

7.

Referências Bibliográficas

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, **Toxicological profile for cyanide, 2006.** Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=19> Acesso em : 13 março 2012.

EL DIN, A.M.S., MOHAMMED R.A., **Kinetics of the reaction between hydrogen peroxide and hypochlorite**, Desalination, v. 115, 1998, p. 145-153.

APHA, AWWA, WEF, **Standards Methods for Examination of Water and Wastewater**, 21th Edition, American Publications, Washington, 2005.

BAKIR, O.; TORÛ, E.; KOPARAL, S.; **Removal of cyanide by anodic oxidation for wastewater treatment.** Elsevier Science, v. 33 N° 8, 1999, p. 1851-1856.

BELLUS, D., **Advanced Photochemical**, v. 17, 1979, p. 105

BELTRÁN, F.; GONZÁLEZ, M.; GONZÁLEZ, J. – **Industrial wastewater advanced oxidation. Part I. UV radiation in the presence and absence of hydrogen peroxide**, Water Research, v. 31, 1997, p. 2405 – 2414.

BONAN, A. **Estudo cinético da oxidação de cianetos em efluentes com peróxido de hidrogênio**, dissertação de mestrado, PUC-Rio, Brasil, 1992.

BOBERLY J.; DEVUYST A.; ETTTEL A.; **Cyanide Removal from aqueous streams**, Toronto CA, US Patente 4,537,686, 1985.

BROWN, J. G., **Analysis and simulation of reactive transport of metal contaminants in ground water in pinal creek basin, Arizona.**, Amsterdam, 1998.

CARRILLO F. R., et al., **Cyanide Oxidation by Ozone in Cyanidation Tailings: Reaction Kinetics**, Minerals Engineering, v. 13, 2005, p. 541-548.

CASTRO, H.; VERGARA F.; SANCHEZ, A.; **Effluent Treatment in the Mining Industry**. Department of Metallurgical Engineering University of Concepcion, Chile, 1998.

CASTAGNA R., et al., **Hydroxyl radical from the reaction between hypochlorite and hydrogen peroxide**, Elsevier, v. 42, 2008, p. 6551-6554.

CINOPOLI GONÇALVES, Adriana; **“Tratamento de Efluentes Contendo Cianeto Livre através do Sistema H₂O₂/UV”**, Tese de Doutorado, Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia, PUC-Rio, Brasil, 2004.

CRC Handbook of chemistry and physics (CRC handbook). Edited by R.C. WEST, M.J. ASTLE, W.H. BEYER. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 1985.

CRITTENDEN, J. C.; HU, S.; HAND, D.; GREEN, S. – **A kinetic model for H₂O₂/UV process in a completely mixed batch reactor**, Water Research, Vol. 33, n.10, 1999, pp. 2315-2328.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução N° 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de março de 2005, p.59-60.

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente N° 20/ 1986** estabelece a classificação das águas e os níveis de qualidade exigidos.

CONNICK, Robert E., **The interaction of hydrogen peroxide and hypochlorous acid in acidic solutions containing chloride ion**. Journal of the American Chemical Society, v. 69, 1947, p. 1509-1514.

DA COSTA, Carlos, **Degradação de Cianetos por Hipoclorito de Sódio**, CETEM, 1992.

DASH R., GAUR A., BALOMAJUMDER CH., **Cyanide in industrial wastewaters and its removal: A review on biotreatment**, Elsevier, v. 163, 2009 p. 1-11.

DA SILVA A., DE OLIVEIRA I., DA SILVA J.; Artigo dispensa avaliação, pois trata de um projeto da Categoria de Equipamentos que recebeu 1º lugar no Concurso Inova de 2007 Escola SENAI “Nadir Dias de Figueiredo”, CFP 1.19.

DE ROSA Maria, CRUTCHLEY Robert, **Photosensitized singlet oxygen and its applications**, Coordination Chemistry reviews, v. 233-234, November 2002, p. 351-371.

DENNIS F. EVANS, UPTON M., **Studies on Singlet Oxygen in Aqueous Solution. Part 1. Formation of singlet Oxygen from Hydrogen Peroxide with Two-electron Oxidants**, Publication in J. CHEM. SOC. DALTON TRANS, 1985, p.1141-1145.

DEZOTTI, M., **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental em Efluentes Líquidos**, PEQ/COOPE/UFRJ, 2008, p. 243-360.

DIAZ C., et al., **Oxidation of methyl linoleate with chemically generated singlet oxygen by the sodium molybdate/ hydrogen peroxide system**, Revista do Departamento de Engenharia. Universidade Antioquia N° 48 Mensal, 2009, p. 38-44.

DOMÉNECH, X.; JARDIM, W.F.; LITTER, M.I. **Procesos Avanzados de oxidación para eliminación de contaminantes**. In: CYTED, 2001.

DURAN N., **Excited states generation in chemical and biological system**, (Edit by W. Adam. E G. Cilento), Academic Press, New York., no prelo.

EISLER A., **Tratamento de Águas Residuárias de Indústrias Químicas por processos oxidativos avançados – POA**. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- Brasil, 2003.

FENTON, H.J.H., **On a New Reaction of Tartaric Acid** (Letter to the editor), Chemical News, 1876.

FLAHERTY, K. A., HUANG, C. P., **Continuous Flow Applications of Fenton's Reagent for the Treatment of Refractory Wastewaters**, Symposium on Chemical Oxidation – Technologies for the Nineties. V. 2, 1992, p. 19-21.

FONSECA V., **Estudo da fotodegradação de corantes reativos por oxidação com H₂O₂ fotoativado com radiação ultravioleta**, Dissertação de mestrado, UFRJ, Programa de Pós-graduação em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro- Brasil, 2003.

FURTADO, Sandra, **Geração de Oxigênio Singlete na degradação de malonaldeído por peroxidasa**, Teses de Mestrado, UNICAMP Campinas - Brasil, 1982.

GARDINGO, Mariana, **Tratamento de águas e efluentes contendo surfactantes a través do sistema peróxido de hidrogênio/hipoclorito**, dissertação de mestrado, PUC-Rio, Brasil, 2010.

GLAZE, W.H.; KANG, J.W.; CHAPIN, D.H.; **The Chemistry of Water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation**, Ozone science & Engineering, v9, 1987, p. 335-352.

GUEDES, A. M. F. M, **Oxidação Química com Reagente de Fenton: Aplicação às águas de cozimento da cortiça**, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Novembro de 1998.

GOLDSTEIN M., **Economics of treating cyanide wastes**, Pollut. Eng. v. 8, 1976, p. 36–38.

GONÇALVES, LENISE, **Avaliação do Processo Oxidativo Avançado H₂O₂/UV no tratamento de Efluente contendo Vinilciclohexeno**, Tese de dissertação de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro Brasil, 2005.

GOOGE R., et al., **Cyanide and the environment: Barrick Gold Corporation perspective**: Proceedings of the international symposium cyanide, Louisiana, 2001, p. 257-270.

GOTTSCHALK C.; LIBRA J. A.; SAUPE A.; **Ozonation of water and waste water: a practical guide to understand ozone and its application**, 2000.

HURST J.K., et al., **Hydrogen peroxide oxidation by chlorine compounds. Reaction dynamics and singlet oxygen formation**, Journal of the American Chemical Society, v. 20, 1981, p. 2435-2438.

JIANG H., et al., **characterization and oxidation of chromium(III) by sodium hypochlorite in alkaline solutions**, Elsevier, Acta 359, 2006, p. 3237-3242.

KHAN A.U., KASHA M., **Singlet molecular oxygen evolution upon simple acidification of aqueous hypochlorite: Application to studies on the deleterious health effects of chlorinated drinking water**, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, v. 91, 1994, p. 12362-12364.

KEPA U., STANCZYK E., LONGINA S., **The use of the advanced oxidation process in the ozone + hydrogen peroxide system for the removal of cyanide from water**, Elsevier, Desalination, v. 223, 2008, p. 187-193.

KNORRE, H., GRIFFITHS A., **Cyanide detoxification with hydrogen peroxide using the Degussa process**, in: D. van Zyl (Ed.), Proceeding of conference on Cyanide and the Environment, Tuscon, Arizona, December 1984.

KRINSKY N.I., **singlet oxygen in biological systems**, v. 2, 1977, p. 35-38

KURBUS, T.; MARECHAL, A. M.; VONCINA, D. B.- **Comparison of H₂O₂/UV, H₂O₂/O₃ and H₂O₂/Fe²⁺ processes for the decolorisation of vinilsulphone reactive dyes**, Dyes and Pigments, v. 58, 2003, p. 245-252.

KURNIAWAN, T.A.; LO, W.H.; CHAN, G.Y.S; **Radicals-catalyzed oxidation reactions for degradation of recalcitrant compound from landfill leachate**, Chemical Engineering Journal, v. 125, 2006, p. 35-37

LEAHY, Christopher David, **The Oxidation by peroxides of cyanides, cyanide complexes and related species**, University de London, London, 1990, p. 41-49.

LEGRINI, O; OLIVEROS, E; BRAUN, A.M.; **Photochemical processes for water treatment. Chemical Reviews**, v. 93, 1993, p. 671-698.

LIN, S. H.; LO, C.C. **Fenton process for treatment of desizing wastewater**. Water Research, v. 31, 1997, p. 2050-2056.

LINARDI, V. R., **Degradação biológica de cianetos**. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, v.1, n.4, 1998, p. 44-45.

MARCOS R., LANZA V., **Cyanide Oxidation from Wastewater in a flow Electrochemical Reactor. Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 41, 2002, p. 22 – 26.

MARQUES, V., **Tratamento de efluentes industriais por processos físico-químicos**, dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Brasil.

MARDDEN J., HOUSE I., **The Chemistry of Gold Extraction**, Ellis Horwood, New York, 1992.

MASCIO P., BECHARA H., **Singlet molecular oxygen production in the reaction of peroxyxynitrite with hydrogen peroxide**. USP – Departamento de Química, 1994.

MORAN, R. E. **Cyanide uncertainties, observations on the chemistry, toxicity, and analysis of cyanide in mining-related waters - mineral policy**. Center Issue Paper, Washington, D.C., n.1, 1998. Disponível em: <http://www.portaec.net/library/pollution/observations_on_the_chemistry.html> Acesso: May 2012.

MUDDER, T.I., BOTZ, M.M.; **Cyanide and society a critical review**. The European Journal of mineral processing and environmental protection, v. 4, 2004, p. 62-74.

NORIEGA R., et al., **Fundamentos e Aplicações ambientais dos processos Fenton e Foto-Fenton**, Química Nova, v. 30, 2007, p. 400-408.

PAIVA, J.G., et al., **determinação do teor de cloro livre nas soluções de hipoclorito de sódio**. Rev. Brasil. Odont., v. 46, 1989, p. 10-16.

PAOLO D. M., et al., **Singlet molecular oxygen production in the reaction of peroxyntirite with hydrogen peroxide**, EBS letters, v. 355, 1994, p. 287-289.

PARGA R., COCKE D., **Oxidation of cyanide in a hydrocycloone reactor by chlorine dioxide**, Desalination, v. 140, 2001, p. 289-296.

PARGA J.R., SHUKLA S., CARRILLO F., **Destruction of cyanide waste solutions using chlorine dioxide, ozone and titania sol**, Waste Management, v. 23, 2003, p. 183-191.

PERÓXIDOS DO BRASIL Ltda, **Segurança no Manuseio e Estocagem do Peróxido de Hidrogênio em Concentrações Comerciais**.

PIVELE, R.P., KATO, M.T.; **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico - Químicos**. 01 ed. São Paulo/SP: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

REDA Y., et al., **Removal of cyanide in aqueous solution by oxidation with hydrogen peroxide in presence of activated carbon prepared from olive stones**, Minerals Engineering, v. 23, 2010, p. 32-39.

REDA Y., et al., **Removal of cyanide in aqueous solution by oxidation with hydrogen peroxide in presence of copper impregnated activated carbon**; Minerals Engineering, v. 24, 2011, p. 786-793.

REZENDE W., et al., **A efervescente reação entre dois oxidantes de uso doméstico e a sua análise química por medição de espuma.** Química Nova v. 30, 2008, p. 66-69.

RICCARDO C., et al., **Hydroxyl radical from the reaction between hypochlorite and hydrogen peroxide,** Atmospheric Environment, v. 42, 2008, p. 6551-6554.

RONSEIN, et al., **Synthesis of hydrophilic and non-ionic anthracene derivative, the N,N-DI-92,3-dihydroxypropyl0-9;10-anthracenedipropanamide as a chemical trap for singlet molecular oxygen detection in biological systems,** Tetrahedron, v. 62, 2006, p. 10762-10770.

ROSENFELDT E., et al., **Comparison of the efficiency of •OH radical formation during ozonation and the advanced oxidation processes O₃/H₂O₂ and UV/H₂O₂,** Elsevier Water Research, v. 40, 2006, p. 3695-3704.

SARLA. M., et al., **Oxidation of Cyanide in Aqueous Solution by Chemical and Photochemical Process,** Journal of Hazardous Materials, v. 116, 2004, p.49–56.

SCHILLER, J. E., **Removal of cyanide and metals from mineral processing waste water;** US Department of interior. Bureau of Mines Report Investigation N° 8836, 1983.

SCHWEITZER C., SCHMIDT R., **Physical Mechanisms of Generation and Deactivation of Singlet Oxygen.** Chemistry Reviews, v. 103, 2003, p. 1685–1757. doi:10.1021/cr010371d.

SMITH, A.; MUDDER, T., **The chemistry and treatment of cyanidation wastes,** Mining Journal Books, Chapters 1,2,5 and 6, Londres, 1991.

SMITH, R.M.; MARTELL, A.E., **Stability Constants of Metal-Ion Complexes;** Special Publication, N° 17, The Chemical Society, London, 1991

TAMBOSI, et. al., **Treatment of meat industry wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC-MS and LC-MS**. Chemical Engineering Journal, v. 152, 2009, p. 151-157.

TEO W., TAN., **Hypochlorite oxidation of cyanate under mildly alkaline conditions**, Wat. Res., v. 21, 1987, p. 677-682.

TENDULKAR, S.R.; AGNIHOTRI, V.G., **Use of Hydrogen Peroxide in Treatment of Cyanide**; Special article –National Peroxide Ltd,1992.

TEXEIRA et al., **Degradation of surfactant SLS in water by singlet oxygen generated by the reaction between hydrogen peroxide and hypochlorite**, in press,2012.

TEXEIRA, L. A.; TAVARES, L. Y., **Detoxificação de efluentes contendo cianeto com peróxido de hidrogênio**; Anais do XIV Encontro Nacional de tratamento de Mineiros e Hidrometalurgia; 9 a 12 de Setembro de 1990, Salvador, p. 925-934.

TEIXEIRA, L.A.; TAVARES, L.; SILVA, M. – **Destruição de cianetos pelo uso combinado de peróxido de hidrogênio e UV solar**, Relatório interno laboratório de tecnologia ambiental, DCMM, PUC-Rio, março, 1994.

TUCKER; S.J., **Cyanide waste detoxification**; Effluent Water Treatment Journal – Insight on INTEROX, 1997, p. 42-48.

WANDERSON et al., **A efervescente reação entre dois oxidantes de uso doméstico e a sua análise química por medição de espuma**, Quimica Nova Escola, v. 30, 2007, p. 66-69.

YNGARD R. A., et al., **Ferrate (VI) and ferrate (V) oxidation of cyanide, thiocyanate, and copper (I) cyanide**, Radiation Physics and Chemistry, v. 77, 2008, p. 761-767.

8.

Apêndice

Apêndice 1

Apresentação dos resultados de obtidos na degradação do cianeto versus o tempo para cada experiência realizada a $T=25^{\circ}\text{C}\pm 1$

Tabela A1-1 Velocidades iniciais do cianeto oxidado por atuação isolada de H_2O_2 , NaClO e pela combinação de $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaClO}$ (Oxigênio Singlete) condições experimentais: pH = 9 e 11, $[\text{CN}^-]=100, 500$ e 1000mg/L , razões molares de $[\text{H}_2\text{O}_2]:[\text{CN}^-]$; $[\text{NaClO}]:[\text{CN}^-]$; $[\text{H}_2\text{O}_2+\text{NaClO}]:[\text{CN}^-] = 1:1$ e $2:1$

Exp	Condições				Resultados					Rate Inicial $\frac{\text{mmol}}{\text{L}\cdot\text{min}}$	% Remoção em 2 min.	Erro Exp.
	pH	$[\text{CN}^-]_0$ (mg/L)	Razão molar		$[\text{CN}^-]_t$ (mg/L) em diferentes tempos							
			H_2O_2	NaClO	0 min	2 min	5 min	20 min	60 min			
28	9	100	2	0	100	-	-	77,14	65,85	0,046	16,14	0,0026
29	9	100	1	0	100	-	-	82,51	72,54	0,032	9,00	0,0023
30	9	100	0	2	100	53,6	32,27	12,15	0	0,893	46,40	0,0009
31	9	100	0	1	100	82,2	77,56	34,89	5,23	0,345	18,00	0,0023
27	9	100	1	1	100	12,7	7,82	0,04	0	1,678	87,30	0,0003
32	9	100	0,5	0,5	100	22,30	16,65	9,63	3	1,49	77,70	0,0015
39	9	500	1	0	500	-	-	410,5	342,52	0,170	13,20	0,0023
40	9	500	0	1	500	380	348,8	188,5	48,61	2,168	23,80	0,0012
41	9	500	0,5	0,5	500	105	95,28	54,64	2,564	7,598	79,00	0,0035
45	9	1000	1	0	1000	-	-	802,31	654,85	0,380	16,50	0,0023
46	9	1000	0	1	1000	725	673,61	416,58	71,32	5,290	27,50	0,0019
47	9	1000	0,5	0,5	1000	87,41	64,68	17,96	1,72	17,5	91,30	0,0031
34	11	100	2	0	100	-	-	84,23	71,51	0,033	11,02	0,0021
35	11	100	1	0	100			87,15	78,23	0,027	7,23	0,0019
36	11	100	0	2	100	19,6	0,19	0	0	1,544	80,40	0,0029
37	11	100	0	1	100	65,6	27,22	15,43	0,23	0,665	34,40	0,0035
33	11	100	1	1	100	0,01	0	0	0	1,923	100,00	0,0003
38	11	100	0,5	0,5	100	17,5	15,43	14,07	13,12	1,586	82,50	0,0019
42	11	500	1	0	500	-	-	432,36	407,5	0,13	10,23	0,0035
43	11	500	0	1	500	296,67	120,1	87,2	1,43	3,91	40,70	0,0023
44	11	500	0,5	0,5	500	75,3	72,8	70,06	67,22	8,245	85,80	0,0004
48	11	1000	1	0	1000	-	-	865,3	808,64	0,260	10,75	0,0015
49	11	1000	0	1	1000	510,82	246,3	123,8	2,7	9,400	48,90	0,0023
50	11	1000	0,5	0,5	1000	60,26	52,48	47,36	38,49	18,07	94,00	0,0012

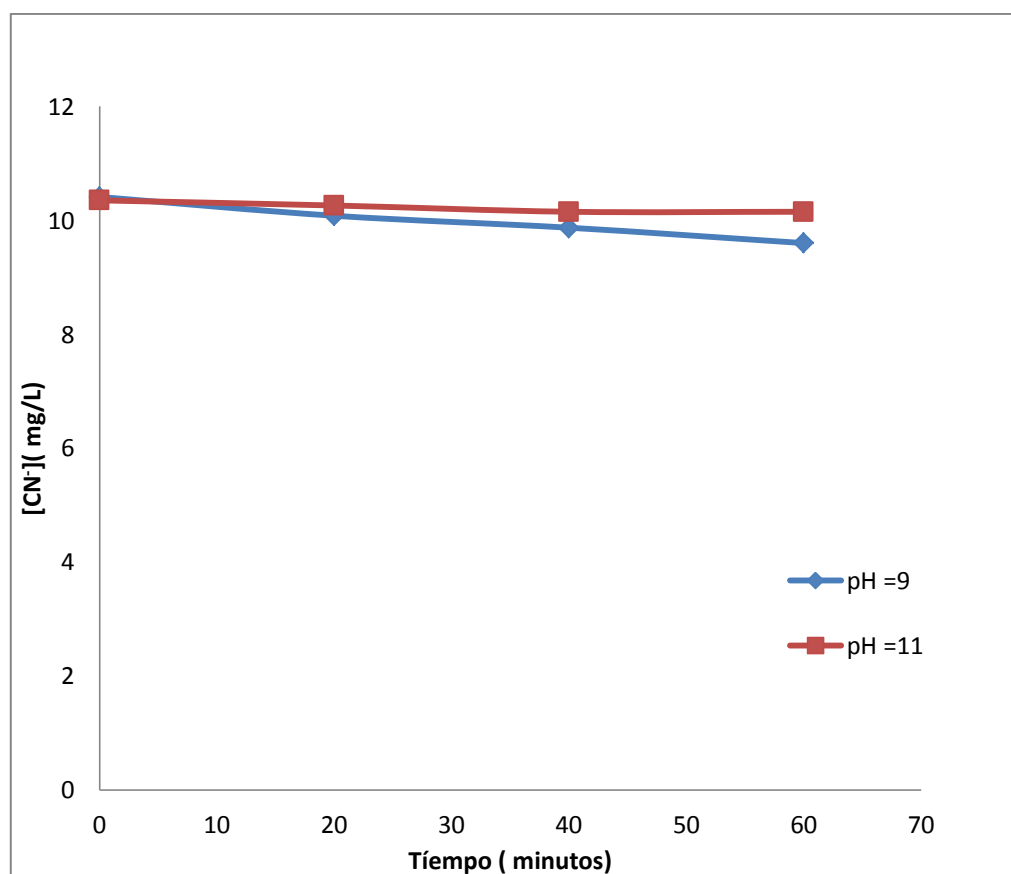
Tabela A1-2 Peróxido residual e Cl₂ residual após a degradação do cianeto, condições experimentais: pH 9 e 11, [CN⁻]= 10 mg/L, razão molar de 1:1 (diferentes dosagens de oxidantes) e 2:1

Exp	Condições				H ₂ O ₂	Cl ₂
	pH	[CN ⁻] ₀ (mg/L)	Razão molar		residual	residual
			H ₂ O ₂	NaClO	mg/L	mg/L
2	9	10	2	0	67	0
3	9	10	1	0	48	0
4	9	10	0	2	0	0,41
5	9	10	0	1	0	0,25
11	9	10	0	0,8	0	0,12
12	9	10	0	0,6	0	0,09
13	9	10	0	0,4	0	0,08
51	9	10	0	0,2	0	0,02
15	11	10	2	0	75	0
16	11	10	1	0	51	0
17	11	10	0	2	0	0,74
18	11	10	0	1	0	0,53
24	11	10	0	0,8	0	0,1
25	11	10	0	0,6	0	0,29
26	11	10	0	0,4	0	0,39
52	11	10	0	0,2	0	0,41
1	9	10	1	1	1,5	0,031
6	9	10	0,5	0,5	1,3	0,005
10	9	10	0,2	0,8	0	0,02
9	9	10	0,4	0,6	0	0,04
8	9	10	0,6	0,4	2	0,02
7	9	10	0,8	0,2	5	0,03
14	11	10	1	1	0	0,008
19	11	10	0,5	0,5	0	0,002
23	11	10	0,2	0,8	0	0,27
22	11	10	0,4	0,6	0	0,034
21	11	10	0,6	0,4	2	0,027
20	11	10	0,8	0,2	5	0,03

Tabela N° A1-3, Concentrações da oxidação do cianeto por degradação natural. Condições experimentais, pH=9 e 11, $[\text{CN}^-]_0 = 10 \text{ mg/L}$, $T = 25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Tempo (min.)	pH=9 $[\text{CN}^-]_0 = 10 \text{ mg/L}$	pH=11 $[\text{CN}^-]_0 = 10 \text{ mg/L}$
	$[\text{CN}^-] \text{ mg/L}$	$[\text{CN}^-] \text{ mg/L}$
0	10,00	10,00
20	9,68	9,91
40	9,48	9,81
60	9,22	9,80

Figura A1-1 Degradação natural do cianeto. Condições experimentais: $[\text{CN}^-] = 10 \text{ mg/L}$, pH 9 e 11



Apêndice 2

Avaliação da velocidade inicial de degradação do cianeto

A velocidade inicial da degradação de cianeto para cada experiência foi calculada a partir das concentrações de cianeto, nos respectivos tempos, conforme a equação a seguir.

$$\text{velocidade inicial} = \frac{[CN^-]_0 - [CN^-]_t}{t_t - t_0} \quad (\text{A2-1})$$

Onde:

$$t_0 = 0$$

t_t = tempo escolhido de acordo com o comportamento da reação

$[CN^-]_0$ = concentração de cianeto inicial

$[CN^-]_t$ = concentração de cianeto no tempo t

Cálculo da percentagem de remoção de CN^-

Tendo em conta a concentração inicial e final de CN^- , procede-se à determinação de percentagem de remoção de CN^- no final do tratamento.

$$\% \text{ de remoção } CN^- = \frac{[CN^-]_0 - [CN^-]_t}{[CN^-]_0} \times 100 \quad (\text{A2-2})$$