



Engenharia de Produção:

NOVAS PESQUISAS E TENDÊNCIAS

2

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.ª Dr.ª Claudia Flores Rodrigues

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Pauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Tânia do Carmo

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,
FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

E576 Engenharia da produção: novas pesquisas e tendências [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 258 p. – ISBN 978-65-88580-85-1

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.51

1. Engenharia de produção. 2. Logística. 3. Sustentabilidade. 4. Comportamento organizacional. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 658.5

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de
Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

Efeito do aumento do ph para redução do teor de alumínio residual na água distribuída: estudo de caso em ETA em Salvador-BA

Effect of increasing ph to reduce the content of residual aluminum in distributed water: case study at ETA in Salvador-BA

Roberto Tadeu Pereira Moraes

Relatos de Experiências

DOI: 10.47573/aya.88580.2.51.16

INTRODUÇÃO

A elevação do teor de alumínio residual na água distribuída é fator que denuncia falhas operacionais em uma ETA. Dificuldades na coagulação/floculação como dosagens incorretas, velocidades inadequadas ou formação de flocos não adequados em tamanho e peso para decantação, problemas na decantação, notadamente vazões excessivas, alterações do leito filtrante tais como redução da espessura da camada de areia, compactações e suas consequentes fendas, entre outras causas, são fatores que, isoladamente ou em conjunto, permitem a passagem de flocos ou mesmo de alumínio como íon dissolvido para a água distribuída. Concebendo o floco como um complexo com núcleo de íons alumínio, pode se imaginar o efeito da passagem desses flocos para a água distribuída no seu teor de alumínio residual.

Reduzir o teor de alumínio residual na água distribuída tem sido intenção constante na ETA-alvo desse estudo. Algumas medidas já foram postas em prática, como o aumento da frequência de:

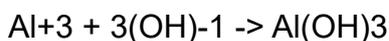
- lavagem de decantadores;
- manutenção dos módulos dos decantadores de taxa acelerada;
- manutenção de filtros e
- monitorização deste parâmetro a cada 8 horas no laboratório da ETA principal, entre outras.

A despeito desses esforços, algumas vezes o teor de alumínio residual tem se aproximado do limite máximo, sendo que em alguns poucos episódios o ultrapassou.

O esforço mais recente tentou encontrar meios de eliminar quimicamente o íon alumínio dissolvido com base no fato de que esse íon, em pH alcalino, transforma-se em hidróxido de alumínio, uma das substâncias mais insolúveis que se conhece, com pKs de 33,5, que equivale a $2,3 \times 10^{-32}$ g/L.

Sendo o hidróxido de alumínio extremamente insolúvel, cogitou-se a possibilidade de, em se elevando o pH da água ocorreria o isolamento do íon alumínio solúvel devido a sua transformação em hidróxido de alumínio insolúvel e, em seguida, por decantação, sua eliminação definitiva do processo.

A reação química que regeria o fenômeno seria



Objetivo

Avaliar o efeito do aumento do pH para a redução do teor de alumínio residual na água distribuída.

Materiais

Nos testes de laboratório foram usados os seguintes equipamentos e substâncias:

JAR Test JT303M MILAN

pHmetro 86505 AZ

Solução NaOH 0,5 N

Cal hidratada em pó

Leite de cal (solução saturada de Ca(OH)_2)

Todos os técnicos envolvidos, equipamentos e substâncias químicas já se encontravam disponíveis, não havendo geração de custo extra.

Métodos

Escolha do alcalinizante

Foram escolhidos e testados dois alcalinizantes: soda cáustica comercial e cal hidratada comercial, que seriam adicionadas à água em forma de solução aquosa. As escolhas foram motivadas por ambas substâncias estarem disponíveis comercialmente, terem preços acessíveis, serem de manipulação relativamente fácil e segura, além de dispensarem complexas instalações para armazenagem e dosagem, incluindo bombas, tubulações e instrumentação.

Escolha do ponto de adição do alcalinizante

Foi escolhido o final da etapa de floculação como ponto de elevação do pH porque:

1- Nesse ponto a coagulação/floculação já ocorreu por completo e a elevação do pH não mais influenciaria a ação do coagulante atualmente usado (sulfato de alumínio) na coagulação, pois essa substância tem pH ótimo de atuação entre 4,5 e 7.

2- O final da floculação é o último ponto com agitação suficiente e intencional para promover uma mistura. A adição de alcalinizante nesse ponto aproveitaria a agitação dos floculadores para misturar o alcalinizante e a água e

3- É o ponto pré decantação. O hidróxido de alumínio insolúvel formado entraria no decantador, sofreria os fenômenos de decantação e se separaria da água.

Os testes em escala de bancada foram feitos no laboratório da ETA principal nos meses de agosto e setembro de 2018. Foi usado um aparelho de JAR Test marca MILAN modelo JT393M, programado originalmente para três velocidades. Como se desejava testar apenas do final da floculação em diante, o aparelho foi reprogramado para duas etapas: a velocidade inicial com 40 rpm por 1 minuto e decantação de 10 minutos.

Testes de bancada

Foram escolhidos valores de pH para teste em escala crescente a partir de 7 até 12 para a obtenção do menor valor de pH que provocasse a formação do hidróxido de alumínio, evitando assim uma possível acidificação da água distribuída.

Foram colocadas amostras de 2000 ml em cubas de jar test onde previamente foi instalado um eletrodo de pHmetro modelo 86505 marca AZ.

Após acionada a agitação de 40 rpm, foram adicionados, ao longo de 1 minuto e sequen-

cialmente, pequenos volumes de solução de NaOH 0,5 N ou solução super-saturada de cal (leite de cal) com auxílio de pipeta graduada até a obtenção do pH desejado em cada teste.

Ao longo da etapa de decantação de 10 min, foram coletadas amostras de 30 ml de água da cuba com pH ajustado para medida de cor e turbidez. Os resultados obtidos estão mostrados nas tabelas seguintes.

Tabela 1 - pH elevado para 7

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,4	60	1,9
+1	7	82	2,5
+5	7,2	83	2,7
+10	7,0	75	3,0
+15	7,1	88	3,1

Tabela 2 - pH elevado para 7, outra amostra

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,2	115	7,2
+1	7,1	91	5,1
+5	7,2	90	4,7
+10	7,3	85	4,7
+15	7,3	83	4,5

Tabela 3 - pH elevado para 7,5

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,4	39	1,5
+1	7,1	47	2,2
+5	7,0	52	2,0
+10	7,1	48	2,1
+15	7,1	52	2,0

Tabela 4 - pH elevado para 8,6

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,2	91	5,6
+1	8,6	6,1	2,8
+5	8,5	63	2,7
+10	8,4	60	2,6
+15	8,5	60	2,7

Tabela 5 - pH elevado para 10

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,2	97	5,5
+1	10	63	1,9
+5	10	64	2,0
+10	10	66	2,0
+15	10	66	2,0

Tabela 6 - pH elevado para 10, outra amostra

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,0	110	9,2
+1	10,0	114	9,5
+5	10,2	119	10,5
+10	10,1	120	10,5
+15	10,2	118	10,5

Tabela 7 - pH elevado para 11

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,0	144	13,2
+1	11,2	133	13,2
+5	11,2	84	10,5
+10	11,3	70	7,1
+15	11,4	56	6,6

Tabela 8 - pH elevado para 11,5

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,0	99	11,4
+1	11,5	80	9,3
+5	11,6	80	8,8
+10	11,7	60	5,8
+15	11,7	46	3,9

Tabela 9 - pH elevado para 12

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,0	98	5,8
+1	12,0	114	9,6
+5	12,1	59	8,1
+10	12,2	42	4,3
+15	12,3	36	3,6

Tabela 10 - pH elevado para 12,5

TEMPO (minutos)	pH	COR	TURBIDEZ
Zero	6,0	101	5,8
+1	12,5	72	3,7
+5	12,6	59	3,7
+10	12,7	37	3,4
+15	12,6	26	1,9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a sua natureza gelatinosa do hidróxido de alumínio, essa espécie química realmente isola o íon alumínio mas não o retira da água, pois o hidróxido de alumínio não precipita, ao contrário, permanece em suspensão doando cor e turbidez à água.

Prevendo-se que o hidróxido permanecerá em suspensão ao longo do decantador, existe também a possibilidade de que essa substância possa vir a colmatar os filtros por tamponar os poros do leito filtrante ou por envolver os grãos de areia levando-os a colar uns nos outros,

dificultando sua mobilidade durante a operação de lavagem dos filtros.

Nos testes realizados com pH acima de dez foram obtidos os melhores valores de cor e turbidez, mas nesse patamar seria necessário reduzir posteriormente o pH aos níveis legais de potabilidade com o uso de ácido clorídrico comercial, substância que contém vários íons metálicos dissolvidos, inclusive alumínio, e em quantidades tão altas que essa adição reverteria a retirada do alumínio originário do tratamento.

O incremento de cor e turbidez, além da possibilidade de colmatação dos filtros, são desvantagens acrescentadas ao processo de tratamento que não justificam o aumento de pH para retirada do íon alumínio da água distribuída. Diante dessa constatação resolveu-se suprimir a medida dos teores de alumínio residual nas amostras pós-alcalinização. Os testes usando cal como alcalinizante foram rejeitados visualmente pela intensa e persistente turbidez provocada pela simples adição da cal à água. Os diferentes valores de pH, cor e turbidez iniciais das amostras de água floculada se explicam por terem sido coletadas em momentos diferentes, mas pertencem ao mesmo manancial.

Recomendamos novos estudos a respeito.

REFERÊNCIAS

ABAL: Fundamentos e aplicações do alumínio. São Paulo: ABAL, 2007

DEZOTTI, M. : Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos. São Paulo: Editora E-papers, 2008

MARTELL, AE; SMITH, RM: Critical stability constants, vol 4. New York: Ed Plenum Press, 1976

UNESP: Gerenciamento de resíduos químicos: Normas e procedimentos gerais. <<http://www.iq.unesp.br>>acesso em 13 de setembro de 2018

VOGEL, A.: Análise química quantitativa. Rio de Janeiro: Ed Guanabara Koogan, 1981

