

# Atividade de água e isoterma de sorção

Profa. Dra. Delia Rita Tapia Blácido

1



2

# ÁGUA



- A água é a única substância que existe em abundância nos três estados físicos.
- É o componente majoritário de todos os seres vivos.
- A água é essencial por ser:
  - ✓ portadora de substâncias nutritivas e de descarte;
  - ✓ altamente reativa e o meio no qual ocorrem as reações;
  - ✓ estabilizador das configurações biopoliméricas;
  - ✓ determinante nas reações com outras moléculas.

3

## Teor de água de alguns alimentos

Alimento	Teor de água (g/100g)
Carnes	50-70
Maçã, laranja	85-90
Tomate, morango	90-95
Cenoura, batata	80-90
Aspargo, lentilha	90-95
Arroz cru, milho cru	12-15
Leite em pó, ovo desidratado	9-12
Queijo prato	40-45
Pão francês	30-35
Leite	87-89

4

## Propriedades físicas da água

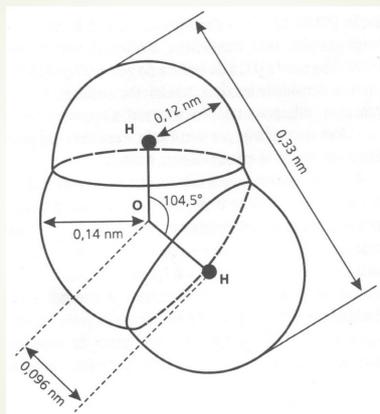
Substância	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Calor de vaporização (kJ/kg)
CH <sub>4</sub>	-184	-161	0,58
NH <sub>3</sub>	-78	-33	1,37
HF	-92	19	1,51
H <sub>2</sub> O	0	100	2,27

Maior tensão superficial ( $0,0756 \text{ Nm}^{-1}$  a  $0^\circ\text{C}$ ), de capacidade calorífica ( $4,2177 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  a  $0^\circ\text{C}$ ), e calores de fusão ( $6,012 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ) e sublimação ( $50,91 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ).

**PRECISA-SE DE MAIOR QUANTIDADE DE ENERGIA PARA ROMPER AS LIGAÇÕES DE HIDROGÊNIO INTERMOLECULARES**

5

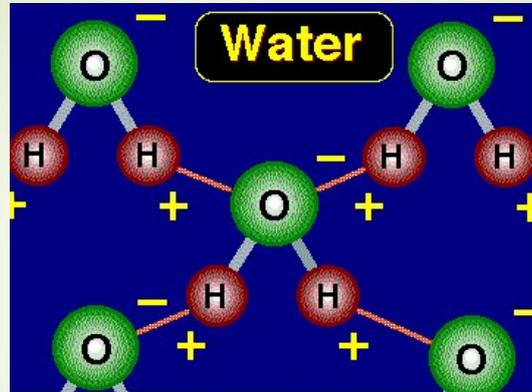
## A molécula da água



Dipolo elétrico

A estrutura da água apresenta a forma de um tetraedro distorcido (ângulo de ligação de  $104,5^\circ$ ) - ângulo do tetraedro ( $109^\circ28'$ )

6



"Cada molécula de água pode estabelecer ligações de hidrogênio com outras quatro moléculas de água vizinhas"  
 "04 Pontes de hidrogênio tridimensionais (02 receptores e 02 doadores). Igual número de receptores e doadores faz com que exista uma força de atração muito grande entre as moléculas de água " --- alto ponto de fusão, ebulição, tensão superficial

7

## Interação da água com solutos

- **Água ligada:** água em contato com solutos e outros constituintes não aquosos, que exibe mobilidade reduzida e não congela a  $-40^{\circ}\text{C}$ . Está presente em quantidades muito pequenas (batata 0,090 g de água/g de matéria seca)
  - Pode ser dividida em: água constitucional, água vicinal e água de multicamadas.
- **Água livre:** é a água que apresenta as mesmas propriedades da água pura, está disponível para o crescimento dos microorganismos e para reações enzimáticas, mas que não flui livremente do alimento quando este é cortado.

8

## Água ligada

- **Água constitucional:** Corresponde a água ligada mais fortemente aos constituintes não aquosos do alimento, através de ligações iônicas.
- **Água vicinal:** representa a próxima camada de água adjacente a água constitucional. Ocupa os sítios mais próximos dos grupos hidrofílicos presentes nos constituintes não aquosos.
- **Água de multicamadas:** é a água ligada em menor intensidade que a água vicinal. É a água ligada de forma mais fraca aos constituintes não aquosos. Tamanho dos microporos.

9

## Teor de umidade

O conteúdo de água é obtido pela determinação da água total contida no alimento. Entretanto, esse valor não nos fornece indicações de como está distribuída a água nesse alimento, como também não permite saber se toda a água está ligada do mesmo modo ao alimento.

- **Umidade em base úmida:**

$$\%U_{(bu)} = (M_{\text{água}}/M_{m.\text{total}})*100$$

- **Umidade em base seca:**

$$\%U_{(bs)} = (M_{\text{água}}/M_{m.\text{seca}})*100$$

10

## Cálculo da umidade

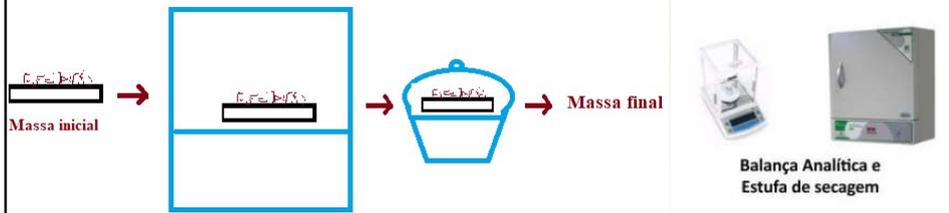


Tabela 2. Alguns valores obtidos na análise de umidade

	$M_{\text{placa}}$ (g)	$M_1$ (g)	$M_2$ (g)
1	43,8320	5,0920	45,2788
2	43,9891	5,0990	45,4323
3	36,5773	5,0967	38,0106

$$\%Umidade = \left( \frac{M_1 - (M_2 - M_{\text{placa}})}{M_1} \right) * 100$$

11

- Uma amostra alimentícia foi levada a um laboratório de análises de alimentos para ser realizada a análise de sua composição centesimal. Os dados abaixo foram obtidos em base seca. Sabendo-se que a umidade da amostra integral é de 75%, complete a tabela abaixo com os valores em base úmida.

Dados na base seca (g/100 g matéria seca)

cinzas = 1%

proteínas = 60%

lipídios = 7%

carboidratos = ?

Composição centesimal:

**Umidade + proteína + cinza + lipídios + carboidratos (base úmida)**

**Proteína + cinza + lipídios + carboidratos (base seca)**

Carboidratos =  $100\% - 1\% - 60\% - 7\% = 32\%$  (g carb./100 g de m.seca)

12

%Umidade = 75% (g água/100 m.total)
%Sólidos secos= 25% (g m.seca/100 g m. total)

$$\%Umidade (b.s) = \frac{75 \text{ g água}}{100 \text{ g m.total}} \times \frac{100 \text{ g m.total}}{25 \text{ g m.seca}} = 3 \text{ g água/g m.seca}$$

$$\%Proteínas (b.u) = \frac{60 \text{ g água}}{100 \text{ g m.seca}} \times \frac{25 \text{ g m.seca}}{100 \text{ g m.total}} = 0,15 \text{ g proteína/g m.total}$$

Tabela 3. Composição centesimal

	Base seca (g/100 g m.seca)	Base úmida (g/100 g m.total)
Umidade	?	75
Proteínas	60	15
Lipídios	7	?
Cinza	1	?
Carboidrato	32	?

13

## Atividade de água

Indica a intensidade das forças que unem a água com outros componentes não-aquosos e, conseqüentemente, a água disponível para o crescimento de microrganismos e para as diferentes reações químicas e bioquímicas.

**Fornecer informações sobre:**

- Crescimento microbiano
- Migração da Água
- Estabilidade Química e Bioquímica
- Propriedades físicas
- Vida útil

"O teor de umidade não fornece estas informações"

14

## Atividade de água

- A atividade de água permite calcular a estabilidade de muitos alimentos, melhorar o processo de conservação e desidratação e planejar novos produtos mais estáveis.
- Quando se adiciona um soluto à água pura, as moléculas de água orientam-se na superfície do soluto e inter-relacionam-se com ele. Como consequência, diminui o ponto de congelamento, aumenta o ponto de ebulição e reduz a pressão de vapor.
- A atividade de água define-se como a relação existente entre a pressão de vapor da água em uma solução ou em um alimento (P) com relação à pressão de vapor de água pura (Po) à mesma TEMPERATURA.

$$A_w = \frac{P}{P_o}$$

A<sub>w</sub> depende a concentração dos solutos, da quantidade de água e da temperatura

15

- Na realidade, a A<sub>w</sub> é a relação entre a fugacidade do solvente na solução (f) e a fugacidade do solvente puro (fo). Fugacidade é a tendência que um solvente apresenta de escapar de uma solução.
- A baixas pressões (pressão ambiental) a fugacidade ≈ pressão parcial de vapor.

$$A_w = \frac{f}{f_o} \approx \frac{P}{P_o}$$

Água pura (ausência de solutos) ---- A<sub>w</sub> = 1

A<sub>w</sub> nos alimentos < 1

A A<sub>w</sub> de um alimento e a umidade relativa do ambiente no qual se encontra tendem a equilibrar-se, e, por isso, é comum expressar-se como UMIDADE RELATIVA DE EQUILÍBRIO

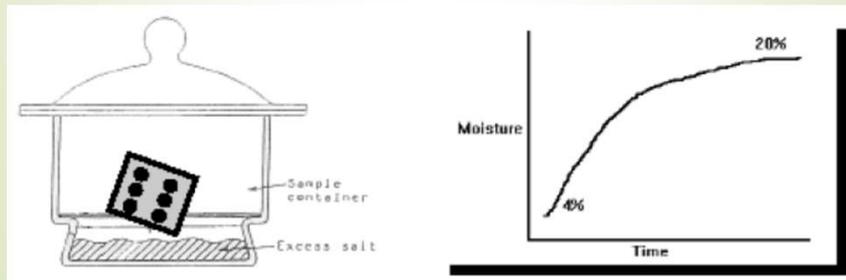
16

## ATIVIDADE DE ÁGUA

► No equilíbrio:

$$UR = \frac{P}{P_v} \times 100 \quad \longrightarrow \quad A_w = URE/100$$

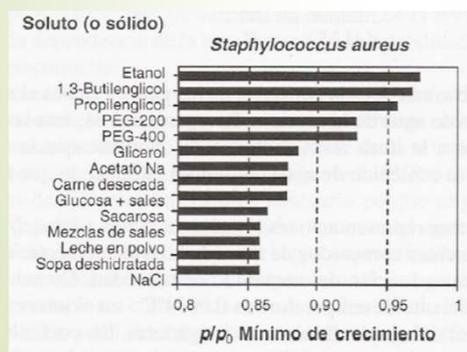
Exemplo: Biscoito é equilibrado em recipiente selado contendo solução saturada NaCl ( $A_w$  0,70)



17

## Atividade de água

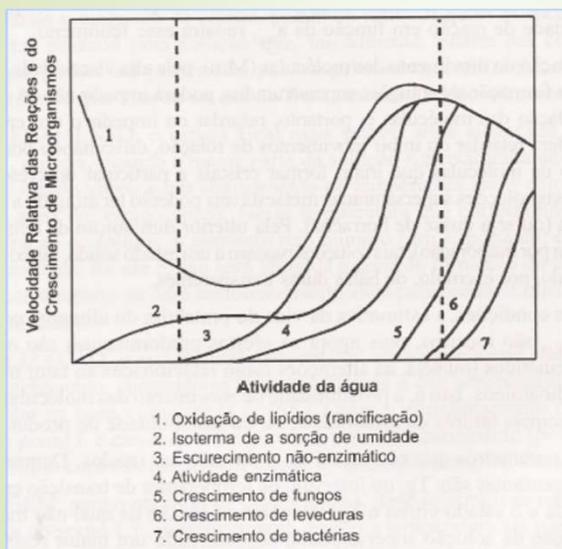
"A atividade de água de um alimento pode ser reduzida pelo aumento da concentração de solutos na fase aquosa do alimento, tanto pela remoção de água, imobilização da água ou pela adição de sólidos como, por exemplo, sal ou açúcar - **REDUÇÃO DA MOBILIDADE MOLECULAR**"



Atividade mínima para o crescimento da *Staphylococcus aureus* dependendo do soluto usado para produzir a pressão relativa de vapor.

18

## Atividade da água e conservação dos alimentos



Retirado de Rose A.H. ed., Economic Microbiology, vol

