

Dinâmica da Cloração da Água

(Breve resumo do trabalho original) (*)

Por *Gordon M. Fair, J. Carrell Morris e Shi Lu Chang*

do Departamento de Engenharia Sanitária, Universidade de Harvard

Os fatores a serem considerados na desinfecção em abastecimentos de água, pelo cloro ou por outros agentes químicos incluem:

1. *A Natureza e o número de Organismos a serem destruídos.*

Organismos:

- a. Bactérias entéricas vegetativas (causadoras de febres tifóides, disenterias e cólera)
- b. Bactérias que formam esporos, tais como o Anthrax
- c. Protozoários (cistos de *Endamoeba Histolytica* causadora da disenteria amebiana)
- d. Vermes (cercarias de *Esquitossoma*)
- e. Virus, (entre os quais o causador da Hepatite infecciosa).

A reação desses organismos ao desinfetante parece ser determinada pela relativa resistência das suas membranas celulares à penetração do desinfetante e pela relativa afinidade química entre as substâncias vitais da célula e o desinfetante.

Geralmente as bactérias vegetativas são destruídas mais facilmente, enquanto que os cistos de amébas e os esporos com maior dificuldade, exigindo concentrações mais elevadas de desinfetante.

Em áreas pobremente saneadas estima-se que o esgoto concentrado contém cerca de 100 bactérias de febre tifoide e 10 cistos de ameba por cm³.

2. *A Natureza e a concentração do agente ou agentes químicos liberados na água a ser desinfetada.*

- (a.) Considerando-se em primeiro lugar o caso da água pura, o cloro e os hipocloritos foram o ácido hipocloroso (HOCl) que ainda pode se dissociar em ions OCl⁻ e H⁺.

(*) Trabalho apresentado à 1.^a Conferência Inter-Americana Regional de Engenharia Sanitária (Junho, 1946).

Os agentes desinfetantes são portanto o ácido hipocloroso (HO Cl) e o ion OCl^- , sendo o primeiro muito mais ativo.

As quantidades relativas presentes, de cada um deles, dependem da constante da ionização e da acidez da solução.

A 20°C as quantidades relativas do ácido hipocloroso e do ion OCl^- variam o pH da água. Para um pH igual a 5 haverá apenas ácido hipocloroso; à medida que o pH se eleva a sua quantidade decresce, elevando-se a do ion OCl^- que atinge a 100 % com o pH igual a 11.

Por isso, para destruir cistos de ameba em um certo período de contacto são necessários residuais relativamente pequenos de cloro quando o pH fôr inferior a 7 e residuais muito maiores para pH elevados. Dados experimentais mostram que a eficiência cisticida relativa do ion OCl^- é apenas de 0,3 % da eficiência do ácido hipocloroso, para um período de contacto de 30 minutos.

O pH tem uma influência semelhante quando se consideram eficiências na destruição de esporos de Anthrax e de E. Coli.

(b.) No caso das águas naturais mais comuns duas reações secundárias podem ocorrer com o ácido hipocloroso, que poderão exigir doses mais elevadas de desinfetante. São elas:

1. Reações com substâncias oxidáveis orgânicas ou inorgânicas, que reduzem o ácido hipocloroso e cloretos inefetivos.
2. Reações com a amônia ou com substâncias orgânicas nitrogenosas para formar cloraminas. Essas reações não causam diminuição no cloro titulavel mas modificam a natureza do desinfetante e com isso a eficiência da cloração.

As monocloraminas são geralmente menos eficientes e são produzidas em águas de pH elevado.

Os residuais de cloro exigidos para a destruição de cistos de ameba em determinadas condições (de concentração, temperatura e período de contacto) elevam-se com o pH da água.

Experiências vieram mostrar que para períodos de contacto de 30 minutos a dicloramina tem uma eficiência cisticida de cêrca de 60% da eficiência do ácido hipocloroso e as monocloraminas apenas 22%.

Para destruir esporos de anthrax e bactérias entéricas a eficiência da dicloramina é ainda muito inferior à do ácido hipocloroso e as monocloraminas parecem ser muito pouco efetivas.

3. *O período de contáto entre os organismos a serem destruídos e a concentração do agente ou dos agentes desinfetantes liberados na água.*

Para qualquer substância a relação entre o tempo e a concentração geralmente é expressa pela equação:

$$C^n t = k$$

C = concentração
t = tempo de contáto
k = uma constante
n = número positivo

Para valores elevados do expoente n o tempo de destruição varia rapidamente com a concentração. Para valores de n inferiores a 1,0 a concentração será relativamente menos importante do que o período de contáto.

Os valores de n foram determinados para vários organismos.

4. *A temperatura da água a ser desinfetada.*

Como acontece com a grande maioria dos processos, a eficiência dos desinfetantes aumenta com a elevação da temperatura.

Os biólogos em geral indicam essa variação de eficiência em termos do índice " Q_{10} " que exprime a variação geométrica para um aumento de temperatura de 10.°C.

Os valores de Q_{10} são encontrados para os diversos agentes desinfetantes.

5. *Efeitos aditivos de diferentes agentes liberados na água*

Os poderes de destruição desses diferentes agentes parecem ser reciprocamente aditivos.

Tratando-se da desinfecção no caso de cistos de amebas, o número de litros de água que pode ser desinfetada em determinadas condições por uma grama do agente desinfetante, pode ser denominado "constante cisticída" para aquelas condições.

O valor dessa constante foi determinado experimentalmente para várias temperaturas e para vários agentes desinfetantes.

Conhecidas essas constantes para dois agentes desinfetantes pode-se determinar a sua ação combinada (efeito aditivo).

