

Água – O Elixir da vida de Cerveja



José G. Antunes

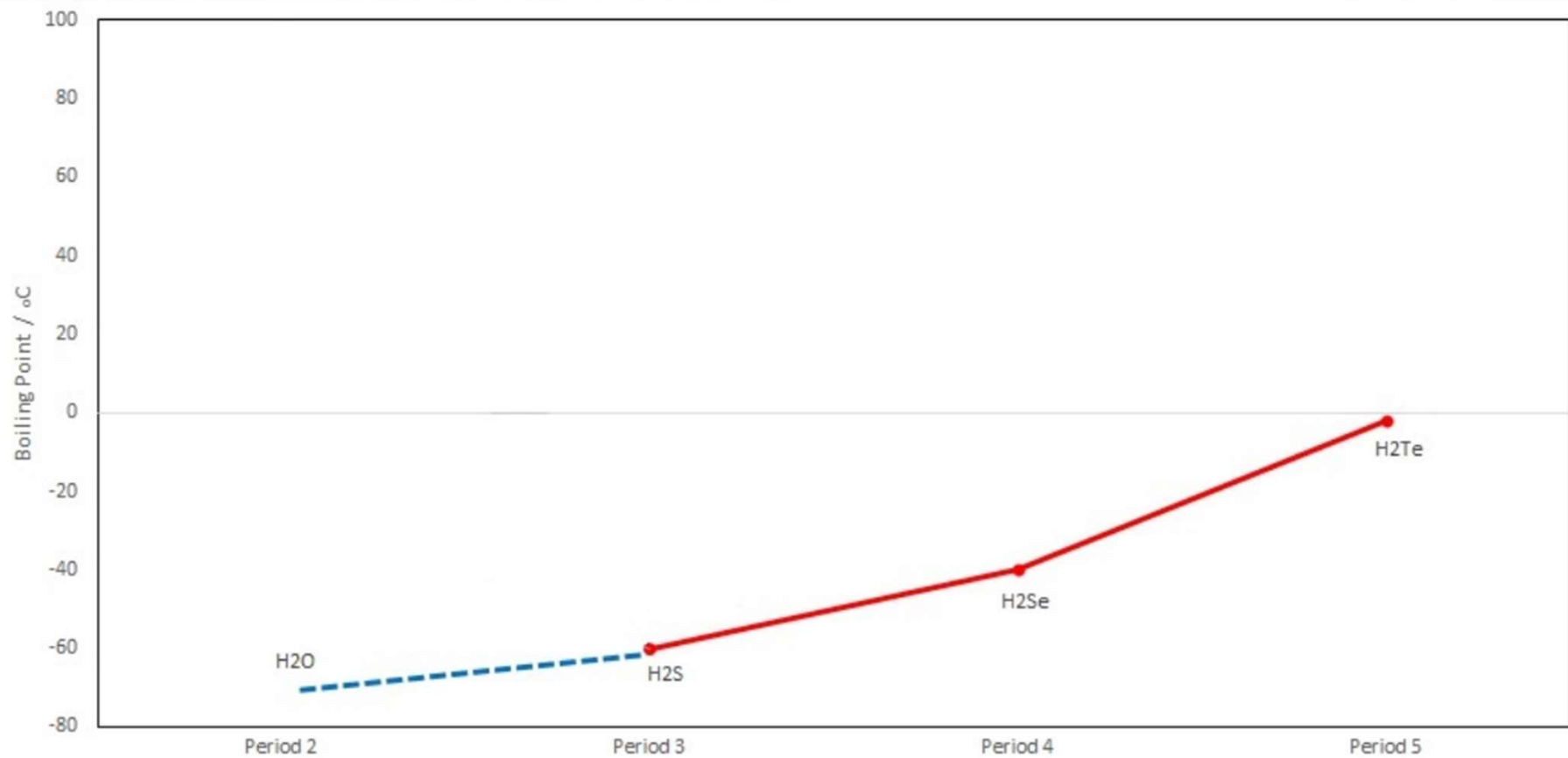
Água é uma molécula estranha



1	H hidrogênio 1,008																	2	He hélio 4,0026					
2	Li lítio 6,94	Be berílio 9,0122																	B boro 10,81	C carbono 12,011	N nitrogênio 14,007	O oxigênio 15,999	F flúor 18,998	Ne neônio 20,180
3	Na sódio 22,990	Mg magnésio 24,305																	Al alumínio 26,982	Si silício 28,085	P fósforo 30,974	S enxofre 32,06	Cl cloro 35,45	Ar argônio 39,948
4	K potássio 39,098	Ca cálcio 40,078(4)	Sc escândio 44,956	Ti titânio 47,867	V vanádio 50,942	Cr cromio 51,996	Mn manganês 54,938	Fe ferro 55,845(2)	Co cobalto 58,933	Ni níquel 58,693	Cu cobre 63,546(3)	Zn zinco 65,38(2)	Ga gálio 69,723	Ge germânio 72,630(8)	As arsênio 74,922	Se selênio 78,971(8)	Br bromo 79,904	Kr criptônio 83,798(2)						
5	Rb rubídio 85,468	Sr estrôncio 87,62	Y ítrio 88,906	Zr zircônio 91,224(2)	Nb nióbio 92,906	Mo molibdênio 95,95	Tc tecnécio [98]	Ru rutênio 101,07(2)	Rh ródio 102,91	Pd paládio 106,42	Ag prata 107,87	Cd cádmio 112,41	In índio 114,82	Sn estanho 118,71	Sb antimônio 121,76	Te telúrio 127,60(3)	I iodo 126,90	Xe xenônio 131,29						
6	Cs césio 132,91	Ba bário 137,33	57 - 71	Hf háfnio 178,49(2)	Ta tântalo 180,95	W tungstênio 183,84	Re rênio 186,21	Os ósmio 190,23(3)	Ir irídio 192,22	Pt platina 195,08	Au ouro 196,97	Hg mercúrio 200,59	Tl tálio 204,38	Pb chumbo 207,2	Bi bismuto 208,98	Po polônio [209]	At astato [210]	Rn radônio [222]						
7	Fr frâncio [223]	Ra rádio [226]	89 - 103	Rf rutherfordório [267]	Db dúbnio [268]	Sg seabórgio [269]	Bh bóhrio [270]	Hs hássio [269]	Mt meitnério [278]	Ds darmstádio [281]	Rg roentgênio [281]	Cn copernício [285]	Nh nihônio [286]	Fl fleróvio [289]	Mc moscóvio [288]	Lv livermório [293]	Ts tenessino [294]	Og oganessonio [294]						
	La lantânio 138,91	Ce cério 140,12	Pr praseodímio 140,91	Nd neodímio 144,24	Pm promécio [145]	Sm samário 150,36(2)	Eu europóio 151,96	Gd gadolínio 157,25(3)	Tb térbio 158,93	Dy disprósio 162,50	Ho hólmio 164,93	Er érbio 167,26	Tm túlio 168,93	Yb itérbio 173,05	Lu lutécio 174,97									

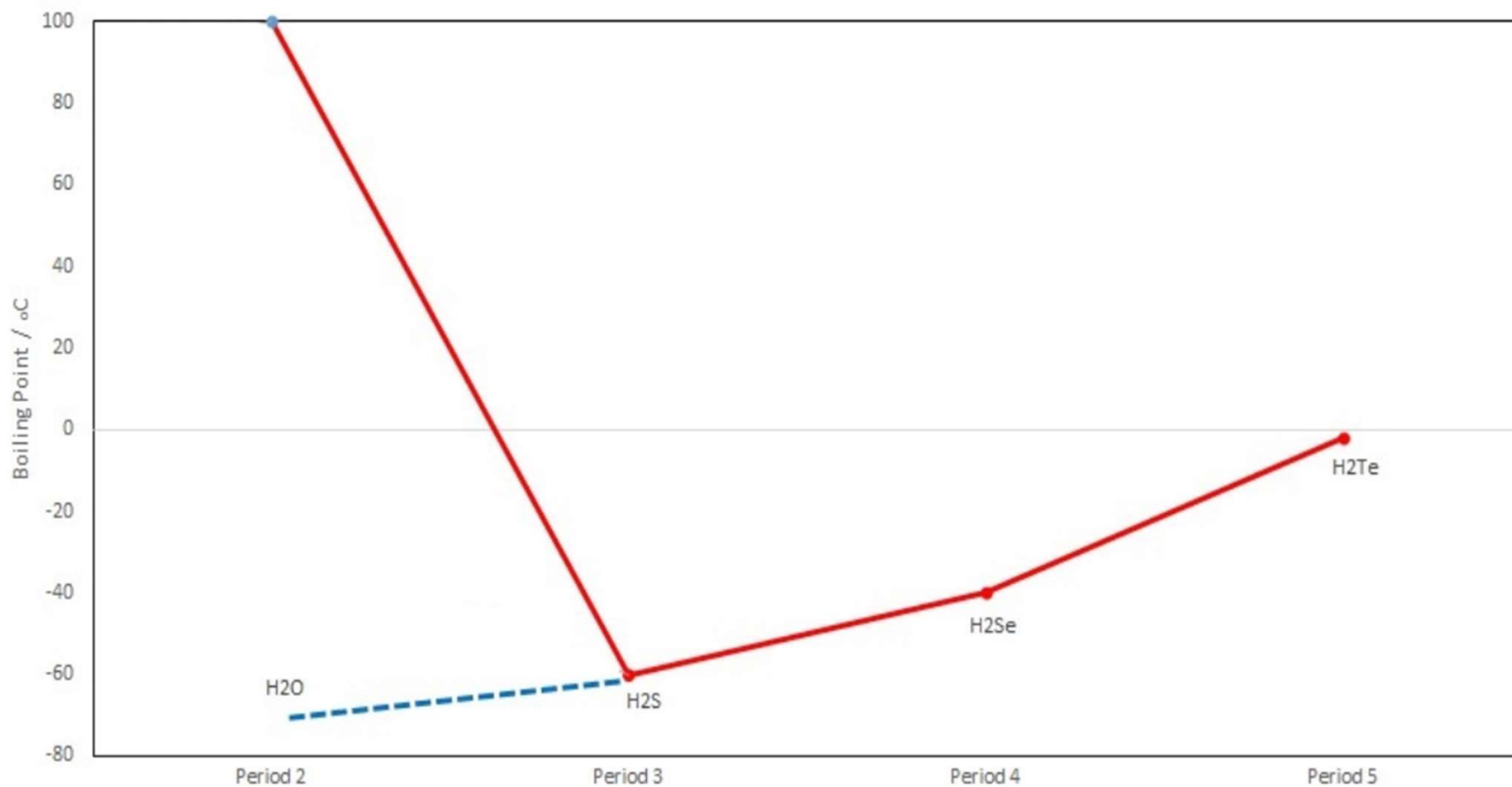
3 — número atômico
Li — símbolo químico
 lítio — nome
 [6,938 - 6,997] — peso atômico
 (ou número de massa do isótopo mais estável)

Água é uma molécula estranha



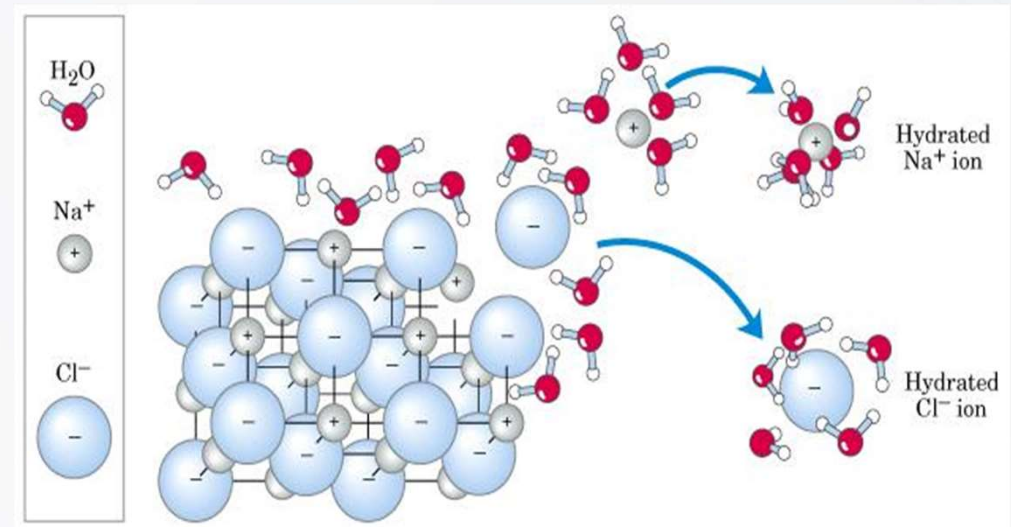
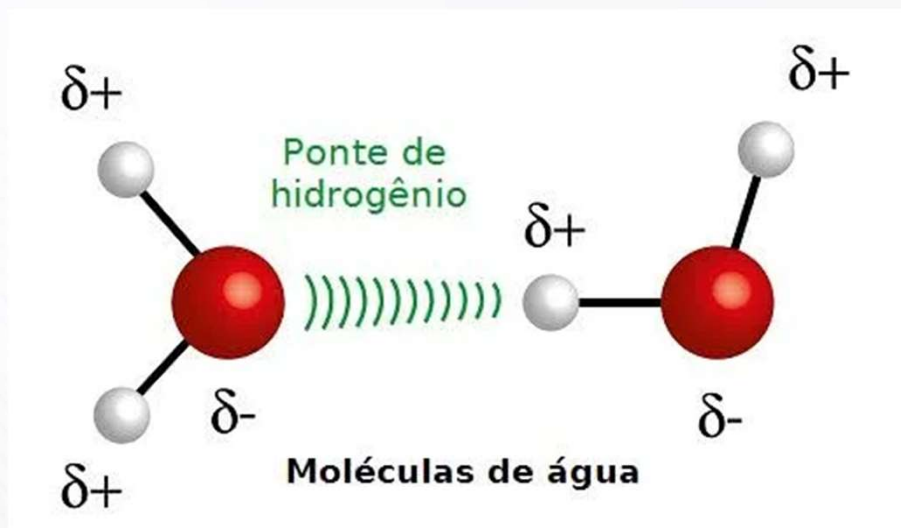
Baseado no seu peso molecular o ponto de ebulição de água deveria ser - 75°C

Mas na verdade!



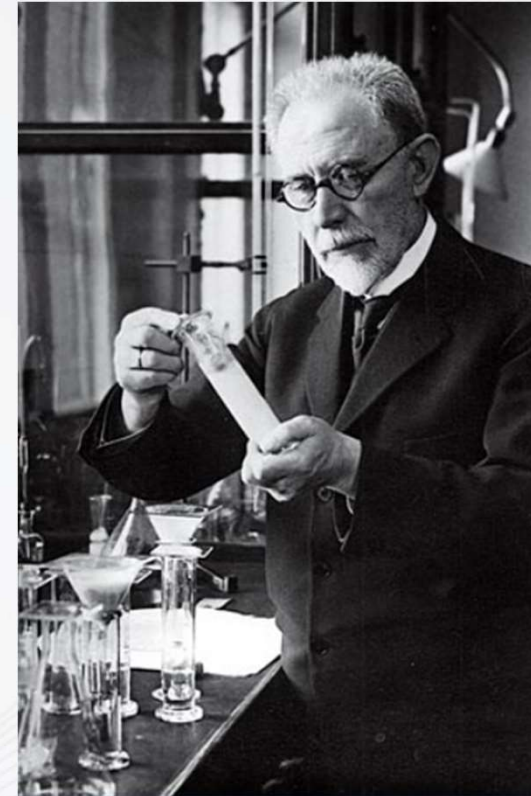
Química da água

- Água tem a capacidade de formar ligações hidrogênio intermoleculares



Entender a química da água é entender a química da cerveja

- pH é a segunda variável de controle mais importante da cerveja
- A escala de pH foi introduzida por Søren Peder Lauritz Sørensen em 1909
- Chefe do Laboratório Carlsberg em Copenhague, Dinamarca (1901 a 1938)
- Estudou o efeito da concentração iônica em proteínas





Um bom controle de pH garante?

- **Mosto**

- Boa ação enzimática
- Baixa extração de taninos da casca do malte
- Rendimento adequado do lúpulo
- Boa formação de trub

- **Cerveja**

- Boa atividade da levedura
- Formação adequada de subprodutos
- Melhora a estabilidade coloidal
- Melhora a estabilidade microbiológica



pH do mosto é impactado pela
dureza e alcalinidade da água

Dureza

- Quantidade de íons do grupo 2A da tabela periódica dissolvidos na água
 - Mais importantes – Ca^{2+} e Mg^{2+}

1	2											3	4	5	6	7	8	9	10				
1	H hidrogênio 1,008											2	He hélio 4,0026										
2	3	4											5	6	7	8	9	10					
	Li lítio 6,94	Be berílio 9,0122											B boro 10,81	C carbono 12,011	N nitrogênio 14,007	O oxigênio 15,999	F flúor 18,998	Ne neônio 20,180					
3	11	12											13	14	15	16	17	18					
	Na sódio 22,99	Mg magnésio 24,305											Al alumínio 26,982	Si silício 28,085	P fósforo 30,974	S enxofre 32,06	Cl cloro 35,45	Ar argônio 39,948					
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
	K potássio 39,09	Ca cálcio 40,078(4)	Sc escândio 44,956	Ti titânio 47,867	V vanádio 50,942	Cr cromio 51,996	Mn manganês 54,938	Fe ferro 55,845(2)	Co cobalto 58,933	Ni níquel 58,693	Cu cobre 63,546(3)	Zn zinco 65,38(2)	Ga gálio 69,723	Ge germânio 72,630(8)	As arsênio 74,922	Se selênio 78,971(8)	Br bromo 79,904	Kr criptônio 83,798(2)					
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54					
	Rb rubídio 85,46	Sr estrôncio 87,62	Y ítrio 88,906	Zr zircônio 91,224(2)	Nb nióbio 92,906	Mo molibdênio 95,95	Tc tecnécio [98]	Ru rutênio 101,07(2)	Rh ródio 102,91	Pd paládio 106,42	Ag prata 107,87	Cd cádmio 112,41	In índio 114,82	Sn estanho 118,71	Sb antimônio 121,76	Te telúrio 127,60(3)	I iodo 126,90	Xe xenônio 131,29					
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86					
	Cs césio 132,9	Ba bário 137,33		Hf háfnio 178,49(2)	Ta tântalo 180,95	W tungstênio 183,84	Re rênio 186,21	Os ósmio 190,23(3)	Ir irídio 192,22	Pt platina 195,08	Au ouro 196,97	Hg mercúrio 200,59	Tl tálio 204,38	Pb chumbo 207,2	Bi bismuto 208,98	Po polônio [209]	At astato [210]	Rn radônio [222]					
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118					
	Fr frâncio [223]	Ra rádio [226]		Rf rutherfordório [267]	Db dúbnio [268]	Sg seaborgio [269]	Bh bóhrio [270]	Hs hássio [269]	Mt meitnério [278]	Ds darmstádio [281]	Rg roentgênio [281]	Cn copernício [285]	Nh nihônio [286]	Fl fleróvio [289]	Mc moscóvio [288]	Lv livermório [293]	Ts tenessino [294]	Og oganessônio [294]					
	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71								
	La lantânio 138,91	Ce cério 140,12	Pr praseodímio 140,91	Nd neodímio 144,24	Pm promécio [145]	Sm samário 150,36(2)	Eu europóio 151,96	Gd gadolínio 157,25(3)	Tb térbio 158,93	Dy disprósio 162,50	Ho hólmio 164,93	Er érbio 167,26	Tm tulíio 168,93	Yb itérbio 173,05	Lu lutécio 174,97								



Dureza Total

Dureza Cálcica
Todos os compostos
inorgânicos de Cálcio

Dureza Magnésiana
Todos os compostos
inorgânicos de Magnésio



Dureza Total

Dureza carbonatada
Cálcio e Magnésio ligados aos
íons carbonatos e bicarbonatos

Dureza não carbonatada
Cálcio e Magnésio ligados a íons
provenientes de ácidos minerais,
principalmente cloreto e sulfato



Impacto da dureza carbonatada na cerveja

HCO_3^- Ions increase pH (decrease acidity):

Bicarbonate Proton Water Carbon Dioxide



acidic

→ Aumento do pH

Bicarbonate Dihydrogen phosphate Hydrogen phosphate Water Carbon Dioxide



acidic alkaline

Íon carbonato não está presente na água abaixo de pH 8,5

Impacto da dureza não carbonatada cerveja



Calcium

Hydrogen
phosphate

Calcium Phosphate

Proton



alkaline

acidic



Queda do pH

Alcalinidade



- Capacidade de uma solução aquosa em neutralizar a acidez do ambiente
 - Alcalinidade = Carbonatos e Bicarbonatos
 - Alcalinidade = Indesejável na Cerveja



Impacto da alcalinidade na cerveja

- Inibe a ação de enzimas
- Filtrações mais lentas
- Menor rendimento na sala de brassagem
- Aumenta a cor da cerveja
- Produz sabor adstringente forte (polifenóis)
- Aumenta a turbidez da cerveja

Alcalinidade residual

Balanço entre a dureza e a alcalinidade



Alcalinidade residual = alcalinidade total –
 $(\text{Ca}^{2+} + 0,5 \text{ Mg}^{2+})/3,5$

Valores expressos em °dH (graus alemães)

Se alcalinidade total expressa em mg de CaCO_3 – dividir valor por 17,87

Se Cálcio expresso em ppm – dividir valor
por 7,15

Se Magnésio expresso em ppm – dividir
valor por 4,34



RA = 0 – Sem impacto no processo
Avaliando o resultado

RA = 10 – Incremento de 0,3 unidades no
pH da mostura

RA = -10 – Decréscimo de 0,3 unidades no
pH da mostura

Valores recomendadas para Cervejas

Lagers com lúpulo mais marcante – RA >



Momento do Cálculo

Água da região de Munique

Alcalinidade total = 295 ppm CaCO_3

Dureza Cálcica = 76 ppm

Dureza Magnésiana = 18 ppm

Conversão de Unidades

Alcalinidade = $295/17,87 = 16,5^\circ\text{dH}$

Dureza Cálcica = $76/7,15 = 10,6^\circ\text{dH}$

Dureza Magnésiana = $18/4,34 = 4,1^\circ\text{dH}$

$$\text{RA} = 16,5 - (10,6 + 0,5 \times 4,1) / 3,5$$

$$\text{RA} = 16,5 - 3,6 = 12,9^\circ\text{dH}$$

Água da região de Munique ajustada

Alcalinidade total = 295 ppm CaCO₃

Dureza Cálcica = 100 ppm

Dureza Magnésiana = 40 ppm

Conversão de Unidades

Alcalinidade = 29,17,87 = 16,5°dH

Dureza Cálcica = 10,0 = 5,0°dH

Dureza Magnésiana = 40/4,34 = 9,2°dH

$$RA = 16,5 - (14 + 0,5 \times 9,2) / 3,5$$

$$RA = 16,5 - 5,3 = 11,2^\circ\text{dH}$$

Momento do Cálculo



Águas tradicionais



Analysis	City		
	Burton	Munich	Pilsen
RA (° dH)	3	13	0
Carbonate Hardness (ppm)	270	295	16
Ca ²⁺ (ppm)	263	76	7
Mg ²⁺ (ppm)	62	18	3
SO ₄ ²⁻ (ppm)	638	10	5
Cl ⁻ (ppm)	36	2	5

Influência das substâncias dissolvidas

- Impacto sensorial
- Estabilidade da cerveja
 - Oxigênio dissolvido
- Desenvolvimento do processo
 - pH de mostura e fervura
- Operação e manutenção do equipamento
 - Corrosão
 - Transferência de calor (incrustações)



Uso da água tem impacto Econômico

- Valores vem diminuindo ao longo do tempo
 - Média atual grandes Cervejarias – 4,0 L água / L de cerveja
 - Algumas cervejarias já conseguem 2,8 L água / L de cerveja
 - Tradicionalmente valores oscilavam de 6-10L de água/L de cerveja



Onde estou gastando minha água?



- 4L de água/L de cerveja
 - 1,7 L CIP (limpeza, desinfecção e enxágue)
 - 1,0 L Processo de produção
 - 1,3 L outras águas de processo
 - Evaporação
 - Bagaço
 - Utilidades



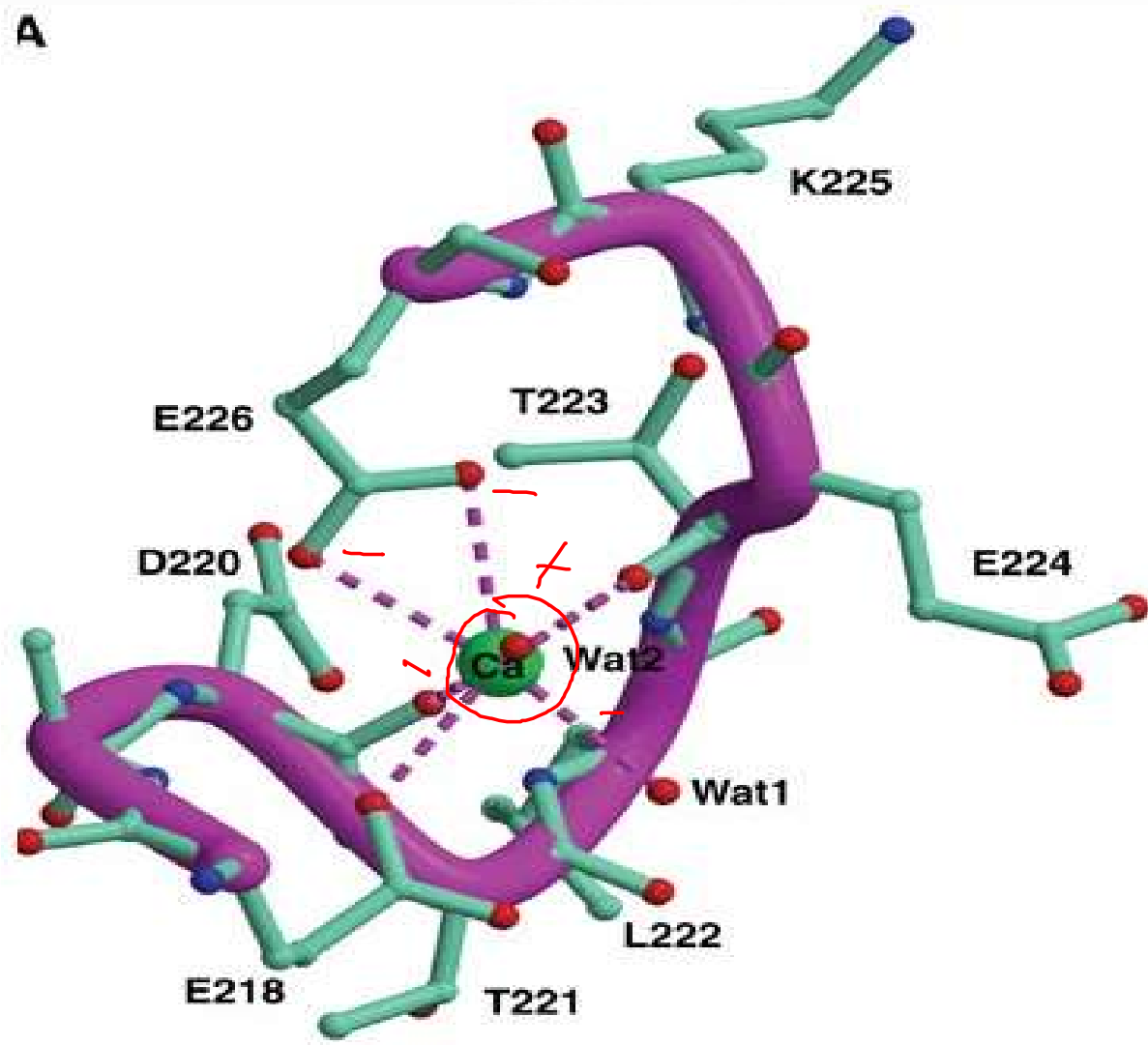
Principais íons presentes na cerveja

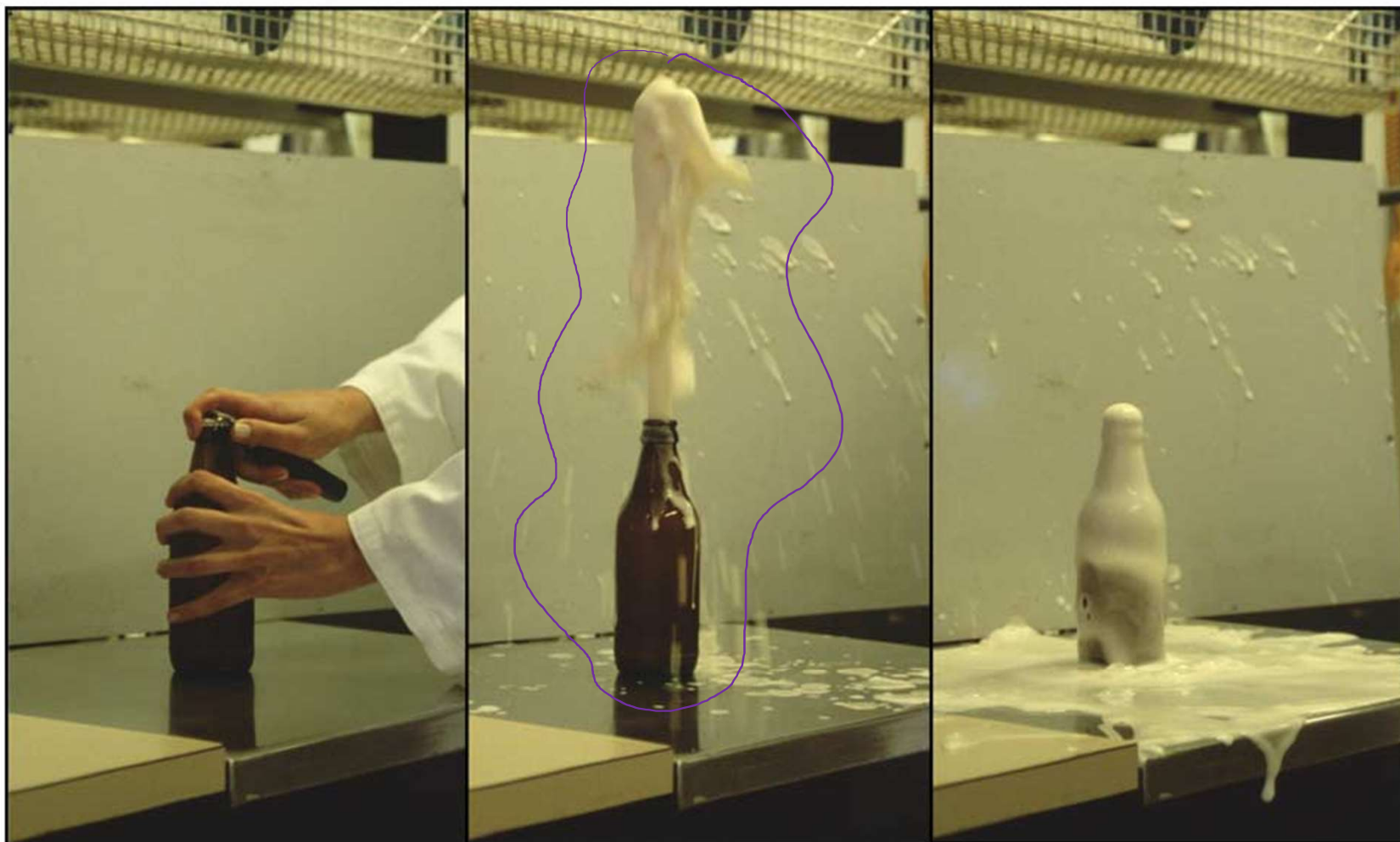


- Cálcio

- Confere a α -amilase maior estabilidade térmica
- Reage com o ác. Oxálico, formando oxalato de cálcio (Rec. 3x mais cálcio que o oxalato presente no malte)
- Estimula a coagulação protéica e a floculação da levedura
- Reage com os fosfatos do mosto, modificando o sistema tampão da cerveja
- Concentração indicada = 50 a 150 ppm
- Em excesso compete com Magnésio reduzindo eficiência da fermentação

A





Magnésio

- Co-fator enzimático de importantes enzimas da fermentação e respiração das leveduras
- Dosagem recomendada: 10 – 40 ppm (min. 5 ppm)
- Mosto 10ºP (100% Malte/água destilada) – 70 ppm
- Influencia o paladar da cerveja (leite de magnésia)
- Acima de 125 ppm – Efeito laxante



Sulfato

- Contribui com um paladar mais seco e amargo, quando comparado com o cloreto, daí a importância de definir qual sal será usado para suplementação do Cálcio
- Fermento pode metabolizar o sulfato gerando pequenas quantidade de H_2S e SO_2 , característicos de algumas Ales feitas com águas ricas neste composto
- Valores aceitáveis de sulfato variam de 0 a 250 mg/L dependendo do tipo de cerveja

Sulfato x amargor

- 50 a 150 ppm amargas
- 150 a 250 ppm muito amargas

Cloreto

- Potencializa o sabor maltado na cerveja
- Fornece um sabor suave a cerveja
- Pode ser corrosivo ao aço inox

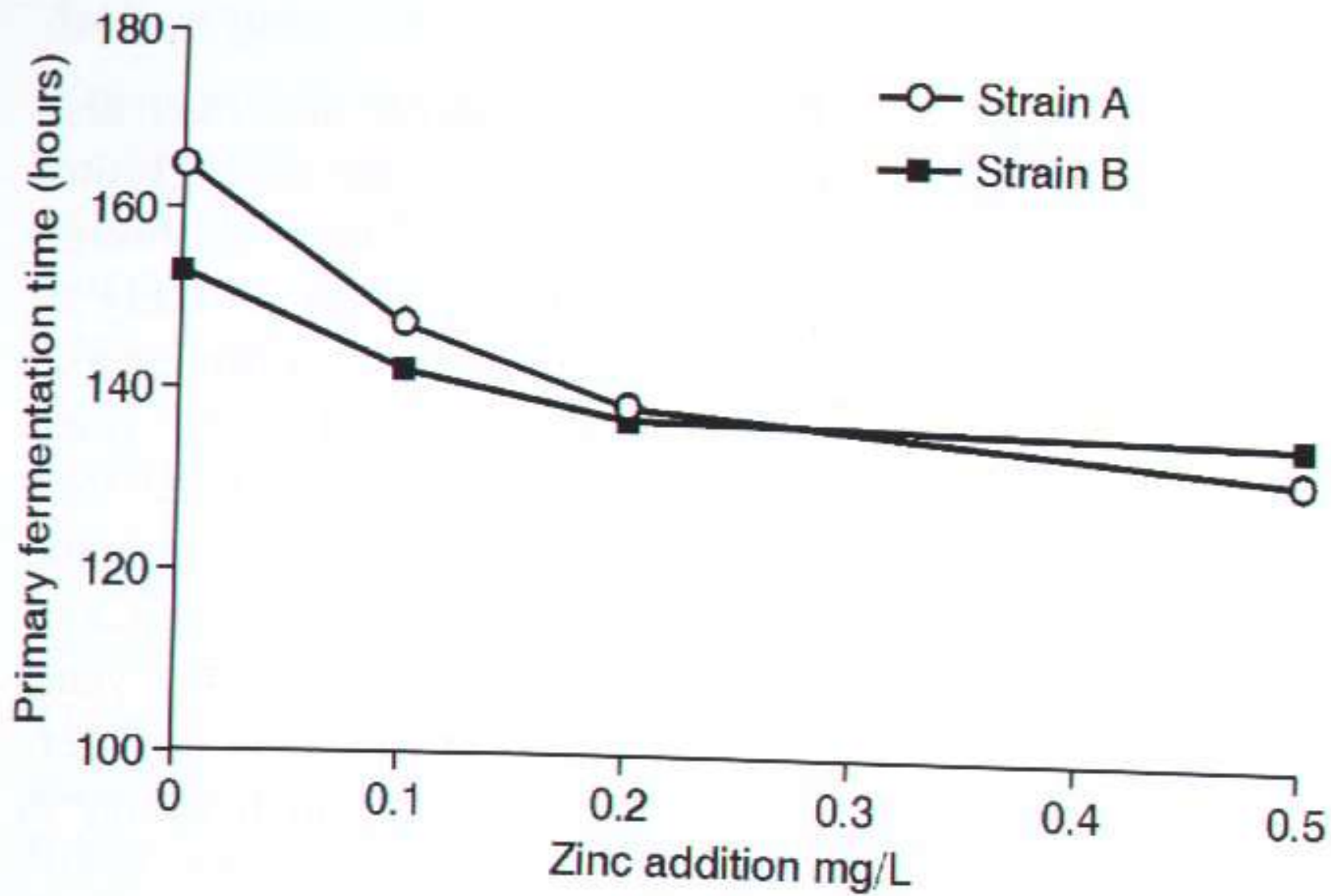
Relação Sulfato x cloreto

Pale Ales	2:1 até 3:1
Lagers	1:1
Stout	Preferência pelo Cloreto

Zinco



- Co-fator enzimático de diversas enzimas do metabolismo de leveduras.
- Valores ótimos entre 0,1 e 0,5 ppm
- Concentrações acima de 0,5 ppm podem acarretar super atividade da levedura com formação de off flavors (alcoois superiores/esteres)
- Acima de 5 ppm pode causar aparecimento de sabor adstringente



Obrigado!



José Gonçalves Antunes
jose.antunes@agraria.com.br
Whatsapp: 42 99973-7841