

AVALIAÇÃO DO ÁCIDO PERACÉTICO COMO LARVICIDA DE *Aedes aegypti*



Revista
Desafios

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

Evaluation of peracetic acid as Aedes aegypti larvicide

Evaluación del ácido peracético como larvicida de Aedes aegypti

Roberta de Brito Vasconcelos¹, Thayrine Dias Carlos², Raimundo Wagner de Sousa Aguiar³, Grasielle Soares Cavallini*^{1,2}

¹ Curso de Química Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Brasil

³ Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Brasil

*Correspondência: Laboratório de Análises Ambientais, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Tocantins, Brasil, Rua Badejós, Zona Rural, CEP 77.402-970.

E-mail: grasielle@uft.edu.br

Artigo recebido em 08/02/2020 aprovado em 25/08/2020 publicado em 30/10/2020.

RESUMO

A proliferação do *Aedes aegypti* é motivo de preocupação para o Brasil nas últimas décadas, e o seu difícil controle pode ser atribuído as adaptações ambientais sofridas pela espécie no decorrer destes anos. A possibilidade de reprodução do inseto em águas residuárias motiva os estudos que relacionam a sua proliferação em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), devido a frequente presença de lagoas de estabilização, as quais armazenam grandes volumes de água com baixa movimentação. Neste sentido, o presente estudo propõe a avaliação de um desinfetante não clorado, o ácido peracético (APA), como larvicida. Os resultados demonstraram que dosagens de 71,19 mg.L⁻¹, são capazes de desempenhar efeito letal em 95% das larvas, e ainda, proporcionar a oxigenação do efluente. Os estudos também demonstraram que a possibilidade de eclosão dos ovos do mosquito em águas residuárias é real, o que consolida a necessidade de estudos voltados ao controle da proliferação do mosquito em ETE. Ainda vale ressaltar que a utilização de larvicidas clorados na presença de matéria orgânica são comprovadamente precursores de compostos carcinogênicos que representam impactos ao corpo hídrico receptor e riscos à saúde humana, sendo assim, a utilização de compostos alternativos ao cloro é de grande relevância para o saneamento ambiental.

Palavras-chave: ETE, APA, controle da dengue.

ABSTRACT

The proliferation of Aedes aegypti has been a cause of concern for Brazil in recent decades, and its difficult control can be attributed to the environmental adaptations suffered by the species over the years. The possibility of the insect's reproduction in wastewater motivates the studies that relate its proliferation in Sewage Treatment Plants (STP), due to the frequent presence of stabilization ponds, which store large volumes of water with low movement. In this sense, the present study proposes the evaluation of a non-chlorinated disinfectant, peracetic acid (PAA), as a larvicide. The results showed that dosages of 71.19 mg.L⁻¹, are capable of having a lethal effect in 95% of the larvae, and also provide oxygenation of the effluent. Studies have also shown that the possibility of hatching mosquito eggs in wastewater is real, which consolidates the need for studies aimed at controlling mosquito proliferation in STP. It is also worth mentioning that the use of chlorinated larvicides in the presence of organic matter are proven to be precursors of carcinogenic compounds that represent impacts on the receiving water body and risks to human health, therefore, the use of compounds alternative to chlorine is of great relevance for sanitation. environmental.

Keywords: STP, PAA, dengue control.

RESUMEN

La proliferación de Aedes aegypti ha sido motivo de preocupación para Brasil en las últimas décadas, y su difícil control puede atribuirse a las adaptaciones ambientales sufridas por la especie a lo largo de los años. La posibilidad de reproducción del insecto en las aguas residuales motiva los estudios que relacionan su proliferación en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTR), debido a la presencia frecuente de estanques de estabilización, que almacenan grandes volúmenes de agua con poco movimiento. En este sentido, el presente estudio propone la evaluación de un desinfectante no clorado, el ácido peracético (APA), como un larvicida. Los resultados mostraron que las dosis de 71,19 mg.L⁻¹ son capaces de tener un efecto letal en el 95% de las larvas y también proporcionan oxigenación del efluente. Los estudios también han demostrado que la posibilidad de incubar huevos de mosquito en las aguas residuales es real, lo que consolida la necesidad de estudios destinados a controlar la proliferación de mosquitos en la PTR. También vale la pena mencionar que se ha demostrado que el uso de larvicidas clorados en presencia de materia orgánica son precursores de compuestos cancerígenos que representan impactos en el cuerpo de agua receptor y riesgos para la salud humana, por lo tanto, el uso de compuestos alternativos al cloro es de gran relevancia para el saneamiento ambiental.

Descriptor: PTR, APA, control del dengue.

INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti* é um mosquito originário do continente africano, que se dispersou pelo mundo, juntamente com emigrantes (BRAGA e VALLE, 2007). Também conhecido como mosquito da dengue, o *Aedes aegypti* é vetor de outras doenças como Chikungunya, Zica e Febre Amarela Urbana, doenças essas de grande risco epidemiológico.

No Brasil, a partir do século XX o combate a esse vetor se intensificou devido à grande taxa de mortalidade de pessoas com febre amarela urbana. Em 2012, o Ministério da Saúde fundou o Plano Nacional de Combate à Dengue (PNCD), que teve dificuldades na utilização de larvicidas, já que o mosquito sofreu mutações genéticas e adquiriram resistentes aos mesmos (ZARA, 2016).

Uma questão preocupante quanto à proliferação do mosquito *Aedes aegypti* é a sua capacidade de reprodução mesmo em águas poluídas. Beserra et al. (2010) pesquisaram a influência da qualidade da água na ovoposição e no ciclo de vida do *Aedes aegypti* e constataram que em águas residuárias, como: esgoto bruto, efluente de reator anaeróbio, lagoa de polimento e filtro anaeróbio são

possíveis o desenvolvimento do mosquito. Estes processos de tratamento biológico são utilizados frequentemente em ETE (Estações de Tratamento de Esgoto) não só no Brasil, como no mundo todo, evidenciando a necessidade de um controle nestes sistemas para evitar a proliferação do mosquito nestes locais.

As lagoas de estabilização demandam grandes áreas, e assim podem contribuir de forma substancial para proliferação do mosquito. Vale ressaltar, que inúmeros efluentes são tratados com a utilização de lagoas, como efluentes sanitários, de abatedouros e frigoríficos, indústrias do setor de alimentos, entre outros, ampliando possíveis ocorrências de focos.

A ovoposição do mosquito em poços e cisternas desprovidos de tampas adequadas também requerem atenção. Em alguns casos, onde os poços são mais profundos, os ovos podem ser carregados pela água da chuva até o interior dos reservatórios, com a posterior eclosão dos ovos.

Estes fatores apontam que o saneamento básico está ligado ao desenvolvimento do mosquito de uma forma plena e não necessariamente em

condições irregulares de tratamento. Ou seja, mesmo poços e cisternas com águas de boa qualidade, assim como esgoto encaminhado para sistemas de tratamento são riscos em potenciais.

Neste contexto, a intenção desta proposta é avaliar o ácido peracético (APA), um oxidante não clorado, já estudado na área do saneamento ambiental como desinfetante (KITIS, 2004), e que neste estudo, será testado como larvicida do *Aedes aegypti*.

Para que a viabilidade do APA seja avaliada, além da concentração letal necessária para a morte de 50% e 95% das larvas (CL_{50} e CL_{95}), as características físico-químicas após sua aplicação também foram utilizados modelos teóricos descritos por Cavallini et al. (2013), que auxiliam na previsão de alterações promovidas pelo APA em efluentes domésticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Bioensaios

As larvas e ovos utilizados neste estudo foram fornecidos pelo Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UFT, campus de Gurupi, o qual utiliza a metodologia de criação do *Aedes aegypti* de acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1981).

Concentração Letal (CL_{50} e CL_{95})

As determinações da CL_{50} e CL_{95} , foram realizadas a partir do ácido peracético diluído em séries decimais (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70 mg.L⁻¹). Foram utilizados 30 mL de cada diluição em béqueres com 20 larvas do mosquito (instar 2) e os ensaios foram realizados em triplicata. O controle foi realizado em 30 mL de água destilada e 20 larvas como controle. Após 24 horas do início do teste foi contado o número de larvas mortas (imóveis), para

determinação da concentração letal para 50% das larvas testadas e a concentração letal para 95% das larvas testadas (FINNEY, 1971). Os dados obtidos nos bioensaios foram tratados por análise de Probit pelo programa Polo Plus 2.0.

Eclosão dos ovos em efluente sanitário

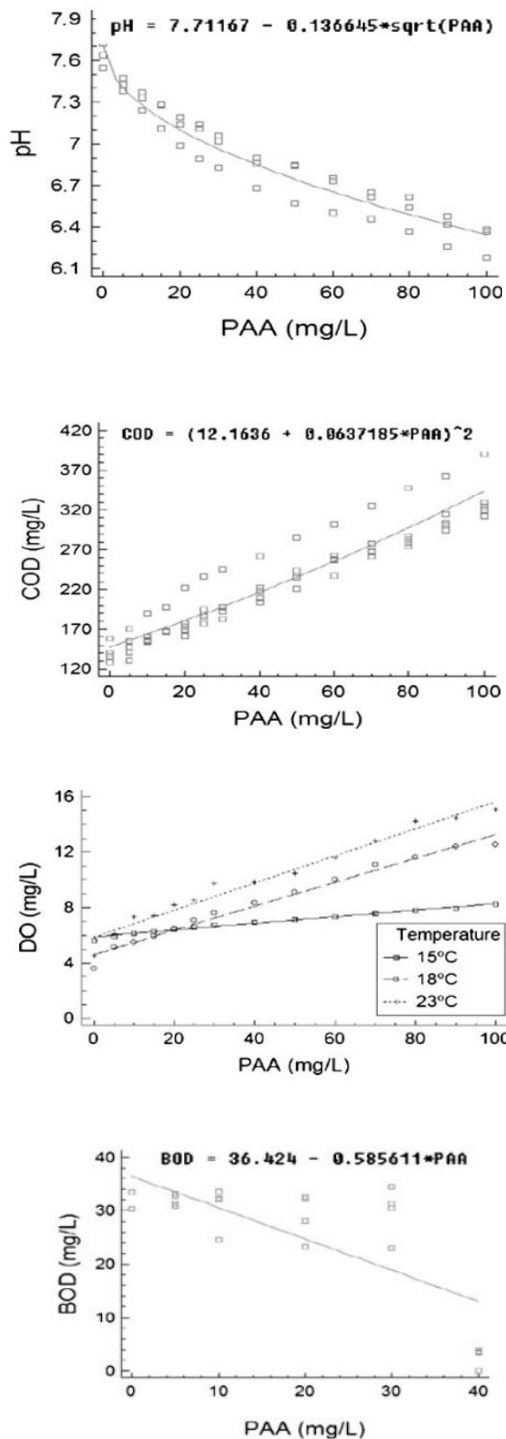
Foram utilizados volumes de efluente de 30 mL em béqueres com 20 ovos do mosquito. Os ovos estavam dispostos em discos de papel onde a fêmea havia feito a postura. Os discos eram recortados e colocados no efluente sanitário coletado na ETE de Gurupi. O mesmo procedimento foi realizado utilizando água destilada como controle. Todos os ensaios foram realizados em triplicata e observados por 48, 72 e 96 horas. A eclosão dos ovos foi avaliada pela formação da larva.

Estimativa das características físico-químicas do efluente após a aplicação do APA

Para estimar os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD) e pH do efluente após a aplicação do APA na dosagem ótima como larvicida, foram utilizados os modelos propostos por Cavallini et al. (2013), conforme a Figura 1.

De acordo com a Figura 1, os gráficos relacionam o valor de cada parâmetro (DBO, DQO, OD e pH) em função da concentração do APA. Cada parâmetro tem o seu comportamento descrito por uma equação. Esta equação possibilita estimar o valor do parâmetro a uma dada concentração do APA no efluente, prevendo as condições físico-químicas após o tratamento.

Figura 1 - Modelos matemáticos para simulação das alterações nos parâmetros pH, DQO, DBO e OD.



pH: $R^2=0.939$, erro padrão=0.099, $F_{1-40}=634.58$, $p<0.01$;
 DQO: $R^2=0.939$, erro padrão=0.099, $F_{1-40}=634.58$, $p<0.01$;
 OD (à 23°C): $R^2=0.970$, erro padrão =0.40, $F_{5-36}= 423.62$,
 $p<0.01$; DBO: $R^2=0.55$, erro padrão =7.52, $F_{1-22}=28.82$,
 $p<0.01$.

Fonte: Cavallini et al., 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 24 horas de exposição, pode-se notar uma taxa de mortalidade significativa a partir da concentração de 40,0 mg.L⁻¹, onde uma média de 9 entre 20 larvas morreram (Tabela 1). Utilizando a análise de Probit foi possível descrever o comportamento do larvicida (taxa de mortalidade). A taxa de mortalidade é calculada por meio de uma distribuição normal, sendo assim, uma expectativa de mortalidade pode ser construída, considerando uma diferença entre os dados reais e a expectativa de mortalidade, determinada pelos valores residuais. A Tabela 1 apresenta cada um destes valores nas diferentes dosagens testadas.

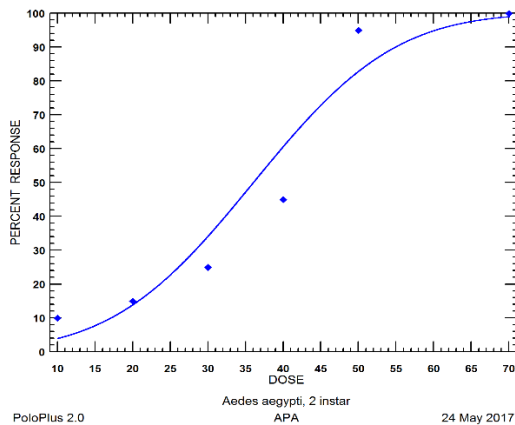
Tabela 1. Resposta dos parâmetros avaliados em diferentes concentrações de APA.

APA (mg.L ⁻¹)	Taxa de mortalidade média	Expectativa de mortalidade ¹	Residual ¹
10,0	2,00	0,78	1,22
20,0	3,00	2,78	0,22
30,0	5,00	6,84	-1,84
40,0	9,00	12,14	-3,14
50,0	19,00	16,57	2,43
70,0	20,00	19,79	0,21

¹ Dados obtidos pela análise de Probit. Slope 0,068; desvio padrão 0,011; $p > 0,05$. Ensaio realizado com 20 larvas. Chi-square: 7.1095; Graus de liberdade: 4; Heterogeneidade: 1.7774

A partir destes dados a CL₅₀ e a CL₉₅ são estabelecidas pela análise de Probit, sendo a CL₅₀ estimada em 36,0 mg.L⁻¹ e a CL₉₅ em 60,27 mg.L⁻¹. A Figura 2 apresenta um gráfico que representa a análise de Probit.

Figura 2. Representação gráfica da análise de Probit.



Na análise de Probit a curva que expressa a relação entre a dose e a taxa de mortalidade, denominada de curva de dose-resposta deve ser uma sigmoide, sendo comum observar menores variações nas caudas (percentagens próximas de 0 e 100) e maiores variações próximas a 50%. Este comportamento é observado nos resultados obtidos neste ensaio.

Na Figura 2 pode ser observado que os pontos apresentam desvios da curva utilizada para determinação da CL_{50} e CL_{95} na análise de Probit, por isso, estas concentrações são melhores descritas considerando os intervalos de mínimo e máximo de cada concentração (Tabela 2). O valor máximo pode ser utilizado visando uma previsão mais seguro dos resultados.

Tabela 2. Concentrações máximas e mínimas de APA para os efeitos de letalidade de 50 e 95%.

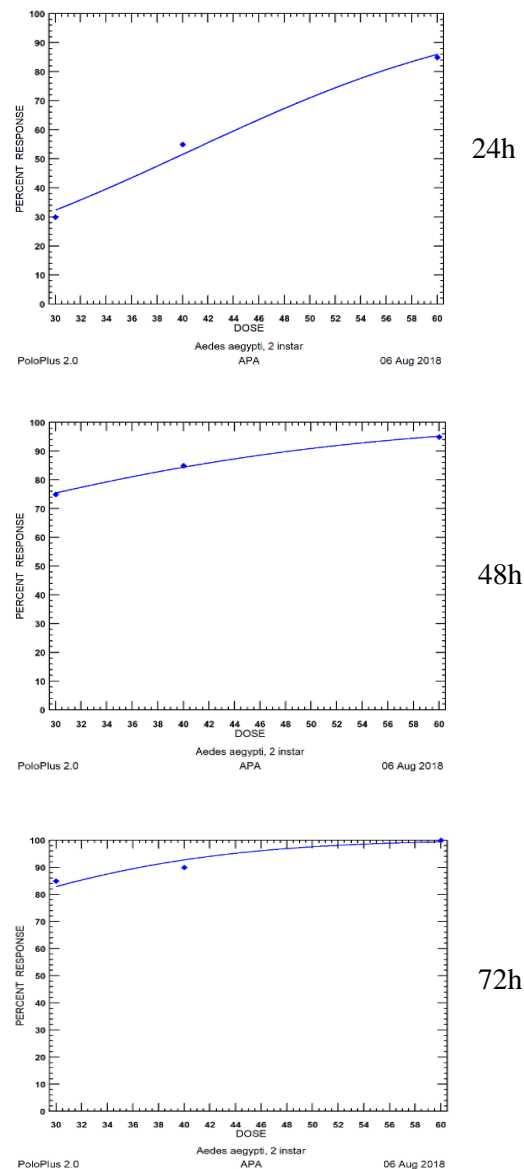
	[APA] média (mg.L ⁻¹)	[APA] mínima (mg.L ⁻¹)	[APA] máxima (mg.L ⁻¹)
CL_{50}	35,99	27,19	47,33
CL_{95}	60,26	48,45	99,72

Limite de confiança de 95%.

Reprodução do ensaio com dosagens mais próximas da CL_{50} e CL_{95}

Os testes foram repetidos, em triplicata, para confirmação da CL_{50} e CL_{95} . As dosagens utilizadas foram de 30,0; 40,0 e 60 mg.L⁻¹. Neste ensaio a avaliação do potencial larvicida do APA, foram realizados, com tempo de exposição de 24 horas, 48 horas e 72 horas. Os resultados após a análise de Probit são apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Resultado dos bioensaios em diferentes concentrações de APA e tempos de exposição.



A Tabela 3 apresenta uma comparação entre os valores obtidos para CL₅₀ e CL₉₅ para os dois ensaios com tempo de exposição de 24h.

Tabela 3. Comparação entre os dois bioensaios com APA em 24h de exposição.

		[APA] média (mg.L ⁻¹)	[APA] mínima (mg.L ⁻¹)	[APA] máxima (mg.L ⁻¹)
Ensaio 1	CL ₅₀	35,99	27,19	47,33
	CL ₉₅	60,26	48,45	99,72
Ensaio 2	CL ₅₀	40,45	31,13	48,02
	CL ₉₅	71,19	59,26	111,89

Conforme os resultados apresentados pela Tabela 3, houveram variações nos valores de CL₅₀ e CL₉₅, no entanto ambas os ensaios resultaram em dosagens máximas e mínimas bem próximas. A avaliação do tempo de exposição pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados obtidos pelos bioensaios de acordo com o tempo de exposição.

Tempo de exposição	APA (mg.L ⁻¹)	Taxa de mortalidade de média	Expectativa de mortalidade	Residual
24h	30	6	6,47	-0,469
	40	11	10,31	0,686
	60	17	17,10	-0,191
48h	30	15	15,09	-0,086
	40	17	16,88	0,120
	60	19	19,03	-0,033
72h	30	17	16,59	0,423
	40	18	18,55	-0,524
	60	20	19,87	0,130

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, a dosagem de 30,0 mg.L⁻¹ com tempo de exposição de 72h apresentou mesma letalidade que a dosagem de 60,0 mg.L⁻¹ no tempo de exposição de 24h. Esta informação é relevante, porém deve ser considerada com cautela, pois a estabilidade do APA pode ser alterada ao ser aplicada ao efluente sanitário. Este comportamento é justificado pelo consumo do APA na oxidação da matéria orgânica do efluente, reduzindo a concentração disponível do APA para ação larvicida, principalmente, em ensaios com logo tempo de exposição.

Avaliação do potencial de eclosão dos ovos em efluente sanitário

Embora a possibilidade de eclosão dos ovos de *Aedes aegypti* em águas residuárias seja descrito na literatura, ainda há divergências sobre esta informação. Por este motivo foi avaliado o potencial de eclosão dos ovos em efluente sanitário. O ensaio não avaliou a postura dos ovos pela fêmea no efluente, mas sim a eclosão de ovos que poderiam ter sido carregados por água da chuva até a ETE. Para avaliar a possibilidade de eclosão dos ovos de *Aedes aegypti* foram feitos testes em triplicata no efluente final coletado na ETE da cidade de Gurupi. Os resultados obtidos neste ensaio são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Avaliação da eclosão dos ovos de *Aedes aegypti*

Tempo de exposição	Controle			Efluente		
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3
2 dias	0	0	0	0	1	7
3 dias	0	0	0	0	1	8
4 dias	0	0	2	0	1	8

Neste ensaio a viabilidade dos ovos não foi avaliada, por isso afirmar que a eclosão dos ovos no efluente sanitário é maior do que em água limpa não

pode ser feita. No entanto, a possibilidade de eclosão dos ovos em efluente sanitário pôde ser observada.

Aplicações do APA na concentração larvicida e os impactos nas características físico-químicas do efluente

Considerando a maior dosagem obtida nos bioensaios para CL₉₅ (71,19 mg.L⁻¹), avaliou-se os impactos desta dosagem nas características físico-química do efluente após o tratamento com APA. Esta avaliação utilizou o modelo teórico propostos por Cavallini et al. (2013), para os parâmetros DQO, DBO, pH e OD.

Tabela 6. Características físico químicas estimadas do efluente:

Parâmetros	Equações obtidas pelos modelos teóricos ¹	Valores estimados
pH	$\text{pH} = 7,71167 - (0,136645 \times (\text{CL}_{95}^{1/2}))$	6,56
DQO (mg.L ⁻¹)	$\text{DQO} = (12,1636 + (0,0637185 \times \text{CL}_{95}))^2$	278,89
OD (mg.L ⁻¹)	$\text{OD} = 5,83319 + (0,098362 \times \text{CL}_{95})$	12,84
DBO (mg.L ⁻¹)	$\text{DBO} = 36,424 - (0,585611 \times \text{CL}_{95})$	< 1

¹ Cavallini et al. (2013)

De acordo com a Tabela 6, o aumento na concentração da DQO justificado pela composição orgânica do APA é um fator negativo da sua aplicação. No entanto, a oxigenação do efluente e manutenção do pH próximo de 7 são fatores relevantes que podem contribuir para a degradação da matéria orgânica na autodepuração do efluente quando lançado no corpo hídrico, o que amenizaria o aumento da DQO após o lançamento. O valor de DBO negativo, se deve ao aumento do OD do efluente e a possível inibição das bactérias decompositoras, indicando que ensaios ecotoxicológicos são necessários antes da sua utilização. Vale ressaltar que a aplicação do cloro, o

oxidante atualmente utilizado em ETE, são responsáveis pela formação de compostos clorados descritos como carcinogênicos, e os estudos de Macêdo et al., (2019) demonstram a menor ecotoxicidade do APA em relação ao cloro utilizando o organismo teste *Dugesia tigrina*.

CONCLUSÃO

Após esse período de estudos pode-se concluir que, a eclosão dos ovos do mosquito *Aedes aegypti* independe da boa qualidade da água, já que houve a eclosão no efluente.

A partir dos testes realizados, encontrou-se a CL₅₀ e a CL₉₅, que são respectivamente, 40,45 mg.L⁻¹ e 71,19 mg.L⁻¹. E constatou-se também que o aumento no tempo de exposição pode ser uma alternativa para redução das dosagens do APA como larvicida.

Considerando a aplicação do APA em efluente sanitário, os modelos teóricos indicaram que mesmo o APA sendo um ácido, as dosagens ótimas para ação larvicida não reduziram o pH do efluente final de forma a prejudicar seu lançamento no corpo hídrico. A oxigenação do efluente é um fator muito importante e favorável para sua aplicação.

O aumento da DQO e diminuição da DBO merecem atenção, assim como a realização de ensaios ecotoxicológicos.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil. O desenvolvimento desta pesquisa contou com benefícios do Programa Produtividade em Pesquisa da UFT (Propesq/UFT).

Agradecemos também a Thech Desinfecção Ltda pelo apoio à pesquisa.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

BESERRA, E. B.; FERNANDES, C. R. M.; SOUZA, J. T.; FREITAS, E. M.; SANTOS, K. D. Efeito da Qualidade da Água no Ciclo de Vida e na Atração para Oviposição de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). **Neotrop Entomol**, 39, 2010, p. 1016-1023.

BRAGA, I. A. VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 16(4), 179-293, 2007.

CAVALLINI, G. S.; SOUZA, J. B.; VIDAL, C. M. S.; CAMPOS, S. X. Evaluation of the Physical–Chemical Characteristics of Wastewater After Disinfection with Peracetic Acid. **Water Air Soil Pollut.** 224, 2013, p. 1752.

FINNEY, D. Probit Analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve. New York, London: Cambridge Univ. Pres, 1971. p. 50-55.

KITIS, M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. **Environ. Int.**, v. 30, 2004, p. 47-55.

MACÊDO, L. P. R., DORNELAS, A. S. P., VIEIRA, M. M., FERREIRA, J. S. J., SARMENTO, R. A., CAVALLINI, G. S. Comparative ecotoxicological evaluation of peracetic acid and the active chlorine of calcium hypochlorite: Use of *Dugesia tigrina* as a bioindicator of environmental pollution. **Chemosphere**. 233, 2019, 273-281.

WHO - World Health Organization. Instructions for determining the susceptibility or resistance of mosquito larvae to insecticides. Geneva: Geneva: World Health Organization, 1981.

ZARA, A. L. S. A, et al. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, abr.-jun. 2016.