabricação do molde para o chip de gelatina. À direita: materiais necessários para a fabricação do chip de gelatina.

### Materiais necessários

- 170 g gelatina de ananás (Pingo Doce);
- 7g de gelatina neutra (Gelatina Neutra Royal, Gelatina Pó Globo, Gelatina Pó Neutra Vatiné ou Gelificante Neutral Agar–Agar Vatrine);
- 1 panela e uma taça de 120 mL de água destilada cada para dissolver as duas gelatinas;
- *Spray* óleo alimentar Espiga.

### Guia da fabricação do chip de gelatina:

1. Fabricação do molde para o chip de gelatina (ver instruções do módulo pretendido);
2. Dissolver as 170 g de gelatina de ananás em 120 mL de água destilada numa panela;
3. Dissolver as 7g de gelatina neutra em 120 mL de água destilada numa taça;
4. Levar a panela com a gelatina de ananás ao lume até levantar fervura;

5. Retirar a panela com a gelatina de ananás do lume e juntar a essa solução a solução de gelatina neutra;
6. Levar a panela com a mistura final ao lume até levantar fervura;
7. Retirar a panela do lume;
8. Espalhar o *spray* óleo alimentar pelo interior do prato de espuma que servirá de molde, antes de verter a mistura para dentro do molde;
- ⇒ **Esta mistura é suficiente para preencher seis moldes.**
9. Verter a mistura para seis moldes e colocar os mesmos num frigorífico a 4 °C para dar início ao processo de cura;
- ⇒ **Normalmente uma noite é suficiente para o processo de cura dos moldes ficar completo. No entanto, se o molde permanecer 48 horas no frigorífico ficará mais consistente.**
10. Depois de curados, descolar os chips dos moldes e coloca-los no prato de alumínio para o procedimento experimental.

## Módulo I: Fluxo guiado pela pressão

### Materiais necessários

- 1 chip de gelatina com um canal que descreve as letras “OLÁ”;
  - 1 prato de plástico descartável;
  - Vários agitadores de café, de madeira ou de plástico desde que possuam superfícies lisas.
- 1 prato de alumínio com 12 cm de diâmetro;
- 1 palhinha de diâmetro igual à cabeça da pipeta;
- 1 pipeta descartável;
- 1 pequeno frasco de água com corante alimentar azul de 30 mL;



**Molde 1** – Molde para chip de gelatina com um canal que descreve as letras “OLÁ”.

### Guia da fabricação do molde e chip

#### 1. Formação do canal que descreve as letras “OLÁ”

- 1.1. Cortar os agitadores de café de modo a formar retângulos de vários comprimentos;
- 1.2. Colar os pedaços no prato de plástico com fita-cola de dupla face, formando as letras “OLÁ”;
- 1.3. Colar fita-cola de face única por cima das letras “OLÁ” de modo a assegurar uma superfície suave no molde.

#### 2. Formação do chip de gelatina

Seguir as instruções para a fabricação do chip gelatina.

### Procedimento experimental

1. Depois de retirar o chip de gelatina com um canal que descreve as letras “OLÁ” do molde, selar os canais ocultos contra o prato de alumínio;
2. Furar uma entrada na letra “O” e uma saída na letra “A” com a palhinha redonda usando um movimento de torção suave;
3. Injectar o fluido de água azul na entrada. Registe o que observa.

### Dicas adicionais:

- Os chips de gelatina devem ser armazenados num frigorífico a 4°C até ao seu descolamento do molde.
- Os chips não devem ser demasiado espessos, por isso aumenta o tempo de refrigeração necessário do mesmo.
- Se os agitadores de café não fixarem como desejado com a fita-cola de dupla face, aconselha-se o uso de super-cola de contacto para ficar os mesmos aos pratos de plástico.

## Módulo II: Parâmetros Adimensionais

### Materiais necessários

- 1 chip de gelatina com um canal em forma de Y;
  - 1 prato de plástico descartável;
  - Dois agitadores de café, de madeira ou de plástico desde que possuam superfícies lisas.
- 1 prato de alumínio com 12 cm de diâmetro;
- 1 palhinha de diâmetro igual à cabeça da seringa;
- 2 seringas de 10 mL;
- 1 pequeno frasco de água límpida de 30 mL;
- 1 pequeno frasco de água com corante alimentar azul de 30 mL;



**Molde 2** – Molde para chip de gelatina com um canal em forma de Y.

### Guia da fabricação do molde e chip

#### 1. Formação do molde com canal Y

- 1.1. Cortar um dos agitadores de café de modo a formar um retângulo de comprimento 7 cm;
- 1.2. Uma das pontas deste agitador deve ser cortada de forma plana e a outra em forma de punhal ou em V.
- 1.3. Cortar o segundo agitador de café em dois pedaços rectangulares com o mesmo comprimento, 2.5 cm.
- 1.4. Colar o pedaço mais longo no meio do prato de plástico usando fita-cola de face dupla.
- 1.5. Colar os dois pedaços mais pequenos na ponta em forma de punhal do pedaço maior usando fita-cola de face-dupla. A letra Y é formada.
- 1.6. Colar fita-cola de face única por cima de toda a letra Y de modo a assegurar uma superfície suave no molde.

#### 2. Formação do chip de gelatina

Seguir as instruções para a fabricação do chip gelatina.



## Procedimento experimental

4. Depois de retirar o chip de gelatina com um canal em forma de Y do molde, selar os canais ociosos contra o prato de alumínio;
5. Furar duas entradas e uma saída com a palhinha redonda usando um movimento de torção suave;
6. Injectar os dois fluidos, de água límpida e de água azul, simultaneamente em cada uma das entradas:
  - a. Primeiro com uma velocidade baixa (2 a 3 mL). Registe o que observa.
  - b. Aumente gradualmente a velocidade até esvaziar as seringas. Registe o que observa.

### Dicas adicionais:

- Para prevenir o esvaziamento dos fluidos através das entradas, as seringas devem estar perfeitamente perpendiculares com a superfície e a cabeça das seringas devem selar completamente as entradas.
- A maior dificuldade associada a este chip com canal em Y está no descolamento deste do molde, em particular na junção dos três pedaços da letra Y.
- Como alternativa, pode-se construir um chip com canal em forma de T. Os resultados obtidos são os mesmos.

## Módulo III: Sensor de pH e paralelização

### Materiais necessários

- 1 chip de gelatina com dois canais retos e paralelos;
  - 1 prato de plástico descartável;
  - 1 agitador de café, de madeira ou de plástico desde que possuam superfícies lisas.
- 1 chip de gelatina com um canal em forma de Y;
  - 1 prato de plástico descartável
  - Dois agitadores de café, de madeira ou de plástico desde que possuam superfícies lisas.
- 1 prato de alumínio de 12 cm de diâmetro;
- Duas pipetas descartáveis;
- Fita de medição de pH;
- Soluções usadas (~30mL):
  - HCl – ácido clorídrico;
  - NaOH – Hidróxido de Sódio;
  - NaHCO<sub>2</sub> – Bicarbonato de Sódio;
  - Vinagre;
  - Sabonete de mão;
  - Outro.



Molde 3 – Molde para chip de gelatina com dois canais paralelos.

### Guia da fabricação do molde e chip

#### 1. Formação do molde com os canais paralelos

- 1.1. Cortar um agitador de café em dois pedaços com forma rectangular de comprimento 6.5 cm;
- 1.2. Colar os dois pedaços no prato de plástico, espaçados 2.5 cm, com fita-cola de face única;

## 2. Formação do molde com canal Y

Seguir as instruções para a fabricação do molde no Módulo II.

## 3. Formação do chip de gelatina

Seguir as instruções para a fabricação do chip gelatina.

### Procedimento experimental – *Chip de canais paralelos*

1. Depois de retirar os chips de gelatina dos moldes, selar os canais ocios contra o prato de alumínio;
2. Furar as entradas e as saídas com a palhinha redonda usando um movimento de torção suave;
3. Colar dois pedaços de fita de medição de pH ao prato de alumínio com fita-cola de face dupla ao longo de todo o canal;
4. Injectar duas soluções que se queiram comparar nas entradas de ambos os canais;
5. Registe o que observa;

### Procedimento experimental – *Chip de canal Y*

1. Depois de retirar o chip de gelatina dos moldes, selar os canais ocios contra o prato de alumínio;
2. Furar as entradas e a saída com a palhinha redonda usando um movimento de torção suave;
3. Colar um pedaço de fita de medição de pH ao prato de alumínio com fita-cola de face dupla ao longo de todo o canal de saída do Y;
4. Injectar duas soluções que se queiram misturar nas duas entradas do canal;
5. Registe o que observa;

#### Dicas adicionais:

- As soluções NaOH e HCL devem ser manejadas com cuidado.
- Por precaução este módulo deve ser realizado com protecção apropriada (luvas, bata, máscara e óculos de protecção).

# Questionário

---

## Módulo I: Fluxo guiado pela pressão

1. O que são microfluidos e como são feitos os chips de microfluidos?
2. Como são formados os canais nos chips de microfluidos?
3. Como fluem os líquidos nos chips de microfluidos?
4. É possível a passagem de fluido num chip com uma entrada e sem saída?

## Módulo II: Parâmetros Adimensionais

1. Porque é que as duas soluções não se misturam?
2. Qual é a diferença entre fluxo turbulento e fluxo laminar?
3. O que são números sem dimensões?
4. Como podem os números sem dimensão ajudar-nos a construir os nossos dispositivos?

## Módulo III: Sensor de pH e paralelização

1. O que são ácidos e bases?
2. Como conseguimos determinar o pH das soluções usando fitas de pH?
3. O que é a paralelização?
4. Quais são as aplicações actuais da paralelização de microfluidos?