

O estado da arte: Dicloroisocianurato de sódio pastilhas x Dicloroisocianurato de sódio pastilhas efervescentes para desinfecção de água em caminhões tanques.

Autor:

Jorge Antônio Barros de Macêdo, D.Sc.

Bacharel em Química Tecnológica

j.macedo@terra.com.br // barrosdemacedo@gmail.com

www.jorgemacedo.pro.br

Resumo: O derivado clorado orgânico mais utilizado no processo de desinfecção de água para fins de consumo é o dicloroisocianurato de sódio (DCIS). Essa substância por sua estabilidade, baixa toxicidade, facilidade de manejo tem sido muito utilizado na forma de pastilhas, com e sem efervescência. Uma das utilizações é a desinfecção de água para populações que vivem em regiões de estresse hídrico, como o Nordeste Brasileiro no combate à seca na denominada "Operação Pipa". A água é retirada de um manancial sendo transportada em caminhões tanques. Em algumas situações têm sido utilizadas as pastilhas efervescentes de DCIS para desinfecção, que tem o custo maior que pastilhas que não são efervescentes. A utilização de pastilhas efervescentes nessas condições é desnecessária em função de fatores como turbulência gerada no transporte e custo. A utilização de pastilhas sem efervescência traria a mesma segurança sanitária para desinfecção química da água dos tanques e reduziria o custo de aquisição das pastilhas. Nessa situação o mais importante é o tempo de dissolução da pastilha, que é função da qualidade de seus constituintes, em geral se exige 15 minutos, a não alteração do pH do meio aquoso e concentração mínima de cloro residual livre (CRL). A concentração de CRL após dissolução deve respeitar o Art. 15 inciso IV da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que para o fornecimento de água para consumo humano por meio de veículo transportador deve conter um teor mínimo de 0,5 mg/L. Ressalta ainda o Art. 14 da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que após a desinfecção é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

Palavras chaves: derivado clorado orgânico, dicloroisocianurato de sódio, desinfecção, pastilhas efervescentes, gás carbônico, caminhões tanque.

Abstract: The organic chlorinated derivative most used in the process of disinfection of water for consumption purposes is sodium dichloroisocyanurate (DCIS). This substance because of its stability, low toxicity, ease of handling has been widely used in the form of tablets, with and without effervescence. One of the uses is the disinfection of water for populations living in regions of water stress, such as the Brazilian Northeast in the fight against drought in the so-called "Operation Pipa". Water is drawn from a spring being transported in tank trucks. In some situations the DCIS effervescent tablets have been used for disinfection, which has the greater cost than tablets that are not effervescent. The use of effervescent tablets under these conditions is unnecessary due to factors such as turbulence generated in transport and cost. The use of non-effervescent pellets would provide the same sanitary safety for chemical disinfection of tank water and would reduce the cost of pellet acquisition. In this situation the most important is the dissolution time of the pellet, which is a function of the quality of its constituents, it usually takes 15 minutes, no change in the pH of the aqueous medium and minimum concentration of free residual chlorine (CRL). The concentration of CRL after dissolution must comply with Art. 15, item IV of Ordinance 2914/2011 of the Ministry of Health, which must contain a minimum content of 0.5 mg/L for the supply of water for human consumption by means of a transport vehicle. Also highlighted is Art. 14 of Ordinance 2914/2011 of the Ministry of Health that after disinfection it is mandatory to maintain at least 0.2 mg/L at any point in the distribution network, recommending that chlorination be performed in pH less than 8.0 and minimum contact time of 30 minutes.

Key Words: organic chlorinated derivative, sodium dichloroisocyanurate, disinfection, effervescent tablets, carbon dioxide, tank trucks

i) Utilização dos derivados clorados

O uso de derivados clorados de origem inorgânica, como gás cloro, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio e dos derivados clorados de origem orgânica, cujos principais representantes são o dicloroisocianurato de sódio e o ácido tricloroisocianúrico, tem contribuído para o controle das doenças de origem hídrica e alimentar, no processo de desinfecção de pisos, equipamentos e utensílios em áreas de industriais e de residências e no tratamento de água para abastecimento público (ODLAUG e PFLUG, 1976; LEITÃO, 1976; DYCHDALA, 1977; BLATCHLEY III, 1994; ANDRADE, MACÊDO, 1996; MACÊDO, 2000).

O cloro foi descoberto em 1808 por Sir Humprey Davy e teve as suas propriedades bactericidas demonstradas sob condições de laboratório pelo bacteriologista Koch, em 1881. O uso do cloro foi aprovado pela American Public Health Association (APHA), em 1886, para uso como desinfetante. A partir do início do século XIX, algumas regiões dos

Estados Unidos já utilizavam este agente químico no processo de desinfecção de águas para abastecimento público (CHAMBERS, 1956; MACÊDO, 1996; MACÊDO, 2000).

O uso contínuo do cloro só ocorreu a partir de 1902, na Bélgica, com o chamado refinamento da cloração, isto é, determinação das formas de cloro combinado e livre e a cloração baseada em controles bacteriológicos (MEYER, 1994; LAUBUSCH, 1971).

ii) Tipos de derivados clorados disponíveis no mercado

O Quadro 1 apresenta as estruturas químicas e o teor máximo de matéria ativa dos principais compostos clorados disponíveis no mercado.

Dentre os produtos apresentados o mais utilizado atualmente, em função do custo e da disponibilidade do produto é o hipoclorito de sódio que é o princípio ativo da água sanitária, produto que possui de 2 a 2,5% de teor de matéria ativa. Ressalta-se que o hipoclorito de sódio é líquido e o manuseio do produto requer cuidados especiais para evitarmos perdas, pelo vazamento na tampa do frasco, pelo uso em excesso e do contato da pele com o produto, em função do pH de suas soluções.

Por outro lado, o cloro gás, é de difícil manuseio, exigindo para seu uso, equipamento especial e pessoal bem capacitado. É comercializado na forma líquida, em cilindros de aço, onde se encontra comprimido. Do estado líquido, forma em que é 1,5 vezes mais denso que a água, o cloro reverte-se à forma gasosa quando liberado em condições atmosféricas (ANDRADE, MACÊDO, 1996). Atualmente o cloro gás é utilizado apenas em grandes estações de tratamento de água para abastecimento público.

O hipoclorito de cálcio é utilizado em tratamento de água potável e em piscinas, a presença do íon cálcio facilita o processo de incrustações, como exemplo cito a chamada “água dura”, que em função da presença de cálcio e magnésio provoca incrustações e entupimentos, por exemplo, em chuveiros, em tubulações, etc..., outra característica importante se prende ao fato, de que produtos a base de cálcio tem problemas de solubilidade, ou seja, o nível de sólidos insolúveis do produto é muito alto.

Na década de 70, surgem os chamados derivados clorados orgânicos, denominados à época de “cloraminas orgânicas”, destacando-se o dicloroisocianurato de sódio e o ácido tricloro isocianúrico (DYCHDALA, 1977, DYCHDALA, 1991; ODLAUG e PFLUG, 1976; LEITÃO, 1976; BLATCHLEY III, 1994; BLATCHLEY III e XIE, 1995), a terminologia derivados clorados orgânicos surgiu após a publicação da tese de doutorado de MACEDO (1997).

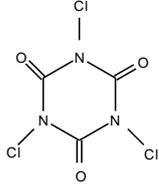
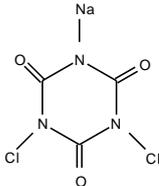
Os compostos clorados orgânicos, cujo uso tem se expandido no Brasil, são produtos de reações do ácido hipocloroso com aminas, iminas, amidas e imidas (DYCHDALA, 1991). Dentre as cloraminas orgânicas destacam-se, como já citado, o ácido tricloroisocianúrico e dicloroisocianurato de sódio e potássio (BAYER, 1999).

Geralmente, os derivados clorados de origem orgânica, são comercializados na forma de pó ou pastilhas, possuem uma maior estabilidade ao armazenamento do que os compostos clorados inorgânicos, por exemplo, os derivados clorados de origem inorgânica possuem um prazo de validade que varia de 3 a 6 meses, chegando a no máximo 1 ano, enquanto os orgânicos, chegam a alcançar um prazo de validade de 3 a 5 anos (HIDROALL, 2000a; HIDROALL, 2000b; LEVER INDUSTRIAL, 1991; LEVER INDUSTRIAL, 1995; BAYER, sd, HTH, 1999; GENCO, 1998). Também são mais estáveis em solução aquosa o que implica numa liberação mais lenta de ácido hipocloroso e conseqüentemente permanecem efetivos por períodos de tempos maiores, mesmo na presença de matéria orgânica.

No aspecto legal os derivados clorados de origem inorgânica possuem um prazo de validade máximo de 4 meses, pois a Resolução RDC nº 77 da ANVISA, de 16 de abril de 2001 (BRASIL, 2001), ressalta que os produtos destinados a desinfecção de água para consumo humano, que contenham como princípio ativo hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio, cujo prazo de validade seja superior a 4 (quatro meses), deverão ser reavaliados quanto a sua eficácia conforme item D.3, que preconiza a avaliação da eficiência frente a *Escherichia coli* e *Enterococcus faecium*, utilizando a metodologia empregada pelo INCQS/FIOCRUZ para desinfetantes para águas de piscinas, no tempo e concentração recomendados no rótulo do produto pelo fabricante.

Para que se possa comparar a estabilidade de derivados clorados, de origens inorgânica e orgânica, o Quadro 2 apresenta os resultados obtidos, em pesquisa realizada por TROLLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTA (2002). A escolha da amostra do dia 22/05/2002 para comparação entre os produtos é função da metodologia utilizada nesta data, que utiliza espectrofotometria, que é mais precisa e exata, sendo indicada no Standard Methods for the Examination of Water and Waster (APHA/AWWA, 1998). Pode-se avaliar pelo Quadro 2, que após 5 horas de contato o cloro gás apresentou uma perda de 72%, hipoclorito de sódio apresentou uma perda de 66%, o hipoclorito de cálcio apresentou uma perda de 59%, enquanto o dicloroisocianurato de sódio 41% do seu princípio ativo; o que comprova a maior estabilidade do derivado clorado orgânico.

QUADRO 1- Estruturas químicas dos principais compostos clorados.

Compostos clorados inorgânicos	Teor (%)	Fórmulas
Hipoclorito de sódio	10-12	NaClO
Hipoclorito de cálcio	64	Ca(ClO) ₂
Gás cloro	100	Cl ₂
Compostos clorados orgânicos		Fórmulas
Ácido tricloro isocianúrico	90	
Dicloro isocianurato de sódio	56 (**) 60 (*)	

** Dihidratado * Anidro

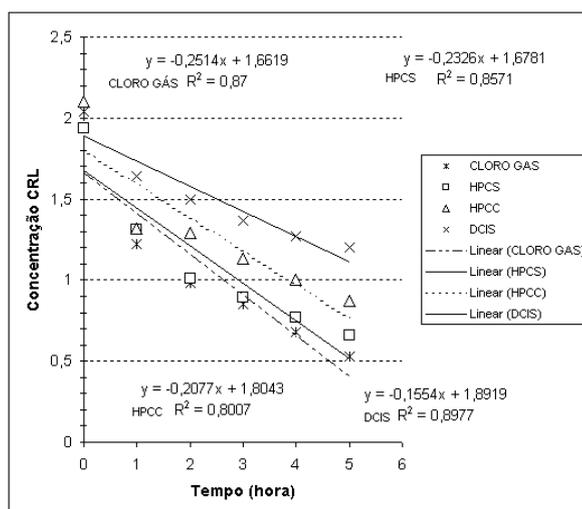
Fonte: Adaptado BLOCK, 1991; Adaptado MACEDO, 1997; Adaptado ANDRADE e MACÊDO, 1996; MACÊDO, 2004; MACEDO, 2007; MACEDO, 2009; Adaptado MAIERÁ, 2000.

QUADRO 2- Avaliação da estabilidade de dois derivados clorados de origem inorgânica (cloro gás, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio) e de origem orgânica (dicloroisocianurato de sódio).

Tempo de contato	Desinfecção da amostra com			
	Cloro gasoso (residual de cloro – mg.L ⁻¹ Cl ₂)	Hipoclorito de Sódio (residual de cloro – mg.L ⁻¹ Cl ₂)	Hipoclorito de cálcio (residual de cloro – mg.L ⁻¹ Cl ₂)	Dicloroisocianurato de sódio (residual de cloro – mg.L ⁻¹ Cl ₂)
	Amostra 22.05.02	Amostra 22.05.02	Amostra 22.05.02	Amostra 22.05.02
Imediato	1,94	1,94	2,10	2,04
Após 1 hora	1,22	1,31	1,32	1,64
Após 2 horas	0,98	1,01	1,29	1,50
Após 3 horas	0,85	0,89	1,13	1,37
Após 4 horas	0,68	0,77	1,00	1,27
Após 5 horas	0,53	0,66	0,87	1,20

Fonte: TROLLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTA, 2002.

Com base nos dados do Quadro 2, traçou-se os gráficos da “Concentração de CRL” versus “Tempo” (Figura 1), depois de plotados os dados, determinou-se reta de ajuste para cada derivado clorado. Com base nas equações das retas de ajuste, se calcula o tempo em que se alcança 0 (zero) ppm de CRL para cada derivado clorado. No tempo de 6,6 horas para o cloro gás, de 7 horas para o hipoclorito de sódio (HPCS), 8 horas para o hipoclorito de cálcio (HPCC) e de 12 horas para o dicloroisocianurato de sódio (DCIS), se alcança o menor nível de CRL. Os resultados mostram que o derivado clorado orgânico é o mais estável, inclusive sua reta de ajuste possui um melhor coeficiente de correlação (R²).



Fonte: Adaptado de MACÊDO; 2004; MACEDO, 2007; MACEDO, 2009.

FIGURA 1- Gráfico representativo da concentração de cloro residual livre (CRL) em função do tempo, para cloro gás, hipoclorito de sódio (HPSCS), hipoclorito de cálcio (HPCC) e dicloroisocianurato de sódio (DCIS).

iii) Dicloroisocianurato de sódio (DCIS)

Atualmente existe no mercado o dicloroisocianurato de sódio na forma de pó e pastilhas, sem efervescência e pastilhas (comprimidos) efervescentes, em diversos tamanhos. O tamanho do comprimido a ser utilizado é em função do volume da solução sanificante a ser preparada e da concentração de cloro residual livre indicada para o processo de desinfecção, a pastilha evita erros na dosagem do teor de matéria ativa e na perda do produto pelo consumo em excesso.

Outra característica que é considerada como vantagem pelo dicloroisocianurato de sódio para seu uso no dia a dia é o pH da sua solução a 1%, que varia de 6,0 a 8,0, enquanto o pH do hipoclorito de sódio e/ou de cálcio varia de 11,0 a 12,5, que é cáustico, o Quadro 3 apresenta os valores do pH para os principais derivados clorados.

Um aspecto importante a ser ressaltado envolve informações sobre a toxicidade dos cloros orgânicos, os dados apresentados no Quadro 4 mostram que os subprodutos da decomposição do dicloroisocianurato de sódio na água, apresentam uma toxicidade menor que o próprio princípio ativo, o motivo desta informação se prende ao fato que surge no mercado talvez por falta de conhecimento científico ou para influenciar a escolha de outro produto, colocações que consideram como de alta a toxicidade os cloros orgânicos (MACÊDO, 2004; MACEDO, 2007; MACEDO, 2009).

Estudo realizado por HAMMOND, BARBEE, INOUE, et al (1986), já relata a baixa toxicidade do cianurato e dos seus derivados clorados e indicam o seu uso no processo de desinfecção de piscinas, participando deste estudo a Monsanto Company, Olin Corporation, Nissan Chemical Ind. Ltd., Shikoku Chemicals Corp., ICI Américas Inc. e FMC Corporation (MACÊDO, 2004; MACEDO, 2007).

Em função da facilidade de manejo, baixa toxicidade, da alta estabilidade e solubilidade o DCIS tem sido muito indicado, na forma de pastilhas, para o processo de desinfecção de água em caminhões tanques que transportam água para comunidades que sofrem com a escassez de recursos hídricos.

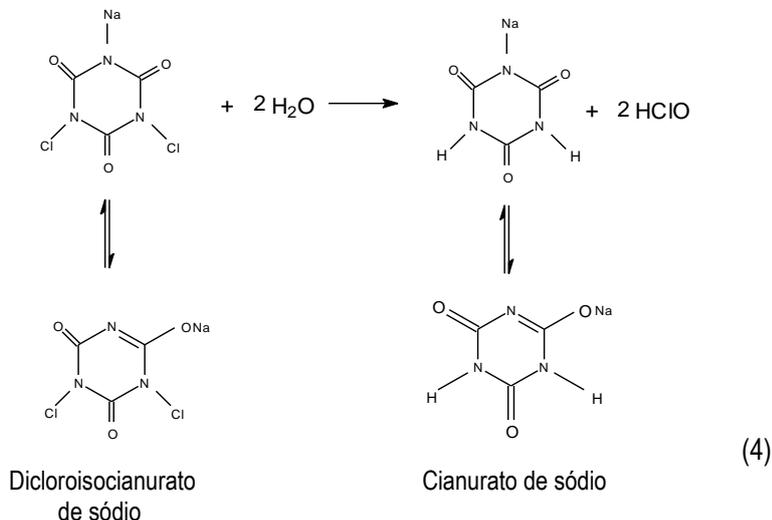
Outro aspecto importante que contribui para o aumento do uso de derivados clorados, de origem orgânica, principalmente o DCIS, é sua característica de não formar trihalometanos (THM) em níveis considerados significativos (MACÊDO, 1997; MACÊDO, 2000; MACÊDO, 2004; MACÊDO, 2007; MACÊDO, 2009).

QUADRO 3- Valor do pH da solução a 1%.

Derivado clorado	pH da solução a 1%
Hipoclorito de sódio	11,5 – 12,5
Hipoclorito de cálcio	10,5 – 11,5
Dicloroisocianurato de sódio	6 – 8
Ácido tricloroisocianúrico	2,7-2,9

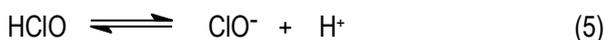
Fonte: HIDROALL, 2000a; HIDROALL, 2000b; HTH, 1999; GENCO, 1998; DYCHDALA, 1991.

Com a relação ao derivado clorado orgânico, no caso o DCIS deve ser ressaltado que a representação por duas estruturas se explica através da produção do referido produto que parte do ácido cianúrico e que pode apresentar duas formas tautoméricas: **i)** a forma enol denominada ácido cianúrico; e **ii)** a forma ceto, o ácido isocianúrico, cuja diferença está na posição de ligação do hidrogênio, que no caso do ácido cianúrico está ligado ao oxigênio e no ácido isocianúrico está ligado ao nitrogênio (CLEARON, 1997; MACÊDO, 2002; MACÊDO, 2004; MACEDO, 2007; MACEDO, 2009). Fizemos a opção de utilizar o nome dicloroisocianurato de sódio em função de que no Brasil todas as empresas apresentam nos seus documentos técnicos a estrutura química na forma com o sódio ligado no nitrogênio.

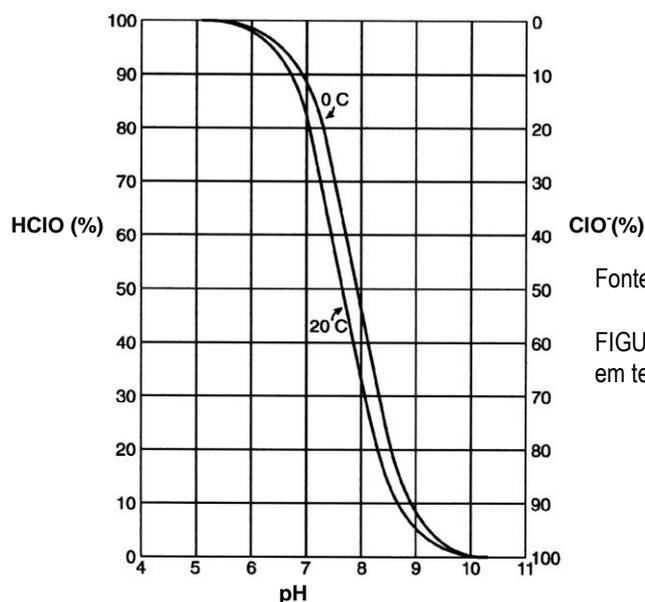


Fonte: MACEDO, 1997; MACEDO, 2003; MACEDO, 2007; MACEDO, 2009.

As ações oxidante e sanificante dos derivados clorados são controladas pelo ácido hipocloroso (HClO), um produto resultante da hidrólise da substância clorada (Equações 1, 2, 3, 4). O HClO e ClO⁻ é denominado de cloro residual livre (CRL) [MACÊDO, 2000; MORRIS (1951) apud WHO (2004); MCPHERSON, 1993] que é a concentração de HClO e ClO⁻ (ion hipoclorito) que é função do pH do meio aquoso.



Portanto, os compostos clorados são efetivos em valores de pH baixos quando a presença de ácido hipocloroso é dominante, ou seja, em pH acima de 9, a concentração de HClO em solução é tão pequena que já não teríamos uma ação sanificante eficiente. A Figura 2 mostra as porcentagens de ácido hipocloroso e hipoclorito em água em função do pH (TCHOBANOGLOUS e BURTON, 1991; RITTMANN, 1997; McPHERSON, 1993).



Fonte: MORRIS (1951) apud WHO (2004), MCPHERSON, 1993.

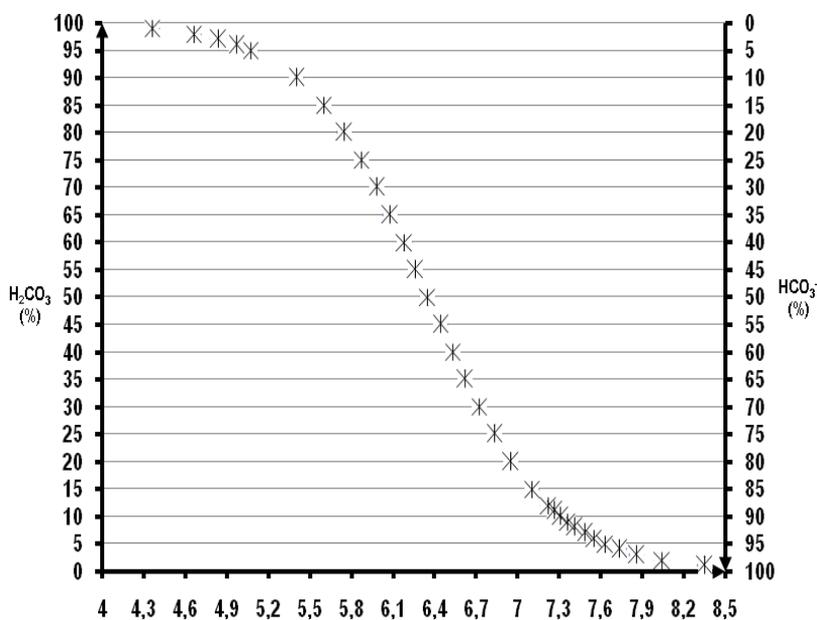
FIGURA 2- Porcentagem de ácido hipocloroso e hipoclorito em água, em temperatura de 20°C, em diferentes valores de pH.

O Quadro 5 apresenta a relação entre a porcentagem de ácido carbônico e de bicarbonato em água em função do pH. A Figura 3 representa o gráfico da relação entre a porcentagem de ácido carbônico e de bicarbonato (H_2CO_3/HCO_3^-) presente na água, com relação ao pH.

QUADRO 5- Relação entre a porcentagem de ácido carbônico e de bicarbonato (H_2CO_3/HCO_3^-) presente na água, com relação ao pH.

% H_2CO_3	% HCO_3^-	pH	% H_2CO_3	% HCO_3^-	pH
99	1	4,36	30	70	6,72
98	2	4,66	25	75	6,83
97	3	4,84	20	80	6,95
96	4	4,97	15	85	7,10
95	5	5,07	12	88	7,22
90	10	5,40	11	89	7,26
85	15	5,60	10	90	7,31
80	20	5,75	9	91	7,36
75	25	5,87	8	92	7,41
70	30	5,98	7	93	7,48
65	35	6,08	6	94	7,55
60	40	6,18	5	95	7,63
55	45	6,26	4	96	7,73
50	50	6,35	3	97	7,86
45	55	6,44	2	98	8,04
40	60	6,53	1	99	8,35
35	65	6,62			

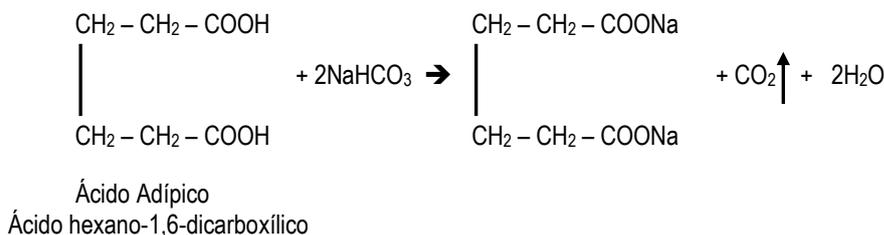
Fonte: MACÊDO, 2003, 2004, 2007, 2009.



Fonte: MACÊDO, 2003, 2004, 2007, 2009.

FIGURA 3- Gráfico representativo da relação entre a porcentagem de ácido carbônico e de bicarbonato (H_2CO_3/HCO_3^-) presente na água, com relação ao pH.

A Figura 4 apresenta a reação química entre o ácido orgânico, denominado de ácido 1,6-hexanodióico (ácido hexano-1,6-dicarboxílico; ácido adípico) (C₆H₁₀O₄) e bicarbonato de sódio com a liberação de CO₂ (JAVEL, 2011).



Fonte: JAVEL, 2011.

Os dois fatores preponderantes na escolha do DCIS para o uso em pastilhas efervescentes ou não, no processo de desinfecção de água em caminhões pipas (tanques) é a sua alta solubilidade e a sua estabilidade.

Apenas com finalidade de comparação entre os derivados clorados sólidos, o DCIS possui solubilidade de **240 a 250 g DCIS.L⁻¹** (25°C) (MACEDO, 2007; MACEDO, 2009; MACEDO, 2002), enquanto o hipoclorito de cálcio apresenta solubilidade aproximada de **46,07 g Ca(ClO)₂.L⁻¹** (25°C) (SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011) e o ácido tricloroisocianúrico (ATCI) apresenta solubilidade de **12 g ATCI.L⁻¹** (25°C) (MACEDO, 2007; MACEDO, 2009; MACEDO, 2002).

Como já citado, com base nos dados da pesquisa realizada por TROLLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTA (2002), pode-se concluir com relação à estabilidade do derivado clorado que no tempo de 6,6 horas para o cloro gás, de 7 horas para o hipoclorito de sódio (HPCS, 8 horas para o hipoclorito de cálcio (HPCC) e de 12 horas para o dicloroisocianurato de sódio (DCIS) é que vai ser **alcançado o menor nível de CRL em amostras de água semelhantes e nas mesmas condições de experimento**. Os resultados mostram que o derivado clorado orgânico é mais estável.

vi) Diferença da ação bactericida do DCIS pastilhas e do DCIS pastilhas efervescentes.

O gás carbônico é um ácido fraco, logo a sua liberação não tem a finalidade, no caso de desinfecção de água, de alterar o pH para baixo em níveis considerados significantes para que possa aumentar a concentração de HClO, que é o responsável pela morte bacteriana, basta avaliar a Figura 1.

Se fizermos uma avaliação da presença de ácido carbônico com relação ao pH nota-se claramente que com o aumento do pH diminui o teor de gás carbônico no meio (veja Quadro 5 e Figura 3), por exemplo, se o pH variar de 7,10 para 7,86 que corresponde a uma variação de 0,76 no pH o teor de gás carbônico varia de 15 para 3% uma perda de teor de 12%. Logo o gás carbônico, na situação de desinfecção de água potável, não altera significativamente o pH de uma solução aquosa e não interfere no processo de desinfecção.

A liberação do gás, no fundo do recipiente, faz com que o líquido seja agitado e que a pastilha/comprimido seja dissolvida mais rapidamente (PETRIN, 2014), no caso do processo de desinfecção a dissolução rápida não é uma vantagem, pois ocorre à perda do princípio mais rapidamente, diminui o tempo de contato dos microrganismos com o princípio ativo, diminuindo sua capacidade de desinfecção. No caso de utilização do DCIS sua maior vantagem é sua estabilidade, mantendo um residual de cloro por um tempo maior, essa rápida dissolução elimina a principal vantagem desse derivado clorado orgânico.

Para o DCIS um produto considerado altamente solúvel não existe necessidade de uso do gás carbônico para aumentar a solubilidade. As pastilhas efervescente de DCIS tem um aspecto mais estético do que propriamente implementar/facilitar o processo de desinfecção e devem ser indicadas para volumes considerados pequenos, como uma forma de indicação ao usuário para o uso após a efervescência.

No caso de caminhões pipas a principal preocupação deve ser tempo de dissolução da pastilha, em geral 15 minutos, que é função da qualidade de seus constituintes, a não alteração do pH do meio aquoso e o cumprimento do Art. 15 da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) que compete ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano por meio de veículo transportador que no inciso IV assegura que a água fornecida contenha um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L. Também o cumprindo o Art. 14 da Portaria 2.914/2011 do

Ministério da Saúde que após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos. Finalmente o Art. 17 §2º que recomenda que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L.

Como a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde recomenda não impõe o teor máximo de 2,0 mg CRL/L, mas recomenda, é importante apresentar o estudo da EPA (United States Environmental Protection Agency) (2002, 2010, 2013) e do CDC (Centers for Disease Control and Prevention) (2015) que definem que o nível máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento pode alcançar até 4 mg Cl₂/L (QUADRO 6), logo, qualquer valor que esteja entre 2 e 4 mg CRL/L expresso em mg Cl₂/L não coloca em risco a saúde pública e garante com certeza o processo de desinfecção, o importante é o mínimo de 0,5 mg Cl₂/L.

QUADRO 6- Níveis de concentração de alguns possíveis contaminantes relativos ao processo de desinfecção química de água tratada para fins potáveis que não colocam em risco a saúde pública.

CONTAMINANTE	MCLG mg/L (ppm) (mg Cl ₂ /L)	MCL ou TT mg/L (ppm) (mg Cl ₂ /L)	Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição em longo prazo acima do MCL (a menos que especificado como curto prazo)	Fontes de contaminantes na água tratada para fins potáveis
Cloraminas	MRDLG = 4	MRDL = 4,0	Irritação ocular / nasal; Desconforto no estômago, anemia.	Aditivo utilizado na água para controle da contaminação microbiológica.
Cloro Residual Livre (CRL)	MRDLG = 4	MRDL = 4,0	Irritação ocular / nasal; Desconforto no estômago, anemia.	Aditivo utilizado na água para controle da contaminação microbiológica.
Dióxido de cloro	MRDLG = 0,8	MRDL = 0,8	Anemia; Lactentes e crianças pequenas: efeitos no sistema nervoso.	Aditivo utilizado na água para controle da contaminação microbiológica.

Legenda: 1- Unidade em mg/L e/ou partes por milhão (ppm).

2- Meta de Nível Máximo de Contaminante (MCLG - Maximum Contaminant Level Goal) - O nível de um contaminante na água potável abaixo do qual não há risco conhecido ou esperado para a saúde. Os MCLGs permitem uma margem de segurança e são metas de saúde pública não exigível.

3- Meta de Desinfecção Residual Máxima (MRDLG - Maximum Residual Disinfectant Level Goal) - O nível de um desinfetante de água potável abaixo do qual não há risco conhecido ou esperado para a saúde. Os MRDLGs não refletem os benefícios do uso de desinfetantes para controlar os contaminantes microbianos.

4- Nível Máximo de Desinfetante Residual (MRDL - Maximum Residual Disinfectant Level) - O nível mais alto de um desinfetante permitido na água potável. Existem provas convincentes de que a adição de um desinfetante é necessária para o controle de contaminantes microbianos.

5- Técnica de Tratamento (TT - Treatment Technique) - Um processo necessário para reduzir o nível de um contaminante na água potável.

Fonte: EPA, 2002; EPA, 2010; EPA, 2013.

vii) Conclusão

No uso do derivado clorado de origem orgânica o dicloroisocianurato de sódio na forma de pastilhas efervescentes, o CO₂ tem a função mais estética que a função de aumentar a capacidade de desinfecção do derivado clorado, em função do CO₂ ser um ácido fraco.

O DCIS na forma de pastilhas efervescentes é mais indicado para uso em pequenos volumes, que permita ao usuário ver a liberação de CO₂ e logicamente aguardar a completa liberação do gás para utilizar a água para beber.

O ácido orgânico usado na pastilha tem que ser denso, o que provoca uma precipitação da pastilha na água, o ácido vai solubilizar no fundo do recipiente, levando geração de gás CO₂, que vai subir gerando turbilhonamento. Se a pastilha que tem o ácido incorporado não se precipitar, o gás irá se formar na superfície do recipiente formando uma camada de espuma, semelhante ao colarinho de chopp.

Em grandes volumes, como em caminhões pipa, a liberação de CO₂ não consegue alterar de forma significativa o processo de dissolução do DCIS e não consegue interferir no processo de desinfecção.

Outro aspecto que justifica a não utilização de pastilhas efervescente de DCIS **em caminhões pipas** é que, o movimento do caminhão vai gerar uma turbulência e não existe a necessidade do CO₂ para criar a turbulência para aumentar a solubilidade.

Como consequência da turbulência gerada pelo deslocamento do caminhão a pastilha de DCIS com efervescência não vai ficar no fundo do tanque, como a pastilha não se precipita o ácido orgânico nela incorporada também não se precipita e o gás liberado poderá ser formado na superfície do tanque, formando uma camada de espuma, como já citado, semelhante ao colarinho de chopp.

No caso de caminhões pipas a principal preocupação deve ser tempo de dissolução da pastilha, em geral exige-se 15 minutos no processo de licitação, sendo essa propriedade função da qualidade de seus constituintes, a não alteração do pH do meio aquoso e o cumprimento do Portaria 2.914/2011 (BRASIL, 2011) do Ministério da Saúde.

Finalmente o uso de pastilhas de DCIS com efervescência em tanques de caminhões pipa vai com certeza aumentar somente os custos do processo de desinfecção pelo maior valor agregado do produto.

viii) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAAESAR. **Ficha de dados de segurança - Dichloroisocyanuric acid sodium salt**. 5p. 2015. Disponível em: <<https://www.alfa.com/content/msds/portuguese/B23504.pdf>>. Acesso em 10 de dezembro de 2015.

ANDRADE, N. J.; MACÊDO, J. A. B. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996. 182p.

APHA/AWWA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, DC: APHA - American Public Health Association. sp. 1998.

BAYER. **Aquatabs - Linha higiene Bayer**. São Paulo: sd (Folder).

BAYER. Pesquisa de Opinião Pública: Preferência entre dois agentes descontaminantes usados para água de consumo. **Higiene Alimentar**. v.13. n.63. 9p. Jul/Agosto 1999.

BLATCHLEY III, E. R.; XIE, Y. Disinfection and antimicrobial processes. **Water Environment Research**. v.67. n.4. p.475-481. 1995.

BLATCHLEY III, E. R., Disinfection and antimicrobial processes. **Water Environment Research**. v.66. n.4. p.361-368. 1994.

BLOCK, S. S. (Ed.) **Disinfection sterilization and preservation**. 4.ed. Philadelphia: Lea e Febiger. 1162p. 1991.

BLUMBERG, E.; AZEVEDO NETTO, J. M. Alcalinidade e dureza das águas naturais: processos de redução da dureza. **Revista DAE**. v.28. n.1033. Setembro de 1956.

BRASIL. Resolução nº 150, de 28 de maio de 1999, autoriza a inclusão da substância ácido dicloroisocianúrico e seus sais de sódio e potássio no Anexo II - item 2, como princípio ativo autorizado para uso em formulações de produtos destinados a desinfecção de água para consumo humano, da Portaria 152, de 26 de fevereiro de 1999, publicada no Diário Oficial da União em 1º de março de 1999. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil]. Brasília, 01 jun. 1999. Seção 1.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil]. Brasília, 14 dez. 2011. Seção 1.

BRASIL. Resolução – RDC nº 77, de 16 de abril de 2001. Considerando a necessidade de atualizar as normas e procedimentos referentes ao registro de produtos saneantes domissanitários e outros de natureza e finalidades idênticas, bom base na Lei 6306/76 e seu Regimento Decreto 79.094/77, de 1977. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil]. Brasília, 17 abril 2001. Seção 1.

CDC. **Disinfection with Chlorine – References - Basic information about disinfectants in drinking water: Chloramine, chlorine and chlorine dioxide**. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/chlorine-disinfection.html#two>>. Acesso em 23 de agosto de 2015.

CHAMBERS, C. W. A procedure for evaluating the efficiency of bactericidal agents. **J. Milk Food Technol**. v.19. n.17. p.183-187. 1956.

CLEARON. **Acid Granular Cyanuric – Technical Product Bulletin**. New York: Clearon Corp. 22p. 1997.

CUNHA, A. C.; PAIXÃO, F. M.; SOUZA, M. C. B. V.; FERREIRA, V. F. Cloreto isocianúrico e cloreto Cianúrico: aspectos gerais e aplicações em síntese orgânica. **Revista Química Nova**. v.29. n.3. pp.520-527. 2006.

DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCH, S. S. (Ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**, 2.ed. Philadelphia: Lea & Febiger. pp.167-195. 1977.

- DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCH, S. S. (Ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**, 4.ed. Philadelphia: Lea & Febiger. pp.131-151. 1991.
- EPA. **Stage 1 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rules: Laboratory Quick Reference Guide**. Washington, DC: EPA - United States Environmental Protection Agency.2p. December 2002.
- EPA. **Comprehensive Disinfectants and Disinfection Byproducts Rules (Stage 1 and Stage 2): Quick Reference Guide**. Washington, DC: EPA - United States Environmental Protection Agency.4p. August 2010.
- EPA. **Table of Regulated Drinking Water Contaminants**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/table-regulated-drinking-water-contaminants#one>>. Acesso em 15 de novembro de 2013.
- GENCO. **Fichas de dados de segurança de materiais – Hipoclorito de cálcio**. SÃO PAULO: Genco Química Industrial Ltda. 7p. Setembro/1998.
- GRUBER, J., LI, R. W. C. Superestabilização, mito ou realidade? **Revista Pool-Life – Piscina**. Ano XXI, n. 62., Edição Especial, 2003.
- HAMMOND, B. G., BARBEE, S. J.; INOUE, T., et al. A Review of Toxicology Studies on Cyanurate and its Chlorinated Derivates. **Environmental Health Perspectives**. v.69. pp.387-298. 1986.
- HIDROALL **HCL60 – Ácido tricloro isocianúrico**. CAMPINAS; HidroAll Ltda. 19p. Setembro/2000a.
- HIDROALL. **HCL90 E HCL56 – Dicloroisocianurato de sódio**. CAMPINAS: HidroAll Ltda. 19p. Dezembro/2000b.
- HTH. **Fichas de dados de segurança de materiais – Hipoclorito de cálcio**. SALTO: Arch Química Brasil Ltda. 3p. Janeiro/1999.
- JAVEL. **Water Purification Tablets - Technical Data**. Disponível em: <<http://www.javel.pl/pdf/JAVEL-AQUA-en.pdf>>. Acesso em 30 de setembro de 2011.
- LAUBUSCH, E. J., **Chlorination and other disinfection processes**. In: Water quality and treatment: a handbook of public water supplies (American Water Works Association - AWWA), New York: McGraw-Hill. pp.158-224. 1971.
- LEITÃO, M. F. F. **Controle de sanificação na indústria de alimentos**. Campinas: ITAL. 71p. 1976. (Instruções Técnicas, 11).
- LEVER INDUSTRIAL. **Hipoclor – Ficha sobre segurança do produto**. São Paulo: Lever Industrial. 4p. fevereiro/1991.
- LEVER INDUSTRIAL. **Sumaveg – Hazard classification**. London: Unilever U.K. Central Resources Limited. 4p. Abril/1995.
- LIMA, A. C. S.; AFONSO, J. C. A Química do Refrigerante. **Revista Química Nova Escola**. v. 31. n3. Agosto de 2009.
- LIRA, J. C. L. **Carbonação**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/reacoes-quimicas/carbonacao/>>. Acesso em 10 de dezembro de 2014.
- 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**. 1ª. Ed. Belo Horizonte: ORTFOFARMA. 505p. 2000.
- MACÊDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 2ª. Ed. Belo Horizonte: CRQ-MG. 997p. 2004.
- MACÊDO, J. A. B. **Águas e Águas**. 3ª. Ed. Belo Horizonte: CRQ-MG. 1056p. 2007.
- MACÊDO, J. A. B., BARRA, M. M. Derivados clorados de origem orgânica uma solução para o processo de desinfecção de água potável e para desinfecção de indústrias. In: SIBESA - VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 2002, Vitória. **Anais...** Vitória: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária Ambiental – ABES. 2002.
- MACÊDO, J. A. B. **Piscinas – Água & Tratamento & Química**. Belo Horizonte: CRQ-MG. 235p. 2003.
- MACÊDO, J. A. B. **Desinfecção & Esterilização Química**. Belo Horizonte: CRQ-MG. 737p. 2009.

- McPHERSON, L. L. Understanding ORP'S role in the disinfection process. **WATER/ Engineering & Management**. v.11. pp.29-31. Nov. 1993.
- MAIERÁ, N. **Piscinas – litro a litro**. São Paulo: Mix Editora Ltda. sp. 2000.
- MAPRIC. **A manipulação das bases efervescentes**. Disponível em: <http://www.mapric.com.br/anexos/boletim286_06052007_142306.pdf>. Acesso em 20 de agosto de 2007.
- MARRIOT, N. G. **Principles of food microbiology**. New York: Chapman & Hall. 421p. 1995.
- MATTOS, A. A. **Tratamento de água para abastecimento público com o uso de tabletes de ácido tricloroisocianúrico**. IN: Assembléia Nacional da ASSEMAE, 34. São Paulo: ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. 19 de abril de 2004.
- MERCK. **Ácido dicloroisocianúrico, sal de sódio dihidratado**. 03/02/2015. Disponível em: <http://www.merckmillipore.com/INTERSHOP/web/WFS/Merck-INTL-Site/en_US/-/USD/ShowDocument-File?ProductSKU=MDA_CHEM-110888&DocumentType=MSD&Language=PT&Country=PT>. Acesso em 10 de abril de 2015.
- MEYER, S. T. O uso do cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Caderno Saúde Pública**, v.10. n.1. pp.99-110. Jan/mar. 1994.
- ODLAUG, T. E., PFLUG, I. J. Sporicidal properties of chlorine compounds: applicability to cooling water for canned foods. **J. Milk Food Technol**. v.39. n.7. pp.493-498. 1976.
- PETRIN, N. **Efervescência**. Disponível em: <<http://www.estudopratico.com.br/efervescencia/>>. Acesso em 20 de dezembro de 2014.
- QUIMIL. **Dicloroisocianurato de sódio - Ficha De Informação De Segurança De Produtos Químicos - FISPQ**. Simões Filho: Quimil Indústria e Comércio S/A. 16p. 2014a.
- QUIMIL. **Ácido Tricloroisocianúrico - Ficha De Informação De Segurança De Produtos Químicos - FISPQ**. Simões Filho: Quimil Indústria e Comércio S/A. 16p. 2014b.
- RITTMANN, D. "Can you have cake and eat it too" with chlorine dioxide? **WATER/Engineering & Management**, v.4. pp.30-35. Apr. 1997.
- SANTOS, D. O. J.; SANTOS, R. O.; FRANÇA, A. C. Gestão dos resíduos sólidos gerados e ganhos ambientais, na etapa de preparo e aplicação da solução clorada, nas estações de tratamento de água da Embasa, Unidade Regional De FERIA de Santana. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26º, 2011, Porto Alegre/RS, **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.
- SASIL. **Dicloroisocianurato de sódio**. 15/04/2008. Disponível em: <<http://www.sasil.com.br/br/hp/upload/FISPQ-DicloroisocianuratodeSodio.pdf>>. Acesso em 10 de abril de 2015.
- SILVERCHEMICAL. **Dicloroisocianurato de sódio**. 16/10/2013. Disponível em: <<http://www.silverchemical.com.br/files/fispq/CLOROVEG.pdf>>. Acesso em 10 de abril de 2015.
- TASSIMIN. **Dicloroisocianurato de sódio**. 04/08/2006. Disponível em: <<http://201.57.253.136/qualidade/FISPQs/FISPQs/D/dicloroisocianurato%20de%20sodio.pdf>>. Acesso em 10 de abril de 2015.
- TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F. L. **Wastewater engineering - treatment, disposal and reuse**. 3.ed. New York: McGraw Hill. 1991. 1335p.
- TROLI, A. C.; IDE NOBOYOSHI. C.; SILVEIRA, PALHANO, F. M. M. S.; MATTA, M. H. R. Trihalometanos em água tratada, após cloração com hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, cloro gasoso e dicloroisocianurato de sódio, utilizando cromatógrafo gasoso acoplado a espectrometro de massa, sistema *Purge And Trap*. IN: 2º. **Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste** - Campo Grande – MS. 23 a 26 de Julho de 2002.
- WHO. **Technical aspects (disinfection)**. In: WHO SEMINAR PACK FOR DRINKING-WATER QUALITY. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/S13.pdf>. Acesso em 24 de junho de 2004.