

REVIEW: A ESTÓRIA DO VALOR INDICADO PARA A SOLUBILIDADE DO HIPOCLORITO DE CÁLCIO [Ca(CIO)₂]

1- Introdução

A solubilidade de um soluto, é a quantidade máxima de soluto que se pode dissolver numa determinada quantidade de solvente ou de solução a uma determinada temperatura. Por outras palavras, a solubilidade pode também ser definida como a capacidade de uma substância formar uma solução com outra substância. A substância a ser dissolvida é chamada de soluto, e o líquido em que o soluto se dissolve é chamado de solvente, que conjuntamente formam uma solução. O processo de solubilização envolve a quebra de ligações interiônicas ou intermoleculares no soluto, a separação de moléculas de solvente para fornecer espaço no solvente para o soluto, interação entre o solvente e a molécula de soluto ou íon (ALMEIDA, 2009).

O processo de solubilização de uma substância química resulta da interação entre a espécie que se deseja solubilizar (soluto) e a substância que a dissolve (solvente), e pode ser definida como a quantidade de soluto que dissolve em uma determinada quantidade de solvente, em condições de equilíbrio. Solubilidade é, portanto, um termo quantitativo. É uma propriedade física (molecular) importante que desempenha um papel fundamental no comportamento das substâncias químicas (MARTINS, LOPES, ANDRADE, 2013).

A solubilidade indicada não deve ser considerada estritamente como constante física, mas como complemento dos demais ensaios, podendo ter um valor definitivo no caso em que a substância não apresenta a solubilidade mínima exigida, principalmente quando o solvente é a água. As indicações sobre a solubilidade a qual se faz referência são realizadas à temperatura de $25 \pm 5^\circ\text{C}$. A expressão *partes* se refere ao número de mililitros de solvente por grama de sólido a ser dissolvido (Tabela 1) (BRASIL, 2019).

TABELA 1 - Termos descritivos de solubilidade e seus significados.

Termo descritivo	Volumes aproximados de solvente em mililitros por grama de substância	Valores g soluto / mL de solvente
Muito solúvel	Menos de 1 parte	>1g / 1 mL
Facilmente solúvel	De 1 a 10 partes	1 g / mL a 1 g / 10mL
Solúvel	De 10 a 30 partes	1 g / 10 mL a 1 g / 30 mL
Moderadamente solúvel	De 30 a 100 partes	1 g / 30 mL a 1 g / 100 mL
Pouco solúvel	De 100 a 1000 partes	1 g / 100 mL a 1 g / 1.000 mL
Muito pouco solúvel	De 1000 a 10000 partes	1 g / 10.000 mL a 1 g / 10.000 mL
Praticamente insolúvel ou insolúvel	Mais de 10000 partes	1 g / >10.000 mL

Fonte: BRASIL, 2019.



2- Solubilidade de substâncias químicas oxigenadas com a presença de cálcio e sódio em suas moléculas

A Tabela 2 apresenta exemplos de valores para a solubilidade de algumas substâncias oxigenadas que possuem cálcio e sódio na sua fórmula, com base de diferentes referências e de épocas também diferentes.

Com base nas informações da Tabela 2, utilizando os valores indicados em FISPQ's e/ou documentos para solubilidade das substâncias, monta-se o gráfico (Figura 1) que permite comparar o valor da solubilidade das diversas substâncias químicas oxigenadas que possuem cálcio com substâncias que possuem sódio.

TABELA 2- Exemplos de solubilidade de algumas substâncias oxigenadas que possuem cálcio e sódio, de diferentes referências e de épocas diferentes.

Substância	Solubilidade (g) por 100 g (mL) de água (20°C)
Ca(OH) ₂	0,17 g / 100 mL de água
NaOH	109 g / 100 mL de água
CaSO ₄	0,2 g / 100 mL
Na ₂ SO ₄	20 g / 100 mL
CaCO ₃	0,0014 g / 100 mL
Na ₂ CO ₃	22 g / 100 mL
Ca(ClO) ₂	18 g / 100 mL; 21,4 g / 100 mL; 21,7 g / 100 mL
NaClO	29,3 g (0°C) / 100 mL; 94,2 g (23°C) / 100 mL

Fonte: ANIDROL, 2014; SUALL, 2012; LABSYNTH, 2014; Adaptado PITOMBO, MARCONDES, 2005; MERCK, 2018; BANDEIRANTE BRAZMO, 2013; SASIL, 2008; BANDEIRANTE BRAZMO, 2013a; MERCK, 2015; ANIDROL, 2015; BANDEIRANTE BRAZMO, 2014; ANIDROL, 2014a; MERCK, 2016; QUÍMICA MODERNA, 2012; CREDIE, 2012; HIDROALL, 2017; GENCO, 2015, 2016; QUIMIL, 2014; ARCH, 2015; SUPERQUÍMICA, 2009; ISOLAB, 2002; WHO/IARC, 1991; ATSDR/CDCP, sd; AMS.USDA, 2006.

Nota-se claramente uma diferença significativa no que tange ao valor da solubilidade das substâncias que possuem em sua molécula o elemento químico cálcio ou sódio, sem nenhuma dúvida as substâncias químicas que possuem cálcio apresentam baixa solubilidade, com uma exceção sem justificativa química para os valores indicados.

A Figura 1 mostra de modo muito claro, uma discrepância, existe um valor superestimado para a solubilidade de uma substância que possui cálcio na sua molécula, o hipoclorito de cálcio, os valores apresentados da solubilidade **não têm explicação do ponto de vista químico**. O resultado não deixa dúvidas que a solubilidade do Ca(ClO)₂ publicada em documentos e/ou FISPQ's com certeza apresenta uma não conformidade, o valor da solubilidade está muito acima do real valor vinculado para essa substância.



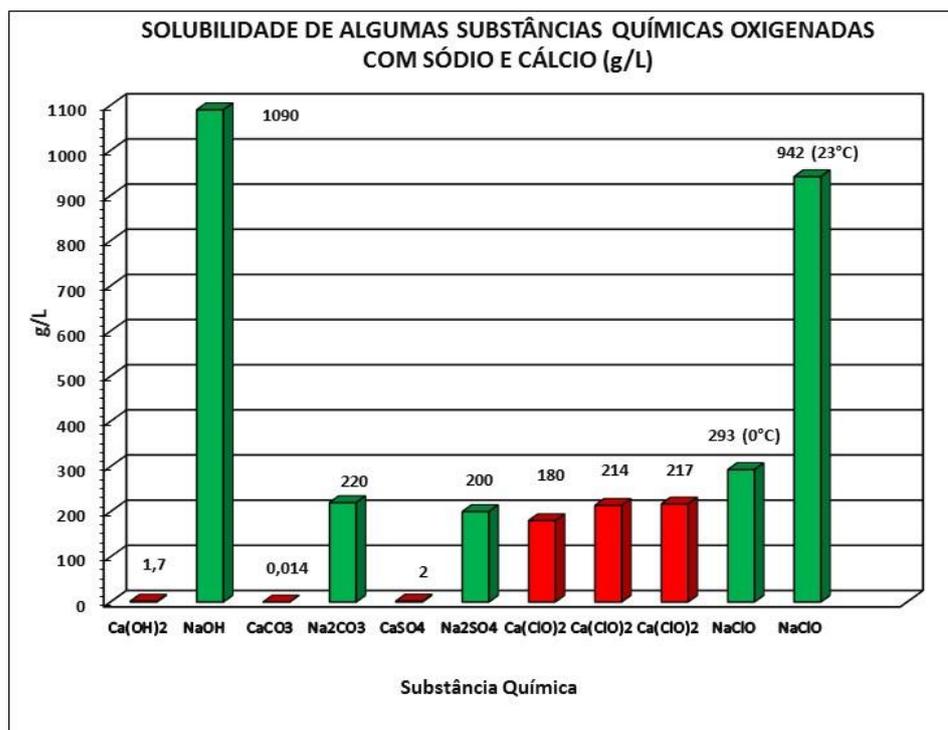


FIGURA 1- Gráfico da solubilidade de diversas substâncias que oxigenadas que possuem sódio ou cálcio em sua molécula.

O valor da solubilidade do Ca(ClO)₂ indicado nas FISPQ's e/ou documentos se torna questionável, com base nos resultados da pesquisa realizada *in locu* em ETA's da EMBASA, que foi apresentado no 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, em 25 a 29 de setembro de 2011, em Porto Alegre/RS (SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011).

A referida pesquisa realizada por SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011), teve como objetivo eliminar a geração do resíduo gerado na etapa de preparo e uso da solução clorada e avaliar os ganhos ambientais a partir do uso de derivados clorados que não geram resíduos, no âmbito da Unidade Regional de Feira de Santana / Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A (EMBASA), de forma a atender ao condicionante número III, da Resolução CEPRAM 3095 / 2002.

A citada Resolução CEPRAM nº 3095/2002, é referente à Licença Operacional da Unidade Regional de Feira de Santana (URFS) – EMBASA, em sua Condicionante II, consta: “*Para todos os sistemas da Unidade Regional de Feira de Santana, proibir imediatamente, a disposição de resíduos de produtos químicos no solo, em caixas de drenagem de água pluvial ou em qualquer recurso hídrico superficial ou subterrâneo*” (SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011).

Para realização desse trabalho foi realizado um levantamento de campo identificando as unidades que geravam grande quantidade de resíduos no preparo da solução clorada, culminando com a obstrução das linhas de dosagem e lançamento dos resíduos no meio ambiente. No período dos estudos à URFS (Unidade Regional de Feira de Santana) era utilizado o derivado clorado denominado hipoclorito de cálcio a 30% e 65% de cloro ativo (SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011).

Nos ensaios de laboratório foi avaliada a geração de resíduo a partir do preparo de 1000 mL de soluções a 3% (relação massa/massa) - concentração média das soluções cloradas utilizadas nas ETA's URFS. Foi avaliada a formação de sólidos secos e sedimentáveis, pH da solução e teor de cloro ativo presente no resíduo descartado.

As soluções foram preparadas a partir de água tratada, oriunda da ETA de Lustosa, unidades de tratamento da URFS, que apresenta teores, descritos na Tabela 3 os autores apresentaram as características químicas da água utilizada na pesquisa, referente a cor, turbidez, pH, cloretos e dureza, semelhantes aos das demais ETA's existentes no âmbito da Unidade de Feira de Santana (SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011).

TABELA 3– Parâmetros e padrões da água utilizada para preparo das soluções cloradas em laboratório.

Cor (U.C)	Turbidez (NTU)	pH	Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	Cloretos (mg Cl ₂ /L)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)
2,5	0,37	6,74	29,5	105	91,8

Fonte: SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011.

O Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na pesquisa realizada por SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011).

TABELA 4- Resultados obtidos na pesquisa realizada por SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011).

	Derivado clorado Hipoclorito Cálcio 65%	Derivado clorado DCSI 60%
Concentração	3%	3%
Volume / Concentração da solução	1000 mL / 3%	1000 mL / 3%
Tempo de mistura	10 min	10 min
pH solução clorada	11,75	5,57
Presença de insolúveis	Sim	Não
Precipitado	Sim	Sim
Aspecto	Turva	Límpida
Determinação de sólido suspensos		
Massa do Cadinho 1 - vazio	26,3928 g	25,3921 g
Massa do Cadinho 2 – c/resíduo sólido	26,4789 g	25,3926 g
Massa de Resíduos Sólidos Suspensos secos resultado (mg/L)	0,0861 g = 86,1 mg	0,0005 g = 0,5 mg
Tempo de preparo	40 min	40 min
Alcalinidade final (mg CaCO ₃ / L)	981,8	0
Tempo de sedimentação	60 min	60 min
Volume de sedimentáveis (ml/L)	98 mL /L	0
% Cloro residual no resíduo	1,5	-

DCIS = Dicloroisocianurato de Sódio Ca(ClO)₂= Hipoclorito de cálcio

Fonte: Adaptado SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011.

A Figura 2 apresenta a imagem do teste de sólidos sedimentáveis (SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011).



DCIS = Dicloroisocianurato de Sódio HIPO = Hipoclorito de cálcio
 Fonte: SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011.

FIGURA 2- Imagem do teste de sólidos sedimentáveis.

Segundo os autores o consumo de hipoclorito de cálcio era de 4.914 Kg/mês e o DCIS de 1.772 Kg/mês. Eram preparados **163.800 litros de solução clorada por mês**, com base nessas informações se fez os cálculos que permitem determinar qual a massa foi gerada da chamada borra (resíduo) não solúvel, em função do uso do derivado clorado $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, valores que coincidem com os resultados apresentados na pesquisa de SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011).

1000 mL solução 3% de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ----- 98 mL sólidos sedimentáveis / L
 163.800.000 mL solução $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ / mês ----- X mL

X = 16.052.400 mL de sólidos sedimentáveis / mês
 = **16.052,4 L de resíduos (borra) / mês**

98 mL de resíduo ----- 86,1 mg de borra
 16.052.400 mL de resíduo / mês ----- Y
Y = 14.103.180 mg de resíduo (borra) / mes

= 14.103,180 g de borra/mês = 14,10318 Kg de borra seca por mês.

Os autores SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011) informam que o resíduo (borra) tinha um teor de matéria ativa de 1,5% de CRL (cloro residual livre), o que corresponde a uma concentração de 1500 mg CRL/Kg.

86,1 mg de borra ----- 1500 mg CRL / kg
 14.103.180 mg de borra /mês ----- X

X = 245.700.000 mg de CRL/ mês = 245,7 Kg de CRL/mês

A pesquisa mostra que ocorria uma perda, um desperdício de princípio ativo de **245,7 Kg de CRL/mês** no resíduo (borra) gerado, que era descartado, segundo SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011).

Foi preparada uma solução 3% de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, logo, temos a relação 3 g de Hipoclorito de cálcio em 100 mL de água.

Como $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ tem 65% de teor de matéria ativa, os autores para preparar 1L da solução 3% utilizaram uma massa maior.

$$\begin{array}{rcl} 30 \text{ g de } \text{Ca}(\text{ClO})_2 / 1000 \text{ mL} & \text{-----} & 65\% \text{ de princípio ativo} \\ Y & \text{-----} & 100\% \text{ de princípio ativo} \end{array}$$

$$Y = 46,153846 \text{ g de } \text{Ca}(\text{ClO})_2$$

Logo, utilizou-se **46,153846 g** de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ para preparar 1000 mL de solução 3%.

Segundo os autores (SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011) o resíduo seco que resultou na preparação da solução de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ apresentou massa de 86,1 mg de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ = 0,0861 g de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (Veja Tabela 4).

A diferença entre a massa utilizada e o resíduo seco gerado corresponde a massa da $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ que foi dissolvida em 1000 mL de água.

$$46,153846 \text{ g} - 0,0816 \text{ g (resíduo)} = \underline{46,072246 \text{ g de } \text{CaClO}_2}$$

A massa de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ que conseguiu ser solubilizada, à temperatura indicada, nas condições do experimento, foi de **46,072246 g** em 1000 mL no preparo de uma solução com concentração de 3% de princípio ativo, a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ é de **46,072246 g $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ /1000 mL** ou **4,6072246 g $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ / 100 mL** ou o $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ apresenta solubilidade, nas condições do experimento, de **4,6072246% = 4,61% em água**.

Caso os autores SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011) tenham utilizado no preparo da solução 3% de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, somente 3 g de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ em 100 mL ou 30 g em 1000 mL de solução, não considerando o teor do princípio ativo, a massa dissolvida foi:

$$30,00 \text{ g} - 0,0816 \text{ g (resíduo)} = \underline{29,9184 \text{ g de } \text{CaClO}_2}$$

A massa de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ que conseguiu ser solubilizada, à temperatura indicada, nas condições do experimento, foi de **29,9184 g** em 1000 mL no preparo de uma solução com concentração de 3% de princípio ativo, a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ é de **29,9184 g $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ /1000 mL** ou **2,99184 g $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ / 100 mL** ou o $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ apresenta solubilidade, nas condições do experimento, de **2,99184 % = 2,99% \cong 3% em água**.

Nesse Review vai utilizar como referência a solubilidade de **4,61% em água**.

A Figura 3 apresenta o gráfico de solubilidade dos produtos oxigenados com sódio e cálcio. Mas, utilizando a solubilidade em relação ao $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, no valor de 4,61% o que mostra uma relação com todas as informações anteriores.

Se comprova que o valor indicado nas FISPQ's e/ou documentos não está correspondendo ao valor real da solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.

O valor encontrado para a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ de acordo com a pesquisa de SANTOS, SANTOS, FRANÇA, (2011) mostra uma maior coerência com a solubilidade de substâncias químicas oxigenadas que possuem cálcio (Figura 3).

PISCINA – ÁGUA & TRATAMENTO & QUÍMICA - 2019
 www.jorgemacedo.pro.br
 JORGE MACEDO, D.Sc.

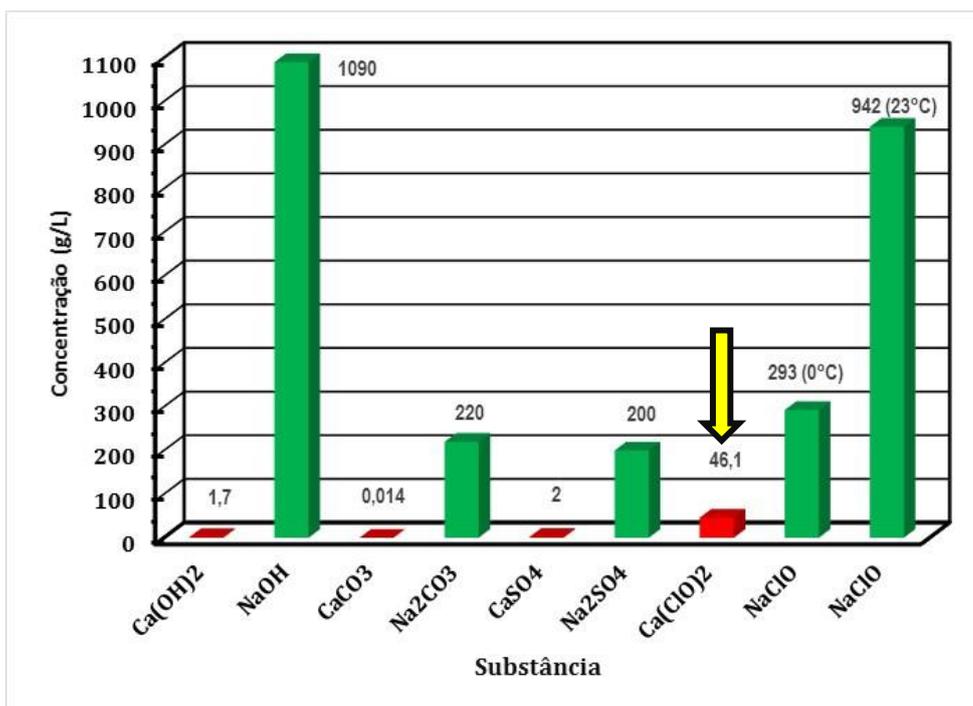
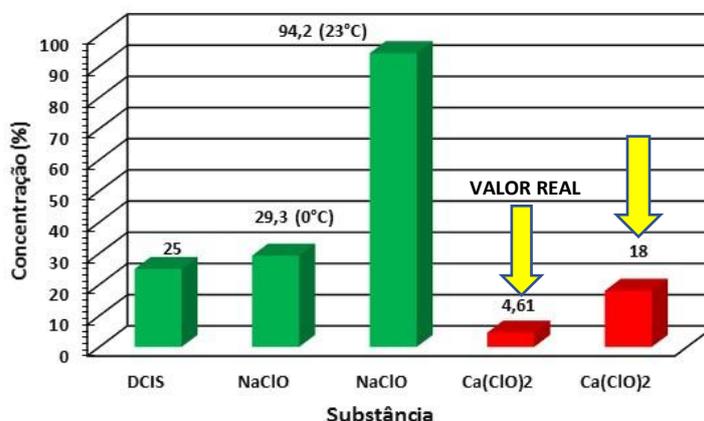


FIGURA 3- Gráfico de solubilidade dos produtos oxigenados com sódio e cálcio, utilizando a solubilidade em relação ao Ca(ClO)₂, no valor de 4,61% (46,1 g/L).

Os produtos utilizados no tratamento de água, no processo de desinfecção, como o hipoclorito de cálcio, têm solubilidade menor que aqueles que possuem o sódio na sua molécula. O resultado indicado também mostra de modo inquestionável que o Ca(ClO)₂ tem baixa solubilidade quando comparado com o hipoclorito de sódio e ao dicloroisocianurato de sódio, a informação de FISPQ's e documentos **de que a sua solubilidade é de 18% (valor mais citado) é totalmente equivocada**, não possui nenhuma justificativa ou explicação do ponto de vista químico para indicação desse valor para o pH do meio aquoso em que é utilizado (Figura 4).



DCIS = Dicloroisocianurato de sódio

4,61 = Solubilidade do Ca(ClO)₂ conforme dados de SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011).

18 = Solubilidade do Ca(ClO)₂, valor mais indicado, conforme dados de FISPQ's de diversas empresas em tempos diferentes.

FIGURA 4- Gráfico comparativo de solubilidade dos produtos para desinfecção química de água que possuem sódio com relação ao Ca(ClO)₂.

Outra conclusão publicada por SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011), mostra de modo claro que apesar da concentração de princípio ativo no $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (65%) ser maior que a concentração de princípio ativo do DCIS (60%) o seu consumo é muito maior, isso em função da perda pela geração de resíduos sólidos (borra) quando da sua preparação, o que comprova mais uma vez que a solubilidade proposta nas FISPQ's não corresponde ao valor encontrado nas condições da pesquisa.

Em função da baixa solubilidade e uma geração alta de resíduos sólidos (borra) o uso do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ somente é viável, se for utilizado ou se existirem agitadores mecânicos o que leva a um aumento no valor da energia (SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011).

Segundo SANTOS, SANTOS, FRANÇA (2011) o estudo possibilitou ganhos econômicos com a redução do consumo do derivado clorado, quando o hipoclorito de cálcio é substituído pelo dicloroisocianurato de sódio, mesmo que esse produto apresente menor concentração do princípio ativo – 60%, outra redução substancial foi no consumo energético utilizado para o preparo e dosagem da solução cloradas, com a troca do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ pelo DCIS, em função da substituição das bombas dosadoras eletromecânicas por eletromagnética e desativação dos misturadores utilizados para o preparo das soluções de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, pois em função da baixa solubilidade somente com a agitação mecânica se consegue preparar as suas soluções.

A Figura 5 apresenta dois slides apresentados durante a defesa do trabalho 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental em 25 a 29 de setembro de 2011 em Porto Alegre/RS nos quais mostram de modo claro que o referido derivado clorado, o $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ forma uma borra, um resíduo, em função da sua baixa solubilidade, gerando um passivo ambiental.



Lançamento de resíduos clorados no solo



Fonte: SANTOS, SANTOS, FRANÇA, 2011.

FIGURA 5- Imagens apresentadas no 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011 em Porto Alegre/RS.

3- A Estória do valor indicado para a solubilidade do hipoclorito de cálcio

O valor apresentado na maioria das FISPQ's para o $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ é de 18% a 25°C em água (18 g/100 mL em água), outros valores propostos como 21,4% e/ou 25% para solubilidade em água tem origem em publicações que se iniciaram em 1969, **há 51 anos**, tais valores, foram sendo reproduzidos ao longo tempo e nenhuma pesquisa foi realizada para reavaliar/questionar os valores propostos para a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.

Todas as fontes bibliográficas que deram origem aos referidos valores têm como autor a mesma referência bibliográfica (WOJTOWICZ, J. A.), na qual indicava para solubilidade em água 21,4% (25°C), ressaltando que, a primeira publicação é de **1979**, trata-se de um *Review*, o que indica que o valor publicado tem origem em outro trabalho.

A referência para a citação foi *Makarov, Shcharkova (1969)*. O valor vem sendo reproduzido/citado, tomado como referência, durante décadas sem que qualquer questionamento tenha ocorrido.

MAKAROV, S. Z. and SHCHARKOVA, E. F. *Solubility Isotherms (10°C) for the Ternary Calcium and Sodium Hypochlorite and Chloride Systems. Zhurnal Neorganicheskoi Khimii.* v.14. n.1. pp.3096-3099. 1969.



Review: WOJTOWICZ, J. A. *Chlorine Monoxide, Hypochlorous Acid, and Hypochlorites*, in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. v.5. 3rd ed. New York: Wiley-Interscience. pp.580-611. 1979.

WOJTOWICZ, J. A. *Chlorine oxygen acids and salts: dichlorine monoxide, hypochlorous acid, and hypochlorites*. In: Howe-Grant, M., Ed., *Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. V.5. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. pp.932-968. 1993.

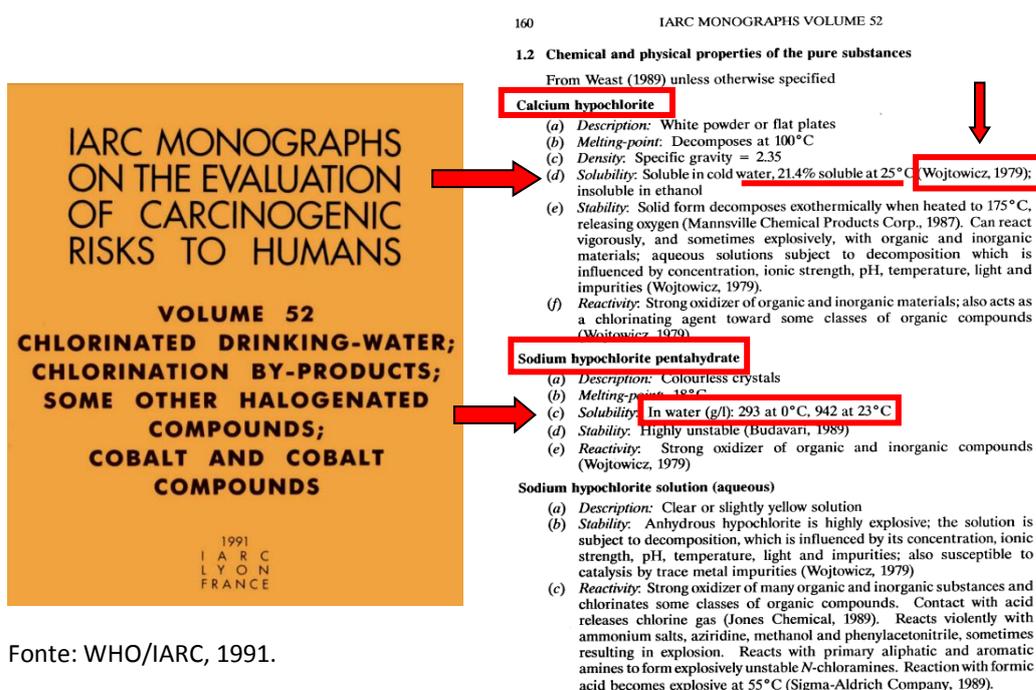
WOJTOWICZ, J. A. *Dichlorine Monoxide, Hypochlorous Acid, and Hypochlorites*. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. New York, NY: John Wiley & Sons. Online Posting Date: 16 Apr 2004.

OBS.:

1) Apenas para complementar a informação veja que o documento da World Health Organization – Internacional Agency for Research on Cancer denominado de: *IARC MONOGRAPHUS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS - VOLUME 52 – Chlorinated Drinking – Water; Chlorination By-Products; some other halogenated compounds; cobalt and cobalto compounds*, lançado em 1991 em Lyon – France indica a solubilidade como 21,4% a 25°C e a referência é também WOJTOWICZ (1979) (Figura 6).

2) Outra informação importante a ser notada é a forma que se disponibiliza informações quando se trata de solubilidade para o hipoclorito de cálcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, em geral, se apresenta na forma de X% em água, **MAS**, para o hipoclorito de sódio (NaClO) e outras substâncias, se apresenta em mg/L de água. Entendo que, esse formato diferente de informação dificulta a comparação entre os valores de solubilidade. Esse formato de diferente se repete em vários documentos (Figura 6, 7, 8).

3) Como exemplos, apresento as Figuras 7, 8 as imagens de páginas de documentos da World Health Organization – International Agency for Research on Cancer (WHO/IARC, 1991) e da ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry) (ATSDR/CDCP, sd).



160 IARC MONOGRAPHS VOLUME 52

1.2 Chemical and physical properties of the pure substances

From Weast (1989) unless otherwise specified

Calcium hypochlorite

(a) *Description*: White powder or flat plates
 (b) *Melting-point*: Decomposes at 100°C
 (c) *Density*: Specific gravity = 2.35
 (d) *Solubility*: Soluble in cold water, 21.4% soluble at 25°C (Wojtowicz, 1979); insoluble in ethanol
 (e) *Stability*: Solid form decomposes exothermically when heated to 175°C, releasing oxygen (Mannville Chemical Products Corp., 1987). Can react vigorously, and sometimes explosively, with organic and inorganic materials; aqueous solutions subject to decomposition which is influenced by concentration, ionic strength, pH, temperature, light and impurities (Wojtowicz, 1979).
 (f) *Reactivity*: Strong oxidizer of organic and inorganic materials; also acts as a chlorinating agent toward some classes of organic compounds (Wojtowicz, 1979)

Sodium hypochlorite pentahydrate

(a) *Description*: Colourless crystals
 (b) *Melting-point*: 182°C
 (c) *Solubility*: In water (g/l): 293 at 0°C, 942 at 23°C
 (d) *Stability*: Highly unstable (Budavari, 1989)
 (e) *Reactivity*: Strong oxidizer of organic and inorganic compounds (Wojtowicz, 1979)

Sodium hypochlorite solution (aqueous)

(a) *Description*: Clear or slightly yellow solution
 (b) *Stability*: Anhydrous hypochlorite is highly explosive; the solution is subject to decomposition, which is influenced by its concentration, ionic strength, pH, temperature, light and impurities; also susceptible to catalysis by trace metal impurities (Wojtowicz, 1979)
 (c) *Reactivity*: Strong oxidizer of many organic and inorganic substances and chlorinates some classes of organic compounds. Contact with acid releases chlorine gas (Jones Chemical, 1989). Reacts violently with ammonium salts, aziridine, methanol and phenylacetonitrile, sometimes resulting in explosion. Reacts with primary aliphatic and aromatic amines to form explosively unstable N-chloramines. Reaction with formic acid becomes explosive at 55°C (Sigma-Aldrich Company, 1989).

Fonte: WHO/IARC, 1991.

Link: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK506913/pdf/Bookshelf_NBK506913.pdf

FIGURA 6– Imagens de páginas do documento IARC - Monographus on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Volume 52 – Chlorinated Drinking – Water; Chlorination By-Products; some other halogenated compounds; cobalt and cobalto compounds.



		<i>Calcium/Sodium Hypochlorite</i>	
Sources/Uses	Sodium and calcium hypochlorite are manufactured by the chlorination of sodium hydroxide or lime. Sodium and calcium hypochlorite are used primarily as oxidizing and bleaching agents or disinfectants. They are components of commercial bleaches, cleaning solutions, and disinfectants for drinking water and waste water purification systems and swimming pools (Teitelbaum 2001).		
Standards and Guidelines	AIHA WEEL: STEL (15-min) = 2 mg/m ³		
Physical Properties	Calcium Hypochlorite	Sodium Hypochlorite	
Description:	White powder, pellets or flat plates	Clear greenish yellow liquid	
Warning properties:	Chlorine odor; inadequate warning of hazardous concentrations	Chlorine odor; inadequate warning of hazardous concentrations	
Molecular weight:	142.98 daltons	74.44 daltons	
Boiling point (760 mm Hg):	Decomposes at 100 °C (HSDB 2001)	Decomposes above 40 °C (HSDB 2001)	
Freezing point:	Not applicable	6 °C (21 °F)	
Specific gravity:	2.35 (water = 1)	1.21 (14% NaOCl solution) (water = 1)	
Water solubility:	21.4% at 76 °F (25 °C)	29.3 g/100 g at 32 °F (0 °C)	
Flammability:	Not flammable	Not flammable	
Incompatibilities	Calcium or sodium hypochlorite react explosively or form explosive compounds with many common substances such as ammonia, amines, charcoal, or organic sulfides.		

Fonte: ATSDR/CDCP, sd.

Link: <https://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmq184.pdf>

FIGURA 7- Imagem da página 3 do documento da ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry).

4) A Figura 8 mostra a página de *Technical Evaluation Report Page / ICF Consulting for the USDA National Organic Program (AMS.USDA, 2006)*, veja a forma/critério que se apresenta a solubilidade do hipoclorito de cálcio, tal forma visa somente dificultar uma comparação com o valor do hipoclorito de sódio, mas o valor final indicado para a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ é na verdade 21,4%, **É UMA GRANDE MÁGICA**, veja:

$$2,14E+05 = 2,14 \times 10^5 \text{ mg/L} = 214.000 \text{ mg/L} = 214 \text{ g/L} = 21,4 \text{ g/100 mL} \rightarrow 21,4 \%$$

34 Chlorine dioxide is a yellow-green to orange gas or liquid. Production of chlorine dioxide liquid uses acids
35 and sodium chlorite solutions to generate the chlorine dioxide. To produce chlorine dioxide gas,
36 hydrochloric acid (HCl) or chlorine is brought together with sodium chlorite.
37

38 Additional names and chemical properties of calcium hypochlorite, sodium hypochlorite, and chlorine
39 dioxide are listed below in Table 1.
40

41 **Table 1. Synonyms and Chemical Properties of Calcium Hypochlorite, Sodium Hypochlorite, and**
42 **Chlorine Dioxide²**
43

	Calcium Hypochlorite	Sodium Hypochlorite	Chlorine Dioxide
Synonym	BK Powder; Calcium hypochloride; Calcium hypochlorite; Calcium hypochlorite, dry; Calcium oxychloride; Chloride of lime; Chlorinated lime; HTH; Hy-Chlor; Hypochlorous Acid, Calcium Salt; Lime chloride; Lo-Bax; Losantin; Mildew remover X-14; Perchlorox; Pittechlor	Antifommin; B-K; bleach; Carrel-dakin solution; Chlorox; Chlorox; Clorox; Dakin's solution; Hychlorite; Javelle water; Javex; Liquid bleach; Mera industries 2MOM3E; Miltor; Modified dakin's solution; Piochlor; Showchlor; Sodium hypochlorite; Sodium hypochlorite, 13% active chlorine; Sodium oxychloride	Alcide; Anthium dioxide; Chlorine(IV) oxide; Chlorine oxide; Chlorine peroxide; Chloroperoxide; Chloriperoxyl; Chloryl radical; Caswell No. 179A; Doxide 50
Trade Names	Perchloron, Clorox™, Purex, CPE00345 Pro Pure Calcium Hypochlorite, Kern Tek SHOCK	Clorox™, Purex, Javel water	--
Molecular Weight	142.9848	74.44217	67.4518
Boiling Point (°C)	---	40	-59
Melting Point (°C)	100	18	11
Density	2.35 (25°C)	1.209 (25°C)	1.642 (0°C)
Vapor Pressure (25°C)	7.22E-13 mmHg	---	---
Water Solubility (25°C)	2.14E+05 mg/L	---	3.01 g/L

44
45 Reaction products of calcium hypochlorite, sodium hypochlorite, and chlorine dioxide are listed below in
46 Table 2. The reaction products produced in water (highlighted) are those that are produced during the
47 disinfection process.
48

Link: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Chlorine%203%20TR.pdf>

Fonte: AMS.USDA, 2006.

FIGURA 8- Imagem da página 2 do documento Technical Evaluation Report - Chlorine/Bleach – Livestock.

Na procura de informações sobre a solubilidade do hipoclorito de cálcio encontra-se o site da empresa www.chemicalland21.com.

A seguir apresento a imagem da página (Figura 9) da empresa referente às características químicas do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, encontramos uma informação relevante sobre a solubilidade, não se apresenta um valor para solubilidade e afirma: “Solúvel com liberação de gás cloro (Decompõe-se em água)” e indica o **valor de insolúveis em água**, em função da concentração do produto, para a **concentração mínima de 65%** informa um **teor de insolúveis máximo de 25%** e para a **concentração mínima de 70%** o **teor de insolúveis máximo é 18%**.

CHEMICALLAND21
www.chemicaland21.com

CALCIUM HYPOCHLORITE

PRODUCT IDENTIFICATION

CAS NO.	7778-54-3	$\text{Cl}-\text{O}^- \quad \text{Ca}^+ \quad \text{O}^- - \text{Cl}$
EINECS NO.	231-908-7	
FORMULA	$\text{Ca}(\text{OCl})_2$	
MOL WT.	142.98	
H.S. CODE	2828.10.0000	
TOXICITY	Oral rat LD50: 850 mg/kg	

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE	White or grayish-white powder with chlorine-like odor
MELTING POINT	177 C (Decomposes with release of heat and oxygen)
BOILING POINT	
SPECIFIC GRAVITY	2.35
SOLUBILITY IN WATER	Soluble with release of chlorine gas (Decomposes in water)
SOLVENT SOLUBILITY	Decomposes in alcohol
pH	
VAPOR DENSITY	6.9
AUTOIGNITION	
NFPA RATINGS	Health: 3; Flammability: 0; Reactivity: 1; Other: Oxidizer
REFRACTIVE INDEX	
FLASH POINT	Not combustible but thermally unstable at higher temperature.
STABILITY	Rapidly decomposes on exposure to air, heat or sunlight.

SALES SPECIFICATION

65% GRADE	
APPEARANCE	White granule (or tablet)
CHLORINE CONTENT	65% min
MOISTURE	5-10%
Fe	0.03% max
Mn	40ppm max
INSOLUBLES IN WATER	25.0% max
70% GRADE	
APPEARANCE	White granule (or tablet)
CHLORINE CONTENT	70% min
MOISTURE	5-10%
Fe	0.03% max
Mn	40ppm max
INSOLUBLES IN WATER	18.0% max
PARTICLE SIZE	90% (10 - 50 mesh)
TRANSPORTATION	
PACKING	50kgs in iron drum (65% Grade), 40kgs in plastic drum (70% Grade)
HAZARD CLASS	5.1 (Packing group : II)
UN NO.	1748

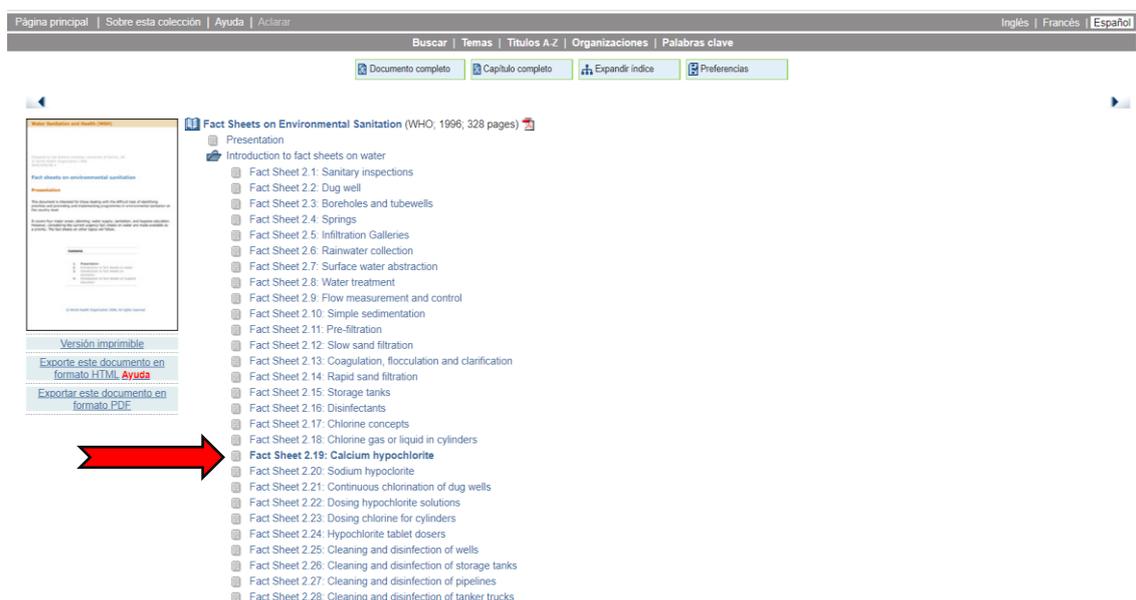
Fonte: CHEMICALLAND, 2016.

Link: <http://www.chemicaland21.com/industrialchem/inorganic/CALCIUM%20HYPOCHLORITE.htm>

FIGURA 9- Imagem da página da empresa CHEMICALLAND sobre $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.

O único derivado clorado que tem procedimento definido pela OMS (WHO) para o preparo das soluções para o processo de desinfecção química é o hipoclorito de cálcio [$\text{Ca}(\text{ClO})_2$], existe somente um motivo para essa indicação, a sua baixa solubilidade.

A informação e o procedimento de preparo das soluções de hipoclorito de cálcio são vinculados ao documento “*Fact Sheets on Environmental Sanitation (WHO, 1996, 238 pages)*” disponível na referência HELID/PAHO/WHO (1998) (Figura 10). A HeLiD (Health Library for Disasters) é uma organização vinculada a PHAO (Pan American Health Organization) e WHO (World Health Organization).



Link: <http://helid.digicollection.org/es/d/Js13461e/2.19.html>

Fonte: HELID, 1998.

FIGURA 10- Imagem da página indicando o Documento “*Fact Sheets on Environmental Sanitation (WHO, 1996, 238 pages)*”.

O documento *Fact Sheet 2.19* vinculado ao procedimento de preparo das soluções de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, informa que o produto sólido deve ser colocado em água e misturado dentro de um tanque, formando uma solução turva, que deve ser deixada para decantar, a parte sobrenadante clarificada é transferida para outro tanque de armazenamento. Veja a Figura 11, imagem original, que representa como preparar soluções de hipoclorito de cálcio segundo WHO (1996), que está disponibilizado no site WHO (World Health Organization) (WHO, 2020).



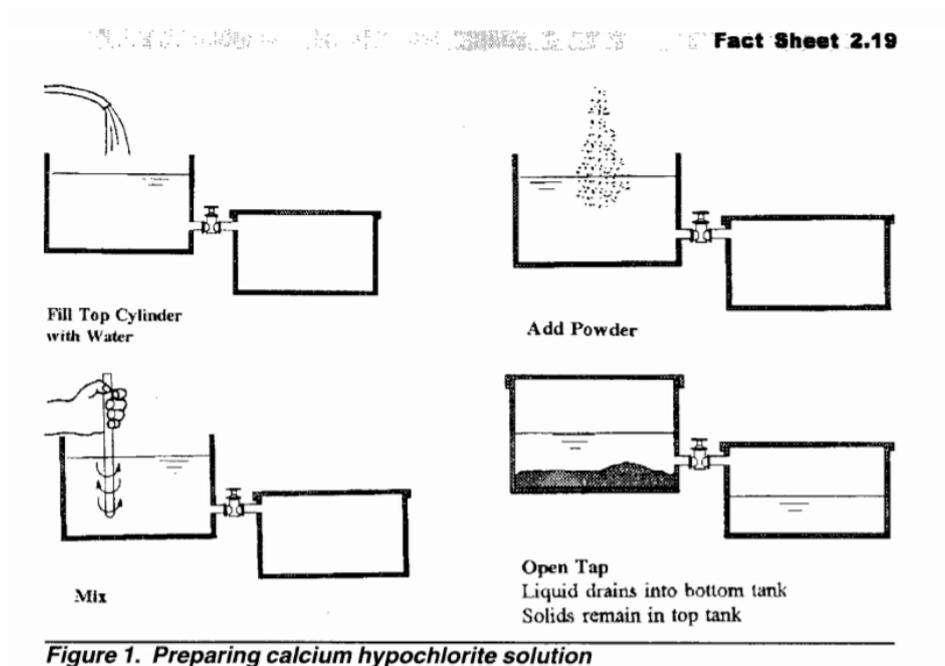


Figure 1. Preparing calcium hypochlorite solution

The concentration of chlorine in solutions, once they are prepared, should not exceed 5 per cent. If it does, then considerable chlorine may be lost in the sediment. The weight of powder to be added to a tank to prepare a chlorine solution of a given strength can be easily calculated, as shown in Box 1.

Link: https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs2_19.pdf?ua=1

Fonte: WHO, 2020.

Figura 11– Preparação da solução de hipoclorito de cálcio segundo o “Fact Sheets 2.19” disponibilizado pela WHO (World Health Organization).

O documento anterior denominado de *Fact Sheet 2.19* (WHO, 2016) indica um procedimento para o uso do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ e se coloca frontalmente contrário ao documento WHO/IARC (1991), no qual se indica uma solubilidade 21,4% (25°C) ou seja 214 g/L de água, baseada na referência WOJTOWICZ (1979).

O procedimento é reafirmado no documento “*Principles and Practices of Drinking-water Chlorination*” lançado em 2017 pela WHO (World Health Organization) / Regional Office for South-East Asia (Figura 12), traz a indicação do *Fact Sheet 2.19* e em apresentação (Figura 13) mostra a mesma imagem que está disponibilizada no documento de 1996 (WHO, 2017a).

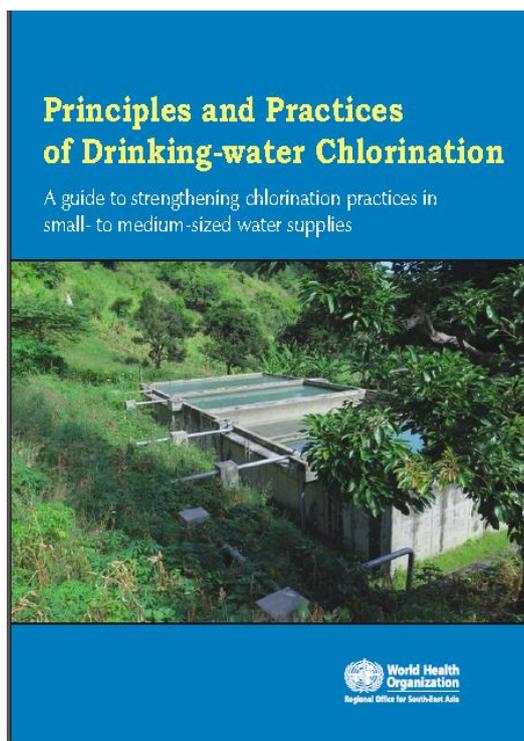
www.jorgemacedo.pro.br

YouTube: **ÁGUASÁGUAS**
www.youtube/c/ÁGUASÁGUAS

Facebook: **Águas e Águas**
@livroaguaseaguas

Jorge Macedo, D.Sc.
Química Tecnológica

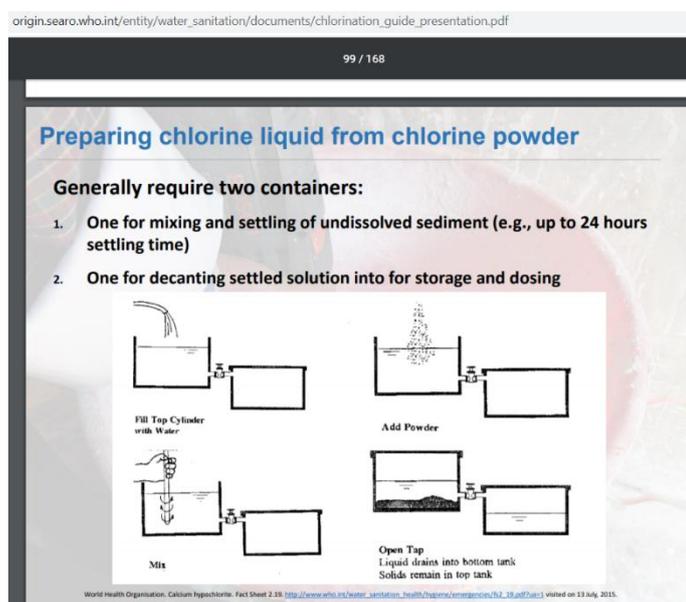
PISCINA



Link: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255145/9789290225362-eng.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Fonte: WHO, 2017.

FIGURA 12- Imagem da capa do documento “*Principles and Practices of Drinking-water Chlorination*” lançado em 2017 pela WHO (World Health Organization) / Regional Office for South-East Asia.



Link: http://origin.searo.who.int/entity/water_sanitation/documents/chlorination_guide_presentation.pdf

Fonte: WHO, 2017a.

FIGURA 13 – Imagem de um slide da apresentação dos *Principles and Practices of Drinking-water Chlorination/Chlorination Guide Presentation*”, lançado em 2017.

Finalmente uma publicação da **United Nations Environment Programme (UNEP)** em conjunto com a **Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)** (OECD, 2006) apresenta o **SIDS (Screening Information Dataset)** do “Calcium Hypochlorite (CAS 7778-54-3)”, com base em informações fornecidas pelas 13 empresas mundiais fabricantes do hipoclorito de cálcio situadas em diversos países, esclarece de modo inequívoco, **na visão do autor**, essa não conformidade, encontrada nos documentos que envolvem a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.

Transcreve-se a seguir “*ipsis litteris*”, partes das páginas 43, 44 e 56 da publicação UNEP/OECD (OECD, 2006), nas quais indica-se quais as empresas de diversos países que são responsáveis pela informação sobre a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ e em qual pH se alcança tal nível de solubilização.

As informações do documento UNEP/OECD (OECD, 2006) mostram, **em item específico** (2.6.1 *Solubility in diferente media*) que o valor da solubilidade apresentada, na visão do autor, nas diversas FISPQ's de 18% **vincula-se a pH para soluções aquosas na faixa de 10,5 a 11,5**. Ressalta-se que, esse valor não é indicado em nenhuma das FISPQ's e/ou documentos consultados, o que comprova, que, em pH menor (pH de 6,5 a 9,5) para utilização da referida substância química, sua solubilidade será, com certeza, muito inferior ao valor indicado de 18%. Na faixa de pH, na qual o produto é utilizado, sua solubilidade varia de 3 a 5%, dependendo da qualidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, da temperatura e do pH do meio aquoso (Figura 14).

OECD SIDS	CALCIUM HYPOCHLORITE
1. GENERAL INFORMATION	ID: 7778-54-3 DATE: 22.08.2006

1.0.1 Applicant and Company Information

Type: lead organisation

Name: **Nippon Soda Co., Ltd.**

...

30-OCT-2005

Type: cooperating company

Name: **TOSOH CORPORATION**

...

30-OCT-2005

Type: cooperating company

Name: **Nankai Chemical Industry Co., Ltd**

...

30-OCT-2005

Name: **Bayrol Chemische Fabrik GmbH**

...

30-OCT-2005

Name: **Bayrol France S. A.**

30-OCT-2005

Name: **Deutsche Sinochem GmbH**

30-OCT-2005

43

UNEP PUBLICATIONS

Link: <https://hpvchemicals.oecd.org/ui/handler.axd?id=2ee23bc2-f970-45e3-a846-4c757e80a11b>

FIGURA 14- Imagens de páginas do documento UNEP/OECD (OECD, 2006).

CONTINUAÇÃO FIGURA 14.

OECD SIDS	CALCIUM HYPOCHLORITE
1. GENERAL INFORMATION	ID: 7778-54-3 DATE: 22.08.2006

1.0.1 Applicant and Company Information

Name: **MB SVEDA AB**...
30-OCT-2005Name: **Melchemie Holland BV**...
30-OCT-2005Name: **NEUBER GES.M.B.H.**...
30-OCT-2005Name: **OLIN CORPORATION**...
30-OCT-2005Name: **OLIN S.A.**...
30-OCT-2005Name: **PQS BRENNTAG**...
30-OCT-2005Name: **Solvay S.A.**...
30-OCT-2005

UNEP PUBLICATIONS	44
-------------------	----

OECD SIDS CALCIUM HYPOCHLORITE	
1. GENERAL INFORMATION	ID: 7778-54-3 DATE: 22.08.2006

...		
2.6.1 Solubility in diferente media		
Value		ca. 18 vol% at 25 degree C
pH	Value:	ca. 10.5 – 11.5
	Conc.:	1 vol% at 25 degree C
...		
UNEP PUBLICATIONS	56	

Link: <https://hpvchemicals.oecd.org/ui/handler.axd?id=2ee23bc2-f970-45e3-a846-4c757e80a11b>

FIGURA 14- Imagens de páginas do documento UNEP/OECD (OECD, 2006).

4- Conclusões

4.1- NÃO EXISTE UMA EXPLICAÇÃO E/OU QUALQUER PROPRIEDADE QUÍMICA para justificar o comportamento anormal do hipoclorito de cálcio quanto a sua solubilidade, para o valor estar próximo do indicado para o sulfato de sódio, como apresentado no gráfico da Figura 1.

4.2- Com base nos documentos apresentados de empresas/instituições e de épocas diferentes **NÃO EXISTEM DÚVIDAS** de que o valor da solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ **NÃO É** 18% (18 g/100 mL de H_2O) ou 180 g de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ por Litro de água, para a faixa de pH de uso cotidiano.

4.3- O que pode ser inferido, com base nas informações anteriores das diversas bibliografias, no que se refere à informação das FISPQ's, no que tange **a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$** , o valor indicado de 18% pode corresponder **AO TEOR DE INSOLÚVEIS DO PRODUTO** e **NÃO A SUA SOLUBILIDADE EM ÁGUA**. É necessário realizar uma pesquisa com todos os produtos disponíveis no mercado para determinação da solubilidade real do hipoclorito de cálcio.

4.4- Com base nas referências citadas, a sua solubilidade dependendo da qualidade do hipoclorito de cálcio [$\text{Ca}(\text{ClO})_2$], da temperatura, da faixa de pH de uso cotidiano o valor **varia de 3 a 5%**.

4.5- Diversos documentos apresentados mostram de modo muito claro a tentativa de não citar a solubilidade do $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ **na mesma unidade da solubilidade** do NaClO . Sem nenhuma dúvida, essa atitude é para tentar evitar a possibilidade de comparações entre valores, pois essa comparação chamaria a atenção para o valor anômalo apresentado para o hipoclorito de cálcio e que não existe na Química como justificá-lo.

Em um mesmo documento, em Química, sempre se padroniza a forma de apresentar as concentrações das substâncias.

4.6- Para ajustar a divulgação da informação da solubilidade de 18%, basta colocar ao lado do valor da solubilidade a faixa de **pH (10,5-11,5)**, mas, como ninguém utiliza o referido produto nessa faixa de pH, nesse caso ocorreriam com certeza muitos questionamentos sobre **o verdadeiro rendimento do produto**, na opinião do autor, **o seu custo** quando comparado com os concorrentes inviabilizaria a sua venda pois se apresentaria com baixa solubilidade e alto teor de insolúveis.

4.7- Na pesquisa realizada pelo autor apenas uma empresa no Brasil indica que, para o hipoclorito de cálcio que o teor de **inertes é 35%** e que a umidade varia de 5,5 a 10%.



5- BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, H. **Métodos para o Incremento da Solubilidade de Substâncias Activas Pouco Solúveis (BCS – Classe II)**. 114p. Lisboa. Dissertação [Mestrado em Farmacotecnia Avançada] - Universidade de Lisboa. 2009.

AMS.USDA. **Technical Evaluation Report - Chlorine/Bleach – Livestock**. Compiled by ICF Consulting for the USDA National Organic Program. 13p. January 6, 2006. Disponível em: <<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Chlorine%203%20TR.pdf>>. Acesso em 31 de maio de 2020.

ANIDROL. **Hidróxido de cálcio**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Diadema: Anidrol Produtos para Laboratórios Ltda. 9p. 05 de novembro de 2014.

ANIDROL. **Carbonato de Sódio Anidro**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Diadema: Anidrol Produtos para Laboratórios Ltda. 9p. 23 de julho de 2015.

ANIDROL. **Sulfato de Cálcio Dihidratado p.a**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Diadema: Anidrol Produtos para Laboratórios Ltda. 8p. 19 de maio de 2014a.

ARCH. **Hipoclorito de Cálcio**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Salto: Arch Química Brasil Ltda. 9p. 19 novembro de 2015.

ATSDR/CDCP. **Medical Management Guidelines for Calcium Hypochlorite. General Information**. 20p. ATSDR/CDCP- Agency for Toxic Substances & Disease Registry / Centers for Disease Control and Prevention. sd. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg184.pdf>>. Acesso em 31 de maio de 2020.

BANDEIRANTE BRAZMO. **Hidróxido De Sódio 98%**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Mauá: Bandeirante Química Ltda. 8p. 13 de novembro de 2013.

BANDEIRANTE BRAZMO. **Carbonato de cálcio leve**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Mauá: Bandeirante Química Ltda. 7p. 07 novembro de 2013a.

BANDEIRANTE BRAZMO. **Carbonato de Sódio**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Mauá: Bandeirante Química Ltda. 8p. 17 de março de 2014.

BERACA. **Hipoclorito de Cálcio Granulado**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Anápolis: Beraca Sabará Químicos e Ingredientes S/A. 27 de julho de 2011.

BRASIL. **Farmacopeia Brasileira**. 6ª edição / Volume I. Brasília: Ministério da Saúde – MS / Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. 873p. 2019.

CHEMICALLAND. **Calcium Hypochlorite**. Disponível em: <<http://www.chemicalland21.com/industrialchem/inorganic/CALCIUM%20HYPOCHLORITE.htm>>. Acesso em 10 de abril 2016.

CREDIE. **Sulfato de Sódio Anidro**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Manaus: Química Credie Ltda. 21 de março de 2012.

GENCO. **Hipoclorito de cálcio granulado - POOL-TRAT® Cloro Granulado Genco®**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Guarulhos: Genco Química Industrial Ltda. 13p. Dezembro de 2015.

GENCO. **AQUATRAT - Hipoclorito de Cálcio Granulado Genco**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Guarulhos: Genco Química Industrial Ltda. 11p. Maio de 2016.

HELID/PAHO/WHO. Fact Sheets on Environmental Sanitation: Introduction to fact sheets on water: Fact Sheet 2.19: Calcium hypochlorite. Health Library for Disasters (HeLiD) – HELID, 1998. Disponível em: <<http://helid.digicollection.org/es/d/Js13461e/2.19.html>>. Acesso em 31 de maio de 2020.

HIDROALL. **HCL HYPO - Hipoclorito de Cálcio**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Valinhos: HidroAll do Brasil. 12p. 22 de maio de 2017.

ISOLAB. **Hipoclorito de Sódio**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. 10/08/2002. Disponível em: <<https://cloud.cnpqc.embrapa.br/wp-content/igu/fispq/laboratorios/Hipoclorito%20de%20S%c3%b3dio.pdf>>. Acesso em 29 de maio de 2020.

LABSYNTH. **Hidróxido de Cálcio**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Diadema: Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda. 4p. 09 setembro de 2014.

MAKAROV, S. Z.; SHCHARKOVA, E. F. Solubility Isotherms (10°C) for the Ternary Calcium and Sodium Hypochlorite and Chloride Systems. **Zhurnal Neorganicheskoi Khimii**. v.14. n.1. pp.3096-3099. 1969.

MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**. v.36. n.8. 2013.

MERCK. **RonaCare® Calcium Carbonate**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. São Paulo: MERCK S/A. 6p. 02 dezembro de 2015.

MERCK. **Sodium hydroxide pellets**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. São Paulo: MERCK S/A. 16p. 26 de novembro de 2018.

MERCK. **Sulfato de cálcio dihidratado**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. São Paulo: MERCK S/A. 11p. 12 de dezembro de 2016.

OECD. **SIDS (Screening Information Dataset) Initial Assessment Report Calcium Hypochlorite (CAS 7778-54-3)**. Paris/France: United Nations Environment Programme (UNEP) / Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) / Nippon Soda Co., Ltd./ Tosoh Corporation / Nankai Chemical Industry Co., Ltd. 260p. 22 August 2006.

PITOMBO, L. R. M.; MARCONDES, M. E. R. **Química e Sobrevivência: Hidrosfera Fonte De Materiais**. GEPEC. Grupo de pesquisa em Educação em Química Fonte de Materiais. São Paulo: EDUSP. 200p. 2005.

QUÍMICA MODERNA. **Sulfato de Sódio Anidro PA**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Barueri: Química Moderna Ind. e Com. Ltda. 3p. 01 outubro 2012.

QUIMIL. **HIPOCLORITO DE CÁLCIO - Q-HIPO 65**. Simões Filho.: Quimil Indústria e Comércio S/A. 16p. Novembro de 2014.

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 Faria de Santana. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26°. 2011. Porto Alegre/RS, **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2011.

SASIL. **Hidróxido de sódio Escama**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Salvador: Sasil Comercial e Industrial de Petroquímicos Ltda. 9p. 20 de agosto de 2008.

SUALL. **Hidróxido de Cálcio - Cal hidratada**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Lavrinhas: Suall Indústria e Comércio Ltda. 10p. 06 de novembro de 2012.

SUPERQUÍMICA. **Hipoclorito de Cálcio**. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ. Canoas: Superquímica Comércio e Transporte Ltda. 5p. 23 de novembro de 2009.

WHO/IARC. **IARC - Monographus on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - Chlorinated Drinking – Water; Chlorination By-Products; some other halogenated compounds; cobalt and cobalto compounds**. Vol. 52. Lyon/France: World Health Organization / Internacional Agency for Research on Cancer. 553p. 1991.

WHO. **Fact Sheet 2.19. Calcium hypochlorite**. Disponível em: <https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs2_19.pdf?ua=1>. Acesso em 31 de maio de 2020.

WHO. **Principles and Practices of Drinking-water Chlorination A guide to strengthening chlorination practices in small- to medium-sized water supplies**. New Delhi: World Health Organization / Regional Office for South-East Asia. 62p. 2017.

WHO. **Principles and Practices of Drinking-water Chlorination/Chlorination Guide Presentation**. WHO, 2017a. Disponível em: <http://origin.searo.who.int/entity/water_sanitation/documents/chlorination_guide_presentation.pdf>. Acesso em 31 de maio de 2020.

WOJTOWICZ, J. A. **Chlorine Monoxide, Hypochlorous Acid, and Hypochlorites**, in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. v. 5. 3rd ed. New York: Wiley-Interscience. pp.580-611. 1979.

WOJTOWICZ, J. A. **Chlorine oxygen acids and salts: dichlorine monoxide, hypochlorous acid, and hypochlorites**. In: Howe-Grant, M., Ed., Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 5, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 932-968, 1993.

WOJTOWICZ, J. A. **Dichlorine Monoxide, Hypochlorous Acid, and Hypochlorites**. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. New York: John Wiley & Sons. Online Posting Date: 16 Apr 2004.

