

ação oxidante das sulfobactérias ou pela hidrólise de sais minerais de metais, não tendo importância no caso de piscinas.

A importância da acidez carbônica nas águas de piscinas está vinculada a problemas de corrosão e ao crescimento de algas, que será explicado mais à frente.

O Quadro 2, apresenta a porcentagem da concentração de H_2CO_3 e HCO_3^- com relação pH, sendo também a mesma relação representada na Figura 1.

QUADRO 2- Porcentagem da concentração de H_2CO_3 e HCO_3^- com relação ao pH.

pH	% H_2CO_3	% HCO_3^-
4,3559	99	1
5,0728	95	5
5,3973	90	10
5,5982	85	15
5,7495	80	20
5,9836	70	30
6,1755	60	40
6,3516	50	50
6,5276	40	60
6,7195	30	70
6,9536	20	80
7,1049	15	85
7,3058	10	90
7,6303	5	95
8,3472	1	99

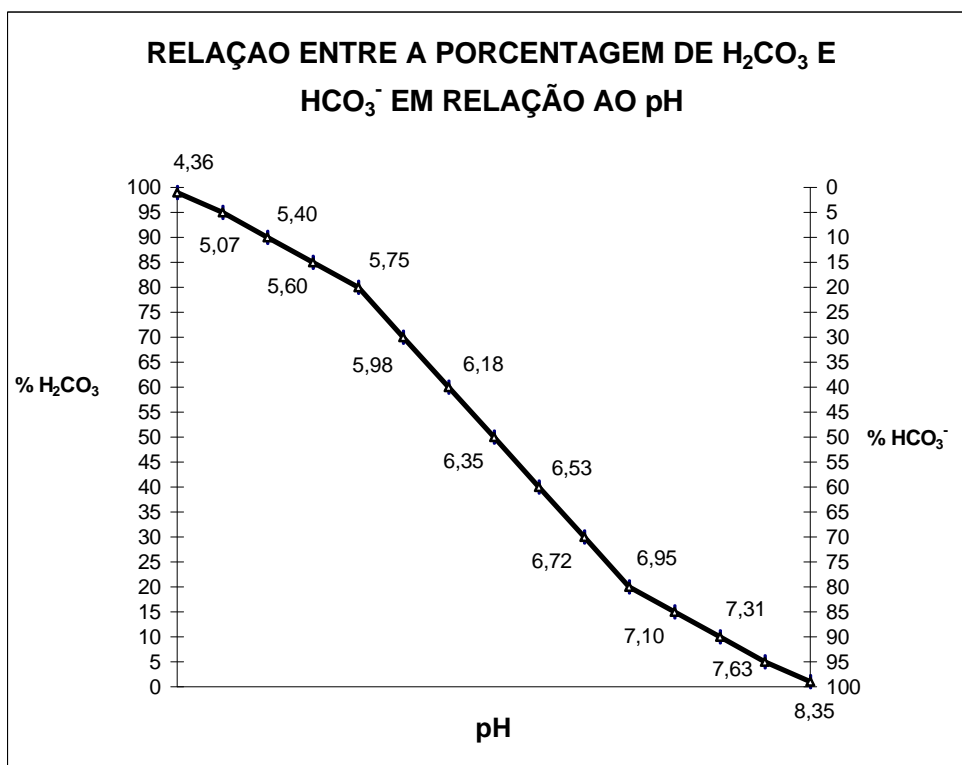


FIGURA1- Gráfico representativo da porcentagem de H_2CO_3 e HCO_3^- em relação ao pH.

A referência bibliográfica indica que a faixa ideal de alcalinidade para piscinas depende do tipo de derivado clorado que está sendo utilizado, Quadro 3.

QUADRO 3- Nível de alcalinidade a bicarbonato em função do derivado clorado.

Derivado Clorado	Concentração da alcalinidade a bicarbonato (HCO ₃ ⁻) (mg.L ⁻¹)
Hipoclorito de cálcio	80 – 120
Hipoclorito de sódio	120 – 150
Cloro gás	130 – 200
Isocianuratos	
- Dicloroisocianurato de sódio	100 - 200
- Ácido tricloroisocianúrico	

Fonte: HTH, 2003.

A concentração acima de 200 mg.L⁻¹ de alcalinidade a bicarbonatos na água resulta em crostas (incrustações) nas superfícies dos acessórios da piscina em contato com a água, principalmente, se a água utilizada no enchimento da piscina se caracterizar como uma água dura (concentração alta dos íons de cálcio e magnésio), segundo WQHS (2003).

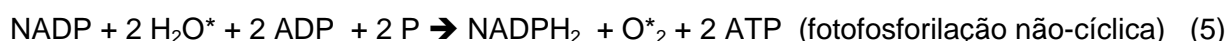
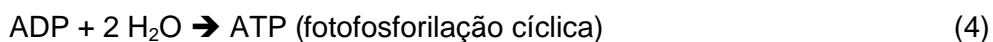
Entendo que, a variação de 80 a 120 mg.L⁻¹ para os níveis de alcalinidade a bicarbonato, utilizado nas piscinas do Brasil satisfaz aos requisitos de uma água de qualidade. Deve-se ressaltar que, em função da temperatura média do Brasil, e que a temperatura é um fator que influencia na transformação da dureza temporária em dureza permanente, o nível máximo de concentração de alcalinidade a bicarbonatos deve ser de 150 mg.L⁻¹ e não de 200 mg.L⁻¹ (MACÊDO, 2000).

Para ajustar a alcalinidade adicione na água da piscina bicarbonato de sódio (NaHCO₃) não utilize carbonato de sódio (Na₂CO₃), pois o carbonato de sódio somente aumentar o pH e não contribuirá para o aumento da alcalinidade a “bicarbonato”.

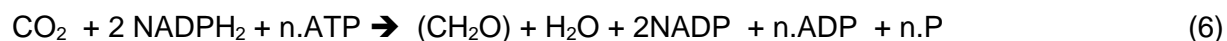
II. Algas

As algas constituem um grupo de organismos aquáticos unicelulares ou pluricelulares, móveis ou imóveis, dotados de pigmentos fotossintéticos, denominados “clorofilas”, foram isoladas cinco clorofilas mas apenas uma, a clorofila “a”, é comum a todos os grupos algais. Através das clorofilas, elas têm capacidade de produzir oxigênio, absorvendo a energia solar e convertendo-a em calor e energia química (UEHARA e VIDAL, 1989).

A fotossíntese pode ser dividida em três estágios, representados pelas equações 4, 5 e 6 (ROUND, 1983).



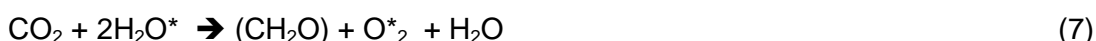
A assimilação de gás carbônico, no escuro, terceiro estágio, utilizando a energia e o poder redutor do ATP e do NADPH₂ formados no segundo estágio, é representada pela seguinte equação:



Legenda para as equações 4, 5, 6:

ATP = Adenosina trifosfato
ADT = Adenosina difosfato
ADP = Adenosina difosfato
NADP = Nicotinamida-adenina-dinucleotídeo
NADPH₂ = Forma reduzida de nicotinamida-adenina-dinucleotídeo

A equação que resume o processo de fotossíntese, conhecida como equação básica da fotossíntese é apresentada na equação 7.

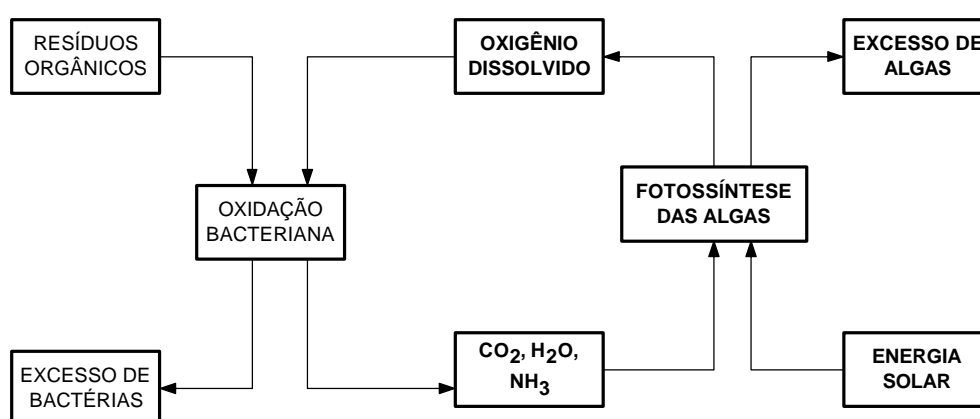


Em geral, algas têm duas funções no meio aquático: **i)** produção de oxigênio para a realização dos processos de decomposição aeróbios da matéria orgânica e para a manutenção de condições aeróbias no meio aquático; **ii)** remoção de nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo e carbono, para satisfazer suas próprias necessidades nutricionais (UEHARA e VIDAL, 1989).

Outro efeito indireto proporcionado pelas algas decorre do consumo de dióxido de carbono (CO₂), que pode ser originário de duas fontes: **i)** como subproduto da respiração de bactérias, e **ii)** proveniente dos bicarbonatos do meio, ou seja, as algas reduzem a concentração da alcalinidade a bicarbonato do meio aquático.

No caso de piscinas, a redução da alcalinidade a bicarbonatos modifica o equilíbrio gás carbônico-bicarbonato, equação 2. O equilíbrio é deslocado para o lado do gás carbônico. Com a maior formação de CO₂, **inicialmente** o pH sofrerá uma redução, com o consumo do CO₂ pelas algas e a sua perda para o ambiente o pH tende a subir.

A maior presença de CO₂ disponível, logicamente com a redução da alcalinidade a bicarbonatos leva a um processo denominado eclosão de algas, crescimento exagerado, este processo torna a água esverdeada, Figura 2.



Fonte: UEHARA e VIDAL, 1989.

FIGURA 2- Representação esquemática de simbiose que ocorre nas zonas fóticas.

As algas verdes são particularmente significantes para as piscinas e se destacam também porque as plantas são derivadas de um ancestral que, se ainda fosse vivo, seria classificado como alga verde. A variação de tamanho é também uma característica para as algas, sendo encontrada uma alga verde que é minúscula até algas pardas de 30 metros de comprimento conhecidas como *kelps* (RAVEN, EVERT e EICHHORN, 2001).

Dentro da classificação dos seres vivos em categorias taxonômicas a categoria taxonômica de classes iguais, chama-se Filo. O Filo das algas verdes denomina-se *Chlorophyta*, tem 17.000 espécies, tem como pigmentos fotossintetizantes Clorofilas “a” e “b”, carotenóides. Dentro deste Filo das algas verdes existem as classes *Chlorophyceae*, *Ulvophyceae* e *Charophyceae* (RAVEN, EVERT e EICHHORN, 2001), 90% das algas verdes vivem na água doce.

As *Chlorophyceae*, **clorofíceas** (do gr. *khloros*, ‘verde’; *phycon*, ‘alga’) ou **clorófitas** (do gr. *phyton*, ‘vegetal’), são as algas mais comuns, ocorrendo vastamente em água doce e do mar, mas também em ambientes terrestres úmidos, sobre troncos de árvores e associadas a fungos, formando uma estrutura mutualística denominada **líquen** (COGNOSCERE, 2003).

Podem ser unicelulares ou pluricelulares, coloniais ou de vida livre. Possuem, como já citado, clorofilas “a” e “b”, carotenos e xantofilas. São verdes justamente pelo fato da clorofila predominar em relação aos demais pigmentos. Apresentam o amido como reserva. Tais características aproximam as clorófitas dos vegetais terrestres (intermediários e superiores), sendo sustentada a hipótese da evolução dessas plantas a partir das algas verdes, como já citado (COGNOSCERE, 2003).

As algas verdes unicelulares podem na maioria das vezes reproduzir-se rapidamente, logo a mudança de cor da água da piscina para verde ocorre também de maneira rápida, pesquisa realizada com alga verde da espécie *Chlorella*, mostra que a absorção de CO₂ no escuro, precedida de iluminação, consome apenas 60 s (1 minuto) (UEHARA e VIDAL, 1989). A reprodução rápida também recebe o nome de “estoiro” e alguns autores chamam de “bloom” de algas (MEIO AMBIENTE, 2003).

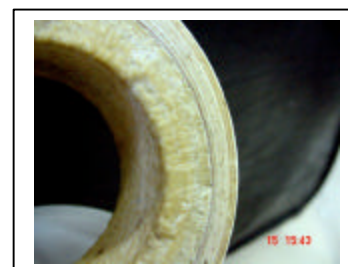
Em águas de piscinas a presença de algas altera a aparência estética e aumenta a turbidez.

Outro fator que facilita a chamada eclosão de algas é a presença de íons cálcio que desempenham indubitavelmente um papel importante nas membranas citoplasmáticas e nas estruturas das paredes celulares. Ressalta-se que o requisito de cálcio de muitas espécies é consideravelmente pequeno (ROUND, 1985). Logo, o uso de produtos a base de cálcio, com certeza, facilitam o crescimento de algas

III) Incrustações calcáreas e potencial de corrosividade

A tendência da água de formar incrustações calcáreas e o seu oposto o potencial de corrosividade, são duas características importantes que podem ser avaliadas pelo ÍNDICE DE SATURAÇÃO (IS) ou ÍNDICE DE LANGELIER (IDEGIS, 2003; DUARTE, 2002; HANNAINST, 2003). O cálculo de IS leva em consideração cinco fatores o pH, alcalinidade a bicarbonatos, dureza cálcica, temperatura e sólidos totais dissolvidos. O índice de saturação foi desenvolvido pelo Dr. Wilfred Langelier (HANNAINST, 2003).

O valor “12,1” da fórmula, está relacionado com a concentração de TDS (sólidos totais dissolvidos) que na maioria das piscinas está em um máximo de até 1000 mg.L⁻¹ (OSINSKI, 2003; CCHD, 2001; PESTED, 2003). Existe referência que considera o TDS, no caso de piscinas, com valores acima de 1000 mg.L⁻¹ como causa de corrosão (POOLANDSPA, 2003). Os valores de A, D, T e fator do TDS, estão disponíveis no Quadro 4.



Incrustação em tubulação de piscina tratada com Hipoclorito de Cálcio.

$$\text{ÍNDICE DE SATURAÇÃO (IS)} = \text{pH} + \text{A} + \text{D} + \text{T} - 12.1$$

Onde:

A = fator referente à alcalinidade

D = fator referente à dureza
 T= fator referente à temperatura
 12,1 = Constante de ajuste para TDS

De acordo com o resultado encontrado para o IS, consideramos:

Água estabilizada (I.S. = 0)

Água com tendência corrosiva (I.S. < 0)

Água com tendência a formar incrustações calcáreas (I.S. > 0)

Considera-se que resultados para IS entre -0,3 e +0,3 como ótimo e valores entre -0,5 e +0,5 como aceitáveis (IDEGIS, 2003).

QUADRO 4 – Valores para as variáveis D, A, T e Fator TDS para cálculo do Índice de Langelier.

DUREZA		ALCALINIDADE A BICARBONATOS (HCO ₃ ⁻)		TEMPERATURA		FATOR TDS	
ppm (mg.L ⁻¹)	D	ppm (mg.L ⁻¹)	A	°C	T	ppm (mg.L ⁻¹)	Fator
5	0,3	5	0,7	0	0,0	0	12
25	1	25	1,4	3	0,1	1000	12,1
50	1,3	50	1,7	8	0,2	2000	12,2
75	1,5	75	1,9	12	0,3	3000	12,25
100	1,6	100	2,0	15	0,4	4000	12,3
125	1,7	125	2,1	19	0,5	5000	12,35
150	1,8	150	2,2	24	0,6	6000	12,4
200	1,9	200	2,3	29	0,7	10000	12,45
250	2,0	250	2,4	34	0,8	25000	12,5
300	2,1	300	2,5	40	0,9		
400	2,2	400	2,6	53	1,0		
800	2,5	800	2,9				
1000	2,6	1000	3,0				

Fonte: Adaptado de IDEGIS, 2003; Adaptado de HANNAINST2003; Adaptado de OSINSKI, 2003; Adaptado de CCHD, 2001; Adaptado de НТН, 2003.

Outro fator que deve ser explicado é a “dureza”; a dureza na água pode ser classificada em dois tipos a **dureza temporária** e a **dureza permanente** (MACÊDO, 2000; MACÊDO, 2001). A responsabilidade pelos níveis de dureza da água é somente dos íons **de cálcio e magnésio**, eles **são os únicos responsáveis** pela presença da dureza. Os resultados da presença excessiva da dureza são incrustações, entupimento de filtros, etc.

A definição indica que a dureza é o conteúdo de sais de cálcio e magnésio dissolvidos na água e se expressa o resultado da avaliação da dureza em mg.L⁻¹ (ppm) de carbonato de cálcio (HANNAINST, 2003). A dureza ideal oscila entre 200 a 400 ppm, alguns autores indicam um valor mínimo de 150 ppm.

O uso de produtos a base de cálcio aumentam a probabilidade da formação de incrustações em piscinas em função de aumentar a dureza do cálcio ou cálcica.

Para redução da “Dureza do Cálcio”, no caso dela estar alta, **deve-se escoar parcialmente** a água da piscina e abastecê-la novamente com água nova, até que a dureza do cálcio atinja o limite desejado (НТН, 2003a).

BIBLIOGRAFIA

COGNOSCERE. **Algas verdes.** Disponível em: <<http://www.cognoscere.hpg.ig.com.br/biologia/clorofitas.html>> Acesso em 25 de Fevereiro de 2003.

ANDRADE, N. J., MACÊDO, J. A. B., **Análises físico-químicas e microbiológicas de águas, detergentes e sanificantes.** Viçosa-MG: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 69p., 1994.

ANDRADE, N. J., MACÊDO, J. A. B., **Controle e tratamento da água na indústria de alimentos (Redação Preliminar).** Viçosa-MG: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 117p., 1993.

ANDRADE, N. J., MARTYN, M. E. L., **A água na indústria de alimentos.** Viçosa- MG: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 38p., 1993.

CCHD - Collier County Health Department. **Swimming Pool Operators Manual.** April Pool Operators Manual, 29p. 2001.

DUARTE, R. R. Equilíbrio químico da água. **Revista Piscinas & Churrasqueiras.** p.8-9, 5 de Agosto 2002.

IDEGIS. **Fundamentos sobre la Quimica del tratamiento del agua de piscina.** Disponível em: <<http://www.idegis.org/Cell98.htm>> Acesso em 25 de Fevereiro de 2003.

HANNAINST. **Importancia del Control Químico de Piscinas.** Disponível em: <http://www.hannainst.cl/viewfull.cfm?ObjectID=2> Acesso em 28 de Fevereiro de 2003.

HTH. **Public Pool – Glossary. Langelier Saturation Index** Disponível em: <http://www.hth.co.uk/no2/pools/glossary.htm#langelier>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2003.

HTH. **Dureza de Cálcio.** Disponível em: <http://www.hth.com.br/web_site/duvidas_frequentes/index.htm> Acesso em 27 de fevereiro de 2003a.

MACÊDO, J. A. B., **Determinação de Trihalometanos em Águas de Abastecimento Público e Indústria de Alimentos.** Viçosa, MG. 90p. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

MACÊDO, J. A. B., **Águas & Águas.** Belo Horizonte: ORTFOFARMA, 505p. 2000.

MACÊDO, J. A. B. **Introdução a Química Ambiental (Química & Meio Ambiente & Sociedade).** Belo Horizonte: CRQ-MG., 487p., 2002.

MACÊDO, J. A. B. **Sistema especialista para controle e tratamento de água na indústria de alimentos.** Vicoso, MG. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos Laboratoriais de Análises Físico-químicas e Microbiológicas.** Juiz de Fora: Quick Press, 302p., 2001.

MEIO AMBIENTE, **Floração de Algas, Bloom de Algas,** Disponível em: <http://www.meioambiente.org.br/beaba/beaba_f.asp> Acesso em 25 de Fevereiro de 2003.

OSINSKI, A. **Pool Tip#43: Langelier Saturation Index**. San Diego: Aquatic Consulting Services. 2003.

PESTED, **Water Chemistry And Pool Water Balance**. Disponível em: <<http://www.pested.msu.edu/BullSlideNews/bulletins/pdf/2621/E2621chap6.pdf>> Acesso em 28 de fevereiro de 2003.

POOLANDSPA. **Useful information for swimming pool and spa bath owners**. Disponível em: <<http://www.poolandspachemicals.co.uk/poolgloss.htm#solids>>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2003.

PPOA - PROFESSIONAL POOL OPERATORS OF AMERICA. **Tech Talk: What is this Alkalinity? Part II** Disponível em: http://www.ppoa.org/article_alkalinity2.htm. Acesso em 28 de Fevereiro de 2003.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 906p., 2001.

ROUND, F. E. **Biologia das Algas**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A., 262p., 1983.

UEHARA, M. Y., VIDAL, L. W. **Operação e manutenção de lagoas anaeróbicas e facultativas**. São Paulo: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 91p., 1989. (Série de Manuais)

WQHS -WATER QUALITY AND HYGIENE STANDARD FOR SWIMMING, DIVING, WATER SLIDE AND PADDLING POOLS. **Other Water Quality Requirements**. Disponível em: <http://www.nt.gov.au/health/healthdev/enviro_n_health/environmental/legislation/poolah.shtml#summary>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2003.