



II-155 - ANÁLISE DA EFICÁCIA DE DESINFECÇÃO DO ÁCIDO PERACÉTICO E DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO NA DESINFECÇÃO DE ESGOTO TRATADO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DA RMR

Bartholomeu Siqueira Júnior⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Especialista em Coleta e Tratamento de Esgotos da COMPESA-PE.

Edyjane Cavalcanti Ramos

Engenheira Química pela UNICAP, Pós Graduação em Engenharia de Saneamento Básico e Ambiental/ Universidade da Cidade de São Paulo. Engenheira Química Laboratório de Controle de Qualidade da Compesa.

Eliete Regina de Lima Silva

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Eng.ª Seg. Trabalho pela Faculdade Pitágoras. Pós Gestão de sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário (IPOG).

Vitória Fernandes de Melo Lima

Bióloga pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE),
Biológa responsável do Laboratório de Esgotos de Controle de Qualidade da Compesa.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Cruz Cabuga,1387-Santo Amaro-Recife - PE - CEP: 50040-000 - Brasil - Tel: (81) 3412-4279 ; (81) 997173118; e-mail: bartholomeus@compesa.com.br

RESUMO

O tratamento de esgotos realizado nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETES) tem a função de remover os contaminantes presentes, objetivando deixar os esgotos tratados em condições de serem lançados nos corpos receptores. Um dos principais contaminantes nos esgotos são os microrganismos patogênicos e para eliminar esse risco para saúde pública e o meio ambiente são realizados os processos de desinfecção nos esgotos.

A desinfecção tem objetivo de inativar os microrganismos patogênicos presentes naturalmente nos esgotos utilizando diversos processos físico-químicos, sendo os principais a aplicação de produtos químicos (Compostos de Cloro, ozônio, ácido peracético, etc) e radiação ultravioleta (UV). O uso de produtos químicos é prática mais comum na desinfecção de esgotos de ETES da COMPESA, de modo que necessitamos comprar constantemente diversos produtos químicos disponíveis no mercado, os quais estão em constante variação de preços e impactam diretamente nos custos de operação da empresa.

Sendo assim neste trabalho foram realizados testes de bancada com ensaios de jar-test no Laboratório de Esgotos da COMPESA, nos quais foram testados os produtos desinfetantes dicloroisocianurato de sódio e ácido peracético no esgoto tratado na ETE Dancing Days, localizada na RMR (Região Metropolitana do Recife). Nestes testes aplicamos os produtos em diferentes condições de dosagem de aplicação e tempos de contato objetivando reduzir a Concentração de Coliformes Termotolerantes, parâmetro microbiológico medido, abaixo do limite de 1.000NMP/100mL preconizado pela legislação estadual de Pernambuco (IN 03/2018 do CPRH). De posse desses dados laboratoriais e dos custos dos produtos podemos avaliar qual apresenta melhor eficiência na desinfecção e sua viabilidade financeira, além de estimar a atuação dos produtos em condições operacionais nas unidades dos tratamentos das ETES. Este estudo servirá para confirmar e complementar os resultados obtidos em experimentos anteriores realizados por Siqueira et al, 2023.

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção, Esgoto Tratado, Produto Químico, Eficiência de Desinfecção, Custo de Produto Químico, Ácido Peracético, Dicloroisocianurato de Sódio, Ensaios de Jar-test, Coliformes Termotolerantes.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgotos realizado nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) tem a função de remover todos os contaminantes orgânicos, inorgânicos e microbiológicos presentes nos efluentes, assim como deixar os esgotos tratados em condições de serem lançados nos corpos receptores de modo a atender as normas das legislações vigentes e evitar a poluição dos corpos d'água e do meio ambiente. No tratamento do esgoto doméstico são realizados diversos processos físico-químicos, tais como a separação dos sólidos, a degradação biológica dos compostos presentes, entre outras, e uma das mais importantes é a desinfecção dos esgotos.

A desinfecção tem objetivo de inativar os microrganismos patogênicos presentes naturalmente nos esgotos, de modo atingir uma qualidade microbiológica que atenda aos limites das legislações ambientais e consequentemente proteger a saúde pública.

Para realizar a desinfecção dos esgotos são realizados diversos processos, os principais são: Cloração (aplicação de compostos de cloro), radiação ultravioleta (UV), ozonização, e outros agentes químicos como o ácido peracético (Pacheco Jordão, 2014). Cada um desses produtos possui suas características técnicas, mecanismos de atuação e preços diferentes, logo a comparação da ação desses produtos é de fundamental importância para alcançar a correta desinfecção dos efluentes e a melhor alternativa técnica/financeira devido ao alto custo dos produtos químicos.

OBJETIVO

Neste trabalho foram realizados testes de bancada ,com realização de ensaios de jar-test, no Laboratório de Esgotos da GQL da COMPESA, nos quais foram testados os produtos desinfetantes dicloroisocianurato de sódio e ácido peracético no esgoto tratado, com diferentes dosagens de aplicação e tempos de contato, com objetivo de reduzir a Concentração de Coliformes Termotolerantes no esgoto tratado na ETE Dancing Days, abaixo do limite da legislação estadual de Pernambuco (IN 03/2018 do CPRH), com valor limite de 1.000NMP/100mL. De posse desses dados avaliar qual apresenta melhor eficiência na desinfecção e viabilidade financeira, além de estimar a atuação dos produtos em condições operacionais nas unidades dos tratamentos das ETES. Este estudo servirá para confirmar e complementar os resultados obtidos em experimentos anteriores realizados por Siqueira et al., 2023.

Os esgotos tratados utilizados nos testes foram coletados na ETE Dancing Days, que é uma estação de tratamento de esgoto convencional da COMPESA operada pela BRK Ambiental situada no Recife/PE, e que possui concepção de Reator UASB seguida de Filtro Biológico Percolador e Decantador Secundário, posteriormente seguido de Tanque de contato com aplicação de solução de dicloroisocianurato de sódio para desinfecção do efluente tratado.



Figura 1. ETE Dancing Days (vista superior).

A Compesa é a concessionária dos serviços públicos de saneamento no estado de Pernambuco, tendo os custos com produtos químicos como um dos quatro maiores custos mensais operacionais. Diante do exposto, os testes com diversos produtos químicos para desinfecção dos esgotos são de grande importância do ponto de vista técnico e do posto de vista de gestão dos custos com produtos químicos.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Gerência de Controle de Qualidade da empresa e da própria Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Contamos também com apoio da Engenheiro Químico Thiago Machado, da Peróxido do Brasil, que cedeu a amostra de Ácido Peracético a 15% em massa.

METODOLOGIA

Para realização dos testes de bancada, os esgotos tratados foram coletados na caixa de saída do Filtro Percolador nº1, antes da etapa de desinfecção dos esgotos na ETE Dancing Day, e posteriormente foram envasados em galões plásticos de 20 litros e acondicionados em caixas de Isopor com gelo e transportados para o Laboratório de Esgoto da Gerência de Controle de Qualidade (GQL) da COMPESA.

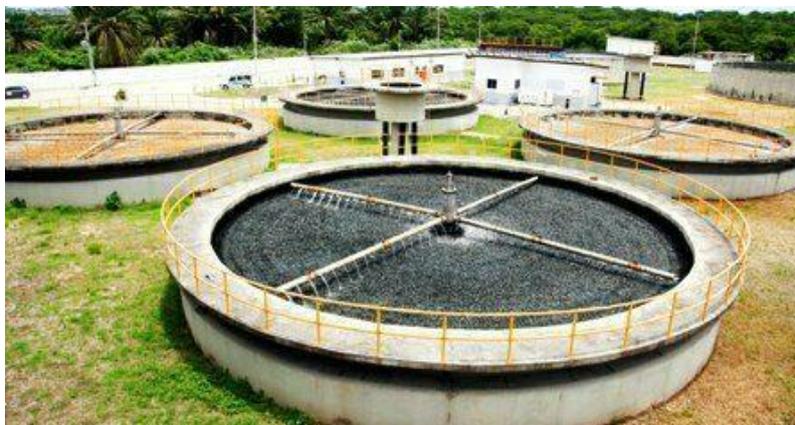


Figura 2. Filtro Percolador da ETE Dancing Days (Ponto de Coleta do esgoto tratado).

Assim que as amostras de esgoto tratado chegaram ao laboratório foram submetidas aos ensaios de floculação com reatores estáticos “jar-test”, no equipamento da marca HEXIS, nas condições descritas a seguir.

Inicialmente foram realizados ensaios de jar-test para determinar a demanda de consumo do ácido peracético, conforme orientação do fabricante:

- Adição de uma dosagem de 1,5 mg/L de ácido peracético com tempo de contato de 5 minutos e 10 minutos.

Em todos os ensaios de jar-test foram utilizados os gradientes de $50s^{-1}$ para agitação das amostras nos tempos pré-definidos. Todos os resultados dos testes de demanda apresentaram concentrações residuais de ácido peracético entre 0,5 e 1,5 mg/L, indicando que os compostos presentes nos esgotos não consumiram todo o produto aplicado, independente da dosagem utilizada. Concluímos que não existia uma dosagem mínima requerida, então teríamos liberdade para testar qualquer faixa de dosagem aplicada. Após o teste de demanda, foram realizados os ensaios de jar-test nos esgotos tratados com diferentes dosagens aplicadas dos produtos químicos e diversos tempos de agitação nos 6 jarros.



Figura 3. Ensaio de Jarteste em equipamento com 6 Jarros.

Na Tabela 1 estão apresentadas as dosagens aplicadas dos produtos químicos e os tempos de agitação nos jarros, que correspondem aos tempos de contato do esgoto com os produtos, pois assim que o tempo pré-definido era alcançado a agitação era encerrada e foram retiradas amostras de cada jarro, e cada uma dessas amostras adicionamos produtos químicos para paralisar as reações com os desinfetantes: nas amostras com ácido peracético adicionamos solução de enzima catalase e nas amostras com dicloro inserimos solução de tiosulfato de Sódio. De cada uma dessas amostras foram retiradas alíquotas de 1 mL e transportadas para sala de inoculação, sempre com amostra em duplicata, e depois colocadas nas estufas de incubação à temperatura de 44,5°C.

Tabela 1: Dosagens dos desinfetantes e tempos de contato nos ensaios de Jar-test.

DOSAGEM (mg/L)	TEMPO CONTATO (min)
1,25	5,20
3	5,20
5	5,20
8	1

As inoculações das amostras dos esgotos nas estufas foram realizadas com diluições definidas de acordo com histórico das análises dos efluentes da ETE Dancing Days, conforme segue, e seguiram os procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, e foram realizadas na Capela de segurança biológica.



Figura 4. Capela de Segurança biológica.

AMOSTRA EM BRANCO: 10² e 10⁴

ACIDO PERACÉTICO e DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO

Para tempo de contato de 1 minuto na concentração aplicada:

- 8 mg/L: 10²

Para tempo de contato de 5 minutos nas diferentes concentrações aplicadas:

- 1,25 mg/L: 10² e 10⁴
- 3 mg/L: 10² e 10⁴
- 5 mg/L: 10² e 10⁴

Para tempo de 20 minutos nas diferentes concentrações aplicadas:

- 1,25 mg/L: 10²
- 3 mg/L: 10²
- 5 mg/L: 10²

RESULTADOS DOS ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS

Após as 18 horas de incubação nas estufas, os ensaios microbiológicos obtiveram os seguintes resultados apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4:

Tabela 2: Tempo de contato nos ensaios de jar-test.

AMOSTRA EM BRANCO					
DOSAGEM (mg/L)	TEMPO CONTATO (min)	NMP/100mL			
		Diluição 10 ²		Diluição 10 ⁴	
Não aplicável	Não aplicável	6.200	9.380	261.000	431.000

Tabela 3: Dosagens de desinfetante e tempos de contato (1 e 5 min.) nos ensaios de jar-test.

DESINFETANTE	AMOSTRA TEMPO / DOSAGEM	Diluição 10 ²		Diluição 10 ⁴	
		COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100mL)			
Ácido Peracético	1 Minuto / 8mg/l	6300	500		
	5 Minutos / 1,25 mg/l	5830	10050	40000	499000
	5 Minutos / 3,0 mg/l	600	500		
	5 Minutos / 5,0 mg/l	2280	2280		
Dicloro	1 Minuto / 8mg/l	1370	4160		
	5 Minutos / 1,25 mg/l	>2419600	6460	520000	124000
	5 Minutos / 3,0 mg/l	<100	410		
	5 Minutos / 5,0 mg/l	<100	1190		

Tabela 4: Dosagens de desinfetante e tempo de contato (20 min.) nos ensaios de jar-test.

DESINFETANTE	AMOSTRA TEMPO / CONCENTRAÇÃO	DILUIÇÃO 10 ²	
		COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100mL)	
Ácido Peracético	20 Minutos / 1,25 mg/l	3190	8490
	20 Minutos / 3,0 mg/l	1280	630
	20 Minutos / 5,0 mg/l	410	720
Dicloro	20 Minutos / 1,25 mg/l	200	100
	20 Minutos / 3,0 mg/l	<100	<100
	20 Minutos / 5,0 mg/l	<100	<100



RESULTADOS DA VIABILIDADE TÉCNICA

Os resultados encontrados demonstraram que aumento nas dosagens dos produtos químicos proporcionam um decaimento gradual na concentração remanescente de bactérias, assim como o aumento no tempo de contato com cada produto. Os resultados alcançados eram esperados pois estes parâmetros físicos e químicos atuam diretamente nos mecanismos de inativação dos microrganismos, porém os números alcançados apresentaram algumas divergências entre a atuação dos desinfetantes.

Considerando o tempo de contato fixo em 5 minutos, observamos que ambos os produtos conseguiram reduzir gradualmente a contagem remanescente de coliformes termotolerantes com aumento de dosagem, inclusive o tempo de 5 minutos mostrou-se suficiente para alcançar valores abaixo de 1.000NMP/100mL, com os melhores valores de 3,0ppm indicando que esta dosagem foi a mais indicada com quaisquer dos produtos desinfetantes. O dicloroisocianurato de sódio apresentou maior eficiência na remoção de coliformes do que o ácido peracético na maioria das concentrações aplicadas, pois a quantidade remanescente de coliformes termotolerantes era menor com uso do dicloro do que o ácido em quase todas concentrações.

Além disso, o dicloroisocianurato conseguiu atingir o limite desejado de 1.000NMP/100mL com uma concentração de 3mg/L e valores mais baixo de coliformes que o ácido. O ácido peracético também conseguiu com 3 mg/L porém com a dosagem de 5mg/L houve aumento no resultado de coliformes, indicando necessidade de mais produto, ou possível contaminação na amostra. No tempo de 1 minutos de contato, e dosagem de 8ppm, os dois desinfetantes conseguiram grande redução na contagem de microrganismos, porém apenas o Ácido Peracético conseguiu atingir o valor de 500NMP/100mL e atender o valor máximo de 1.000NMP/100mL, preconizado na legislação estadual, mostrando que para grandes dosagens de produto químico (acima de 8ppm) o ácido consegue atingir o valor esperado antes que o cloro, indicando que otimização na eficácia e na dosagem de ácido, superando o efeito do cloro e abrindo possibilidade de melhor atual destas condições específicas de baixo tempo de contato e altas dosagens.

Considerando os resultados de Coliformes Termotolerantes em função do tempo de contato de 20 minutos, observa-se que o decaimento com utilização do dicloroisocianurato de sódio ocorreu de forma mais rápida que o decaimento com ácido peracético em qualquer dosagem, pois com 1,25mg/L de dicloro a contagem atingiu o número 200NMP/100mL, enquanto que com o Ácido necessitou de 3,0 ppm para atingir o resultado de 630NMP/100mL. Os resultados mostraram que o tempo de contato é de fundamental importância no mecanismo de ação de cada desinfetante, pois com tempos mais altos o Dicloro tem melhor atual, porém com tempo muito reduzido de 1 minuto, e altas dosagens, os resultados são semelhantes, porém somente o peracético conseguiu atingir valores abaixo de 1.000NMP/100mL.

Os resultados demonstraram que a partir da dosagem de 3mg/L qualquer dos produtos consegue o resultado de desinfecção desejado, mas cada produto tem um tempo mínimo de ação para atingir os resultados esperados, e que para tempos de contato muito baixo (1 min.) o ácido consegue atingir com o resultado almejado. No tempo de contato de 20 minutos os produtos tem suas ações potencializadas, com contagem de Coliformes Termotolerantes restantes praticamente igual, logo ambos os desinfetantes apresentaram resultados semelhantes e podem ser utilizados nas condições de tempo de contato maiores.

RESULTADOS DE VIABILIDADE FINANCEIRA

Analisando os custos de cada produto e as dosagens necessárias para alcançar o valor almejado de 1.000NMP/100mL de Coliformes Termotolerantes foi possível estimar a quantidade diária necessária de cada produto e os valores gastos para desinfetar os esgotos da ETE Dancing Days. Para os cálculos adotamos a vazão média atual na ETE, que é 167 L/s, e obtivemos os seguintes resultados:

- Custo do dicloroisocianurato de Sódio (grânulos), com Concentração de 60% (em massa): R\$18,59/Kg.
 - Dosagem aplicada mínima necessária: 1,5mg/L
 - Quantidade de dicloroisocianurato /dia: 30, 06 Kg
 - Custo diário estimado com dicloroisocianurato: R\$558,81.
- Custo do ácido peracético a 15% (em massa): R\$18,50 /Kg.
 - Dosagem aplicada necessária: 3mg/L
 - Quantidade de ácido/dia: 43,28 Kg
 - Custo diário estimado com ácido: R\$800,80.



CONCLUSÕES

O presente trabalho abordou uma comparação entre a eficiência de diversos produtos químicos utilizados na desinfecção de esgotos tratados nos esgotos da ETE Dancing Days, e concluiu que os dois produtos utilizados no estudo dicloroisocianurato de Sódio e ácido peracético conseguem inativar os microrganismos patogênicos, mensurados através do parâmetro microbiológico coliformes termotolerantes, e conseguem desinfetar o esgoto até atingir o número limite preconizado pela Norma ambiental estadual.

Os resultados destes experimentos demonstraram uma maior eficiência de desinfecção para o dicloroisocianurato, independente da concentração utilizada e do tempo de detenção escolhido na maioria das condições do teste. Os testes apontaram menores custos estimados para desinfecção utilizando o dicloro do que o ácido peracético, colocando o dicloro com uma melhor alternativa para a desinfecção neste estudo, tanto do ponto de vista técnico quanto financeiro, porém também indicaram que na específica situação de tempo muito pequenos de contato e altas dosagens de produto desinfetante o ácido peracético apresenta melhor performance que o dicloroisocianurato.

Novos testes serão necessários para determinar a atuação do ácido peracético em outras condições operacionais, e também comparar com outros agentes de desinfecção, como por exemplo os equipamentos de Radiação ultravioleta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jordão, Eduardo Pacheco-Tratamento de Esgotos Domésticos / Eduardo Pacheco Jordão, Constantino Arruda Pessoa-7ª Edição, Cap.24, Pag-911-955-Rio de Janeiro 2014.
2. <https://www.peroxidos.com.br/pt/linha-de-produtos/acido-peracetico>.
3. CPRH Agência Estadual de Meio Ambiente- Instrução Normativa CPRH 003/2018.
4. Domínguez Henao, L et al., Corrigendum to “Disinfection by-products formation and ecotoxicological effects of effluents treated with peracetic acid: A review” [Chemosphere 213 (2018) 25e40], Chemosphere, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127825>.
5. Brasil. Resolução RDC nº 35 16 de Agosto de 2010 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para produtos com ação antimicrobiana utilizado sem artigos críticos e semicríticos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 de Agosto de 2010, Seção I, p 44 - 46.
6. Siqueira Júnior et al., 2023, Comparação Técnico-Financeira da eficácia de desinfecção dos produtos químicos ácido peracético e dicloroisocianurato de sódio objetivando desinfecção de esgoto tratado na estação de tratamento de esgotos-ETE Dancing days. 32º Congresso Brasileiro de Engenharia S-CBESA.
7. http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2722318849-acido-peracetico-15-bombona-35-kg-_JM?matt_tool=14804773&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14302215543&matt_ad_group_id=134553705348&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=539425529185&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=661580367&matt_product_id=MLB2722318849&matt_product_partition_id=1802634062617&matt_target_id=aud-1966009190540:pla1802634062617&gclid=CjwKCAjwrdmhBhBBEiwA4Hx5g0ya2DvB4MJZJHj4kWMEL-m-QwanypSkWxU5KMIJpo53QtWoDvbkBoCunkQAvD_BwE