

TRATAMENTO DE PISCINAS COM OZÔNIO

***DETERMINAÇÃO DO PONTO ÓTIMO OPERACIONAL
PARA UTILIZAÇÃO SIMULTÂNEA DE OZONIZAÇÃO E CLORAÇÃO.***

LUIZ ALBERTO CAMARGO BALLIO
Químico CRQ-IV-04205215-
consultor em tratamento de água.
ballio@bignet.com.br

**Trabalho desenvolvido na FÓRMULA ACADEMIA,
Unidade Morumbi, operando com ozonizador da
PANOZON.**

Síntese:

O presente trabalho visa o estudo do sistema CL(cloro)-CLO(hipoclorito)-HClO(ácido hipocloroso) em presença de O₃ (Ozônio), tendo em vista o teor de cloro combinado (cloraminas), no tratamento de água de piscinas bem como o consumo de cloro.

O trabalho foi fundamentado nos dados cinéticos das reações envolvendo ozônio com CL(cloro), CLO(hipoclorito), HClO(ácido hipocloroso) e com compostos amoniados (cloraminas) em conformidade com o trabalho apresentado por Werner R. Haag e Jurg Hoigné sobre a cinética das reações de ozonização de água contendo cloro livre e cloraminas (Swiss Federal Institute for Water Resources and Water Pollution Control) e Azevedo Netto (1962-Tratamento de Água de Abastecimento) referente à porcentagem de dissociação no sistema CL, CLO e HOCL em função do pH.

Verificou-se através de dados obtidos em piscina de 400000 litros, que a utilização de ozônio não estava reduzindo de maneira satisfatória compostos amoniados (cloraminas) e que o consumo de cloro estava muito elevado.

A utilização na prática destes parâmetros resultou na redução das cloraminas e do excessivo consumo de cloro.

Na realidade o trabalho permite:

- A visualização do ponto ótimo operacional para piscinas utilizando ozônio,
- A diminuição das perdas de cloro e,
- A redução de compostos amoniados.

Introdução:

A utilização de ozônio na piscina de 400.000 L da unidade Morumbi da Formula Academia, no início das operações, estava apresentando um consumo de cloro mais elevado do que o verificado em outras quatro piscinas da mesma empresa, de tamanho similar, todas tratadas com ozônio.

Além do problema do consumo excessivo de cloro, constatou-se que o teor de cloro combinado apresentava-se sistematicamente acima dos valores encontrados nas outras piscinas: Normalmente os valores de cloro combinado variam entre 0 a 0,4 ppm, e no caso da piscina da unidade Morumbi o teor de cloro combinado encontrava-se entre 0,7 a 1,2.

Desenvolvimento do trabalho:

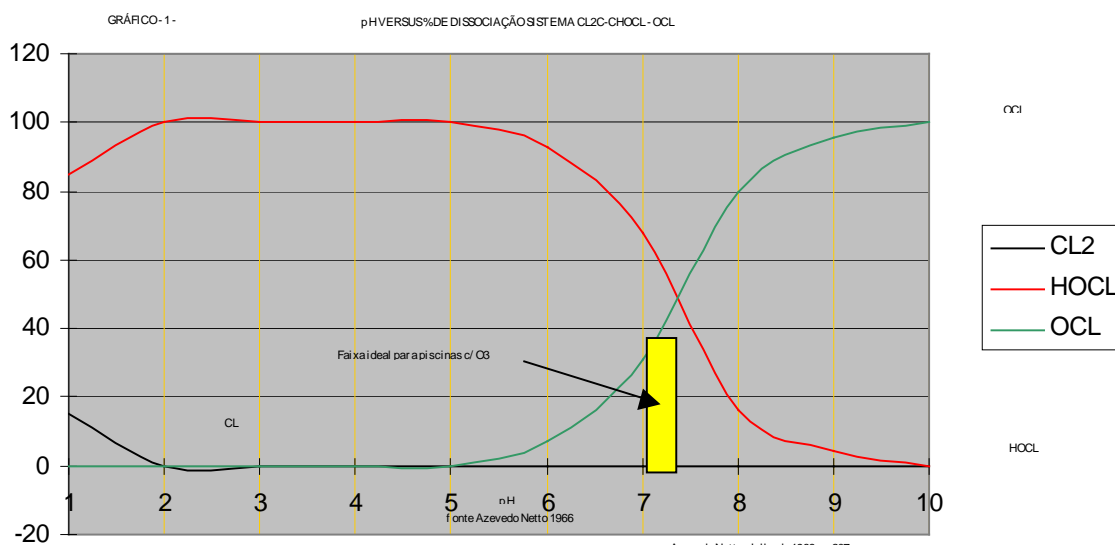
Tendo em vista os problemas relatados, após reuniões com o fabricante do equipamento, foi efetuada pesquisa bibliográfica, que resultou na aplicação prática de um dos trabalhos fornecidos pela Panozon, que uma vez aplicado juntamente com as curvas de dissociação do sistema CL(cloro)-CLO(hipoclorito)-HOCL(ácido hipocloroso), permitiram a visualização da faixa operacional mais adequada para a piscina.

Deve-se ressaltar que a qualidade da água de reposição fornecida pelo Shopping apresentava sistematicamente problemas com o p H, resultando em valores entre 7,7 a 7,9.

As correções do p H foram efetuadas mediante a adição de CO₂ (gás carbônico).

A interpretação dos dados cinéticos envolvendo CL, CLO, HCLO, NH₄ e cloraminas constantes no trabalho de Haag e Hoignet, associado à tabela de dissociação do sistema CL-CLO-HOCL do livro de Azevedo Netto, permitiu a visualização do “ponto ótimo operacional”:

Os dados da dissociação do sistema CL-CLO-HOCL podem ser observados no, **GRÁFICO -1-**



Pelo gráfico 1 e tabela 2 observa-se que:

Com o aumento do p H o teor de ácido hipocloroso (HCLO) diminui, e a quantidade de hipoclorito (CLO) aumenta.

O nosso objetivo é a maior presença de ácido hipocloroso (porquê quase não reage com o ozônio, vide tabela 1).

Observamos também que para conseguir uma maior quantidade de ácido hipocloroso **dentro da faixa de p H operacional para piscinas**, o ideal seria operar na faixa amarela mostrada no gráfico 1.

A região demarcada no gráfico 1 representa o ponto de menor teor de hipoclorito (CLO) possível, dentro das condições operacionais recomendadas para piscinas.

Pelo trabalho de Haag e Hoignet, uma menor presença de hipoclorito (CLO) nesta região, resulta em menores perdas de cloro durante a ozonização, pois haverá maior presença de ácido hipocloroso que praticamente não reage com o ozônio (e menor presença de hipoclorito).

Como vimos, o trabalho está fundamentado na elevada reatividade do CLO (hipoclorito) com o ozônio e a baixíssima reatividade do ozônio com o HCLO (ácido hipocloroso), além das lentas reações com monocloramias e amônia, conforme podemos observar na TABELA-1 abaixo:

Tabela 1:

Hipoclorito CLO **p H > 8** **120 M -1s-1 @ 20° C**

Monocloramina NH₂CL **qualquer p H** **26 M-1 s-1**

Dicloramina NHCL₂ **qualquer p H** **1,3 M-1 s-1**

Ácido hipocloroso HCLO **(praticamente não reage com ozônio).**

Fonte: Werner R. Haag and Jurg Hoigné.

Os dados acima foram utilizados em quatro simulações considerando-se a taxa de reatividade do ozônio com OCL, HOCL e NH₂CL com base no trabalho de Haag e Hoignet, além das curvas de dissociação do HCLO e CLO com base nos dados de Azevedo Netto, variando o p H nos seguintes valores: 9,0 – 7,9 – 7,5 – 7,0 apresentados na seqüência:

GRÁFICO-2-p H 9,0

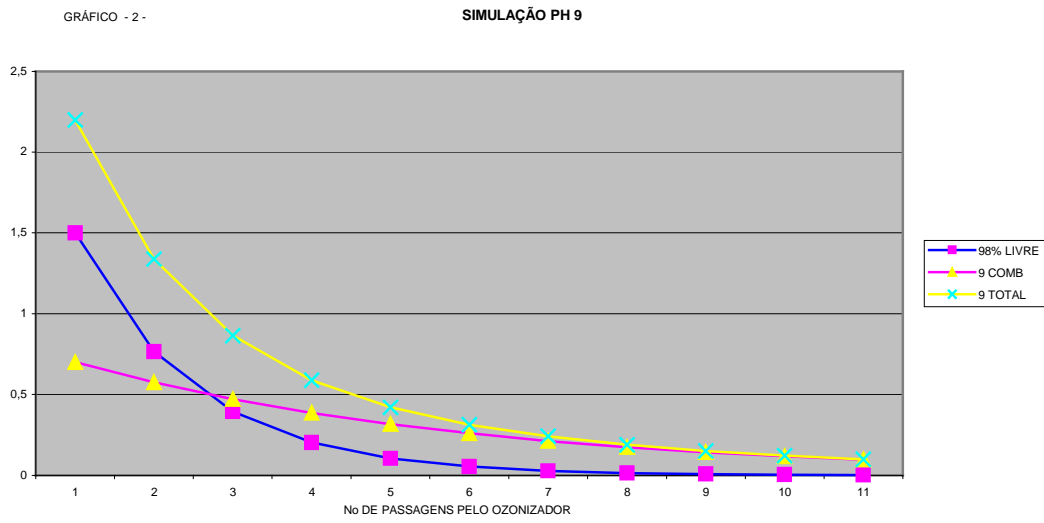


GRÁFICO-3-p H 7,9

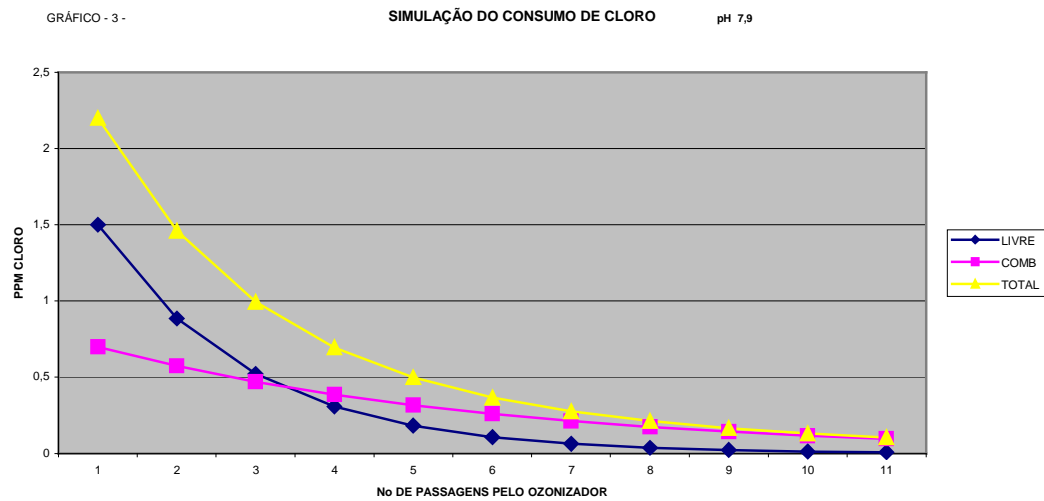


GRÁFICO-4-p H -7,5

GRÁFICO-4-

simulação @ ph 7,5

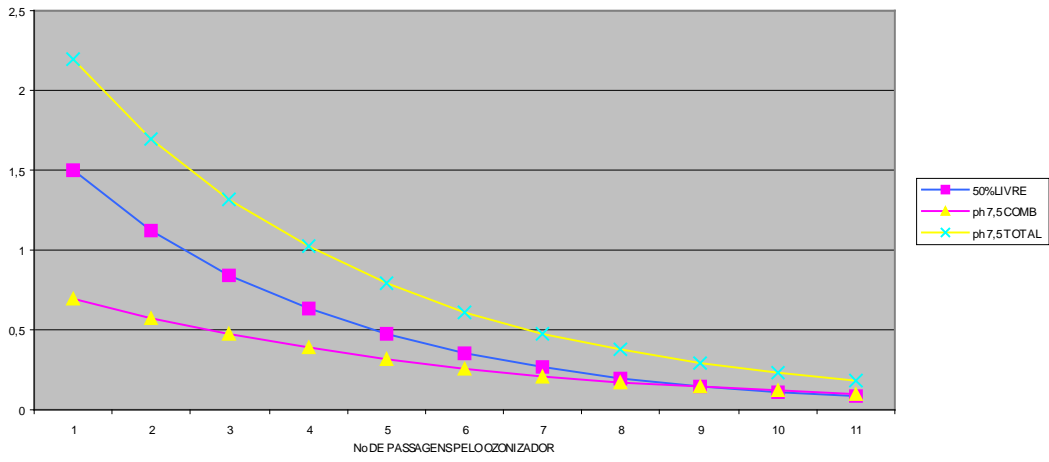
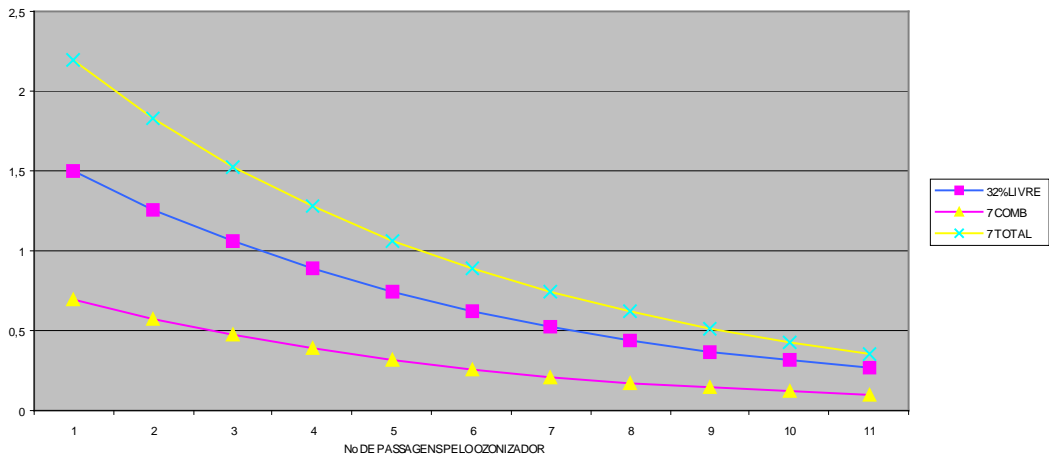


GRÁFICO-5-p H 7,0

GRÁFICO-5-

SIMULAÇÃO PH 7,0



Como ponto de partida para estas simulações foi considerada uma composição teórica de uma água de piscina com a seguinte análise:

Cloro livre: 1,5 ppm
Cloro total: 2,2 ppm
Cloro combinado: 0,7 ppm

A construção das curvas de simulação foi baseada na porcentagem de dissociação apresentado no GRÁFICO -1- tabela 2, com os dados de Azevedo Netto, obtidos por interpolação dos dados para cada nível de p H. (Gráfico 1).

A taxa de perdas foi considerada com base no trabalho de Haag e Hignet sobre a qual foi aplicada a % de OCL dissociada obtida no gráfico 1 em função do p H considerado.

Para as perdas do cloro (como CLO) foi aplicada a taxa de 82% por passagem no ozonizador e o cloro combinado (cloraminas) com 18% de perdas por passagem.

Tabela 2: % DE DISSOCIAÇÃO DO CL₂ –HOCL E OCL (em função do p H)

p H	CL₂	HOCL	OCL
1	15	85	0
2	0,1	99,9	0
5	0	100	0
6,4	0	92,5	7,5
7,2	0	67	33
8,4	0	14,5	85,5
9	0	4,2	95,8

fonte: José M.de Azevedo Netto. "Tratamento de Águas de Abastecimento"
Editora da Universidade de São Paulo-1966-pg 207

Observando os gráficos obtidos nestas simulações (gráficos 2, 3, 4 e 5), comprovamos a tendência da redução das perdas de cloro e cloro residual, em função da redução do p H.

Assim sendo, foi elaborado um programa de trabalho objetivando a comprovação NA PRÁTICA dos dados obtidos nas simulações apresentadas:

Metodologia:

As determinações de cloro livre, total e combinado foram efetuadas utilizando-se o método analítico do “Standard Methods DPD” La Motte com comparação colorimétrica .

As determinações do p H foram efetuadas pelo método colorimétrico do vermelho de fenol, previamente apassivado com solução de tiosulfato de sódio @ 1%.

Durante todo o teste a piscina permaneceu balanceada com índice de Langelier mantido entre -0,08 a + 0,28.

Nota: Demais parâmetros analíticos foram:

N-NH₄: Método colorimétrico Nessler.

N-NO₃: Método colorimétrico La Motte.

Alcalinidade total: Método titulométrico La Motte.

Condutividade: Condutivímetro.

Cloretos: Método titulométrico de Mhor.

OBS:

1- Todas as análises de cloro (livre, total e combinado) além do p H foram efetuadas LOGO APÓS A AMOSTRAGEM.

2-A correção do p H na piscina foi efetuada sempre COM A UTILIZAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO (CO₂).

3-A dosagem de cloro foi efetuada mediante bomba dosadora com sensor de ORP regulada em 750 mv.

4-O cloro utilizado foi o cloro granulado – 60% -.

5-Os testes foram efetuados durante os meses de Abril, Maio e início de Junho, isto é, estando a piscina com utilização e frequência normal.

Resultados obtidos:

Os fundamentos teóricos apresentados foram comprovados nos testes práticos.

Os resultados obtidos com a ozonização funcionando 24 horas por dia, em piscina de 400 m³ aquecida a 29,5 C° e teor de cloro livre mantido entre 1,2 a 1,8 ppm por bomba dosadora com sensor de ORP regulado em 750 mv, foi os seguintes:

a-Com o pH entre 7,7 a 7,9 ,o consumo de cloro oscilou entre : 1500 a 1920 gramas por dia.

O teor de cloro combinado (cloraminas) variou de 0,5 a 0,8 ppm.

b-Com o p H entre 7,4 a 7,7,o consumo de cloro oscilou entre : 600 a 1500 gramas por dia .

O teor de cloro combinado (cloraminas) variou de 0 a 0,5 ppm

c-O teor de nitratos e cloretos evoluiu sistematicamente na água da piscina desde que foi implantado o sistema de ozonização de acordo com as reações entre o ozônio, cloraminas e o cloro apresentadas no trabalho de Haag e Hoignet e outros:



Teor de nitrogênio nítrico antes do início da ozonização: 1 ppm (4,4 ppm como nitratos)

Teor de nitrogênio nítrico atual : 5 ppm (22 ppm como nitratos).

Teor de cloretos antes do início da ozonização: 72 ppm

Teor de cloretos após a ozonização : 370 ppm

Nota: Como utilizamos CO₂ para correção do p H, conseqüentemente não adicionamos sólidos dissolvidos à base de cloretos ou sulfatos na água da piscina, assim sendo não ocorreu aumento significativo na condutividade e sólidos dissolvidos na água observando-se apenas o aumento devido à evolução dos teores de nitratos e cloretos.

Também por utilizarmos CO₂, não utilizamos bicarbonato de sódio para a manutenção do balanceamento físico químico da água.

d-Dos resultados obtidos, concluímos que em operações simultâneas de cloração e ozonização, no caso de ETAS (Estações de tratamento de água), o ideal é operar com o p H entre 5 e 6.

No caso de piscinas, devido às características operacionais (limites do p H), o ideal é operar numa faixa o mais próximo possível de 7,2. (FAIXA AMARELA –gráfico 1)

Obs:Lembramos que mesmo para a cloração convencional (sem ozônio), o ideal também é a operação numa faixa mais baixa de p H , uma vez que o HCLO atua de forma mais eficiente nas reações de cloração em p H mais baixo (Azevedo Netto).

ooooooooooooOOOOoooooooooooo

Bibliografia:

-Tratamento de águas de abastecimento.

José M. de Azevedo Netto.-editora da Universidade de São Paulo-1966-

-Ozonation of water containing chlorine or chloramines.

Werner R. Haag and Jürg Hoigné.

-Use of ozone in the threatment of swimming pool water.

Dr.D.Eichels Dörfer.

-Swimming pool water treatment with ozone.

Peter Ensenauer.

-Ozone-Granular actived carbon for disinfection and purification of swimming pool water.

Gerhard E. Kurzman.