



APLICAÇÃO DE SISTEMA ESPECIALISTA NA DOSAGEM DE SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE ÁGUA

APPLICATION OF EXPERT SYSTEM IN THE DETERMINATION OF ALUMINUM SULPHATE IN WATER TREATMENT

Giovanni B. da S. Santos¹; Ailson O. B. Varela¹; Angélica L. B. de Campos¹; Welitom T. P. da Silva¹

1- Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – giovanni_bssantos@hotmail.com

Palavras Chave: sistema especialista, dosagem de sulfato de alumínio, estação de tratamento de água

Keywords: expert system, dosage of aluminum sulfate, water treatment plant

1. INTRODUÇÃO

A água destinada ao abastecimento humano, em grande parte dos municípios brasileiros, cerca de 56,4%, é proveniente de mananciais superficiais (PNSB, 2008) e passam por tratamentos específicos, para que se enquadrem no padrão de potabilidade atualmente vigente no país, no caso a Portaria No. 2419/2011. A tecnologia de tratamento de água mais empregada no Brasil atualmente é a de tratamento em ciclo completo, sendo a coagulação química, uma das primeiras etapas pelas quais a água passa durante o tratamento. A correta seleção do coagulante e a determinação da dosagem ideal são, tradicionalmente, definidas por meio de ensaios de coagulação (jar-tests).

A abordagem tradicional para determinação da dosagem ideal exige uma adequada estrutura laboratorial e recursos humanos qualificados, o que é extremamente dispendioso para grande maioria das cidades brasileiras (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Alguns caminhos alternativos, ou não convencionais a partir da inteligência artificial, para determinação da dosagem ideal incluem: a utilização de regressão linear; a utilização de redes neurais artificiais; e a utilização de sistemas especialistas (SE) (REIS, 2013). Sistemas especialistas são sistemas computacionais criados para “resolver problemas e que devem apresentar um comportamento semelhante a um especialista em um determinado domínio, cujo conhecimento utilizado é fornecido por pessoas que são especialistas naquele domínio” (SAVARIS, 2002).



Assim, visando auxiliar na determinação da dosagem ideal foi realizados estudos a fim de mostrar a aplicabilidade de um SE especialista, em uma estação de tratamento de água (ETA) de um município do Estado de Mato Grosso. A pesquisa foi uma tentativa de ajudar o titular do abastecimento de água a reduzir custos operacionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho em questão foi desenvolvido em várias etapas que serão a seguir apresentadas. Estas etapas incluem: (1) revisão de literatura; (2) levantamento de dados junto à ETA de estudo (ETA - Estudo) sobre a dosagem de sulfato de alumínio aplicada; (3) obtenção de dados pluviométricos através do site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia); (4) Aplicação do sistema especialista desenvolvido por Varela *et al.* (2012); e, (5) comparação e análise da dosagem de coagulante aplicada em face a indicada pelo SE.

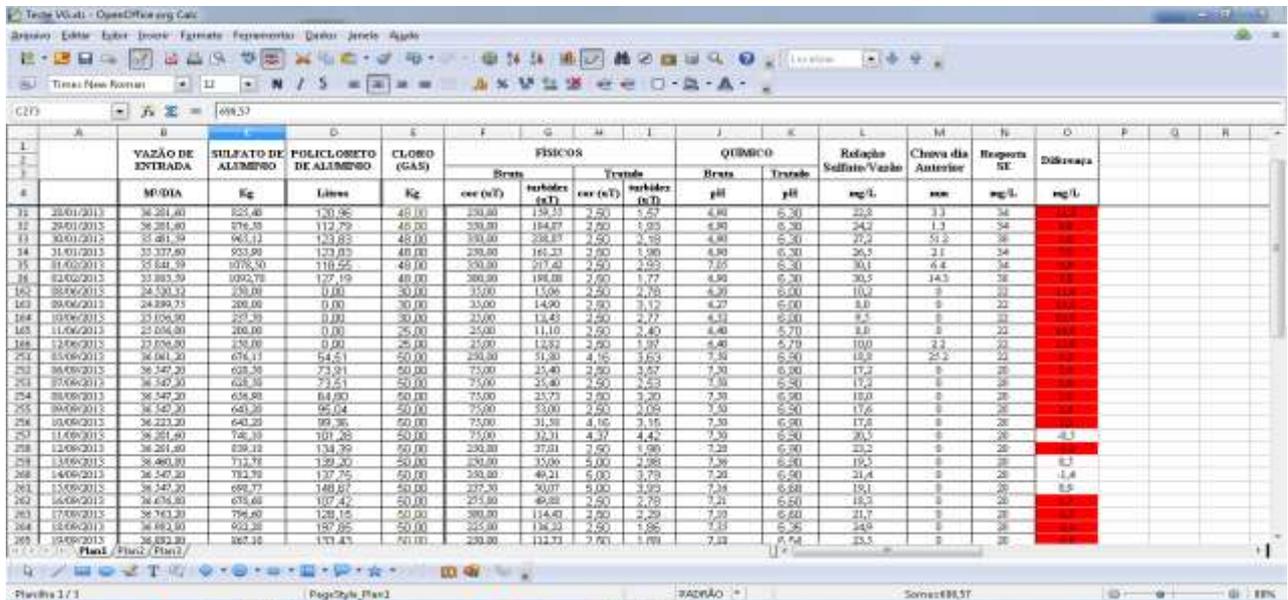
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O SE empregado foi desenvolvido em ambiente CLIPS (C Language Integrated Production System) e alcançou: (1) índice estatístico Kappa (indicador de exatidão do classificador e a confiança) de 0,975 de concordância (sendo que a exatidão é a unidade); (2) MAPE (percentual de erro médio absoluto) de 15%; e, (3) 151 de 154 instâncias classificadas corretamente pela matriz de confusão (Varela *et al.*, 2012). Visto isso, foi pressuposto que o sistema especialista era adequado para tal objetivo desse trabalho. Foram comparados valores de dosagem de sulfato de alumínio de Janeiro a Setembro de 2013 em uma ETA na região metropolitana de Cuiabá/MT. A Figura 1 mostra o momento em que se obtiveram os valores esperados através do uso do software CLIPS.



Figura 1 - Aplicação do Sistema Especialista

Os dados de entrada eram relacionadas à época do ano (ocorrência de precipitação), a intensidade desta, pH e turbidez da água bruta. Apenas no mês de setembro (único considerado com período de transição seco-chuvoso) que houve resultados satisfatórios, com a diferença do valor observado com o estimado em $\pm 1,5\text{mg.L}^{-1}$ de sulfato de alumínio. Nas outras combinações de variáveis, a diferença em alguns dias chegou ser de $15,9\text{mg.L}^{-1}$ (figura 2).



L	A	B	D	E	F				G		H		I		J		K		L		M		N		O		P		Q		R			
					VAZÃO DE ENTRADA		SULFATO DE ALUMÍNIO		POLICLORETO DE ALUMÍNIO		CLOREO (GAS)		FÍSICOS				QUÍMICO		Relação Sulfato/Vazão		Chuva dia Anterior		Resposta RE		Diferença									
					M³/DIA	kg	litros	kg	cc (m³)	cor (mT)	turbidez (mT)	cor (mT)	turbidez (mT)	Bruta	Tratada	pH	pH	mg/L	mm	mm	mg/L	mg/L												
10	20/01/2012	36.281,60	825,40	130,96	45,00	200,00	159,53	2,50	5,57	4,80	5,30	22,5	3,3	34																				
11	29/01/2012	36.281,60	876,30	112,79	45,00	200,00	184,87	2,50	5,95	4,80	5,30	24,2	1,3	34																				
12	30/01/2012	35.081,39	965,17	123,82	45,00	200,00	208,87	2,50	3,95	4,80	5,30	27,2	53,2	38																				
14	31/01/2012	35.377,60	933,90	123,82	45,00	200,00	166,23	2,50	3,98	4,80	5,30	26,5	2,1	34																				
15	01/02/2012	35.664,39	917,50	110,25	45,00	200,00	197,40	2,50	2,92	3,60	5,30	30,1	6,4	34																				
16	02/02/2012	33.893,39	1092,78	127,19	45,00	200,00	198,08	2,50	1,77	4,80	5,30	30,5	14,3	38																				
162	09/06/2012	24.520,32	200,00	0,00	50,00	35,00	15,06	2,50	4,70	4,80	5,00	10,7	0	22																				
163	09/06/2012	24.899,75	200,00	0,00	50,00	35,00	14,90	2,50	3,12	4,27	5,00	8,0	0	22																				
164	10/06/2012	23.056,00	227,30	0,00	50,00	35,00	13,43	2,50	2,77	4,31	5,00	9,5	0	24																				
165	11/06/2012	21.024,00	200,00	0,00	50,00	25,00	11,10	2,50	4,40	4,40	5,70	8,8	0	22																				
166	12/06/2012	27.076,00	350,00	0,00	50,00	25,00	12,82	2,50	1,97	4,40	5,70	10,0	2,3	22																				
251	05/09/2012	36.040,20	674,11	54,51	50,00	200,00	51,30	4,16	3,63	7,30	5,50	19,9	22,2	23																				
252	06/09/2012	36.347,20	628,38	73,91	50,00	200,00	75,00	25,40	2,80	3,67	7,30	6,00	17,2	0	28																			
253	07/09/2012	36.347,20	628,38	23,21	50,00	200,00	75,00	25,40	2,20	3,23	7,30	5,50	17,2	0	28																			
254	08/09/2012	36.347,20	638,90	84,80	50,00	200,00	75,00	23,73	2,80	3,20	7,30	6,00	16,0	0	28																			
255	09/09/2012	36.347,20	641,26	95,04	50,00	200,00	33,00	2,50	3,02	7,30	5,50	17,6	0	28																				
256	10/09/2012	36.223,20	640,29	99,36	50,00	200,00	75,00	31,38	4,16	3,16	7,30	6,00	17,8	0	28																			
257	11/09/2012	36.281,60	746,30	101,28	50,00	200,00	75,00	32,31	4,17	4,42	7,30	6,50	20,5	0	28																			
258	12/09/2012	36.281,60	839,12	131,29	50,00	200,00	37,01	2,50	5,80	7,29	6,30	23,2	0	28																				
259	13/09/2012	36.860,80	712,78	129,20	50,00	200,00	35,99	2,00	2,88	7,38	6,50	19,7	0	28																				
260	14/09/2012	36.347,20	782,99	127,25	50,00	200,00	49,21	5,00	3,79	7,29	6,50	21,4	0	28																				
261	15/09/2012	36.347,20	699,77	140,87	50,00	200,00	30,07	5,00	3,05	7,34	6,68	19,1	0	28																				
262	16/09/2012	36.674,80	635,66	107,42	50,00	200,00	27,50	4,98	2,50	2,78	7,21	6,50	18,3	0	28																			
263	17/09/2012	36.763,20	794,60	120,15	50,00	200,00	114,40	2,00	2,29	7,30	6,60	21,7	0	28																				
264	18/09/2012	36.892,00	622,26	187,26	50,00	200,00	225,00	136,22	2,50	1,86	7,33	6,28	24,6	0	28																			
265	19/09/2012	36.822,20	687,18	171,43	50,00	200,00	112,71	3,00	1,89	7,19	6,74	23,5	0	28																				

Figura 2 - Análise de Dados

Como possíveis causas de tamanha discrepância, podem-se sugerir problemas na qualidade dos dados de entrada, uma vez que a ETA estudo passa por problemas operacionais (infraestrutura e recursos humanos).

O aprimoramento do sistema especialista com a inserção dos parâmetros de cor, concentração de sólidos suspensos, tempo e gradiente de velocidade da mistura rápida que são



fatores influentes na dosagem de sulfato de alumínio, podem contribuir com melhorias no resultado final (CALIARE *et al.*, 2008; JULIO *et al.*, 2008).

Somado a isto, possíveis equívocos e/ou ajustes na elaboração do SE como a dosagem mínima de sulfato de alumínio ser muito elevada (20 mg.L^{-1}), as faixas de valores de turbidez não serem compatíveis com o manancial, e a inserção de um período de transição seco-chuvoso, influenciariam positivamente para uma melhor aplicabilidade deste SE.

4. CONCLUSÃO

O modelo desenvolvido apesar de nos testes de validação ser considerado com excelente, não se comportou assim quando foi usado na estação de tratamento do município. Contudo, em face às diversas vantagens da utilização de sistemas especialistas do ponto de vista operacional e da diminuição do tempo de resposta das dosagens dos coagulantes, torna-se necessário que haja testes em diversas ETA's a fim de se certificar a eficácia do SE.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2010). Rio de Janeiro, IBGE.
- CALIARE, et al. *Influência de parâmetros físicos na dosagem de sulfato de alumínio para clarificação da água e proposição de modelos de estimativa*. In: Congresso Brasileiro de Química: Química na proteção ao Meio Ambiente e a Saúde. 48^o 2008, Rio de Janeiro.
- DI BERNARDO, L; DANTAS, A. B. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água* (2005). Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias, v. 14, n. 2, p. 109-120, ago. 2008. doi:10.5212/Publ.Exatas.
- JULIO, M. de; FIORAVANTE, D. A.; OROSKI, F. I. *Avaliação da influência dos parâmetros de mistura rápida, floculação e decantação no tratamento de água empregando o sulfato de alumínio e o PAC*. Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias, v. 14, n. 2, p. 109-120, ago. 2008. doi:10.5212/Publ.Exatas. v.14i2.109120.
- REIS, F. D. *Avaliação de modelos de previsão de vendas por grupo de cliente a partir da exploração de dados atomizados aplicados a três indústrias de manufatura*. Belo Horizonte – MG. Dissertação de Mestrado. UFMG. 2013
- SAVARIS, S. V. A. M. *Sistema Especialista para Primeiros Socorros para Cães*. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação, UFSC/SC, (2002). v.14i2.109120.
- VARELA, A.O.B; SILVA, W.T.P; GOMES, L.A. *Expert System in waterwork: An alternative to promote adaptive management*. International Conference of fresh water governance for sustainable development. 5th to 7th November 2012. Drakensberg, South Africa.