

AVALIAÇÃO DO EMPREGO DA TECNOLOGIA THE WATER CLEANSER® (TWC) NA ÁGUA DA BAÍA DE SEPETIBA/RJ

Edgar Pereira David Santos¹

Bruno Corrêa Meurer²

Eidy de Oliveira Santos³

Resumo

Pouco se conhece sobre a eficiência da tecnologia The Water Cleanser® (TWC) no Brasil e o objetivo desse trabalho é determinar sua eficiência na despoluição de amostras de água coletadas na Baía de Sepetiba/RJ. Foi realizado um experimento de 4 semanas de duração com amostras dessa água dividida em dois tanques (com TWC e controle) nos quais foram medidos os parâmetros físicos, químicos e concentração de coliformes dos dois a cada 7 dias durante o período de experimento. As análises estatísticas confirmaram uma diferença significativa na concentração dos compostos nitrogenados, fosfato e oxigênio dissolvido no tanque com a TWC. Observou-se que a placa TWC proporcionou concentrações menores dos compostos nitrogenados e mais elevadas de oxigênio dissolvido do que no controle, e proporcionou uma redução na concentração de coliformes. Dessa forma, pode-se dizer que a tecnologia TWC tem um grande potencial biorremediador por ter demonstrado um resultado significativamente positivo em parâmetros importantes para a qualidade da água na Baía de Sepetiba, além de servir de substrato possibilitando o crescimento de biofilme em sua estrutura.

Palavras-chave: Biorremediação. Biotecnologia. Sustentabilidade.

EVALUATION OF THE USE OF THE WATER CLEANSER® (TWC) TECHNOLOGY IN SEPETIBA BAY WATER/RJ

¹Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste UEZO. Tecnologista no Laboratório de Bioquímica da UEZO.

²Doutor em Ecologia pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Coordenador do curso de Biologia da USU, RJ.

³Doutora em Ciências Biológicas (Genética) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente na Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste – UEZO, RJ.

Abstract

Not much is known about the technology The Water Cleanser® (TWC) in Brazil and our aim is to determine the depollution efficiency of TWC in samples of water collected from Sepetiba Bay, RJ. One experiment were carried out with those samples for 4 weeks (kept in tanks). We measure the physical and chemical factors from the tanks every 7 days during the experiment. The statistical analysis showed a significant improvement of the nitrogen compounds, phosphate, and dissolved oxygen concentration on the water that belonged to the tank that received the treatment. Since TWC technology has shown a significant positive result in improving the quality of the water collected from Sepetiba Bay and works as a substrate for bacteria, one may affirm that this technology has a big potential as a bio-remedy to polluted waters.

Keywords: Bioremediation. Biotechnology. Sustainability.

Colaboradores

Amanda Rosa Rodrigues de Frias⁴

Carlos Vinicius Ferreira da Silva⁵

Oliver Alexandre F. C. Pereira⁶

Introdução

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a manutenção da vida, desenvolvimento econômico e bem-estar social. A degradação desse recurso tem tornado cada vez mais escassa a disponibilidade de água de qualidade, uma vez que tem sido poluída por diversas atividades do homem, sendo elas domésticas, comerciais ou industriais (Pereira 2004; Neto 2006). Muitos resíduos provenientes de atividades industriais e domésticas são descartados em corpos hídricos diariamente (Azevedo, et al. 2004), o que induz estudos científicos em mecanismos de degradação e recuperação dos corpos hídricos.

⁴Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela UEZO. Pesquisadora no Laboratório de Bioquímica da UEZO, RJ.

⁵Mestre no departamento de bioquímica da UEZO.

⁶Mestre em Ciências do Mar pela Universidade Santa Úrsula (USU). Docente e pesquisador na USU, RJ.

Técnicas de tratamento e soluções sustentáveis têm sido desenvolvidas ao longo dos anos, em que uma delas é a da bioestimulação, uma técnica de biorremediação. Essa técnica é aplicada *in situ*, e busca estimular o crescimento da microbiota nativa criando condições ambientais favoráveis para o seu desenvolvimento no local contaminado, de modo a acelerar a degradação do composto contaminante. Neste processo, bactérias e fungos são os principais agentes com metabolismo degradador (Lee e De Mora 1999; Lengeler et al. 1999; Macedo et al. 2017; Gaylarde et al. 2005).

No intuito de encontrar medidas para reverter a crescente degradação dos ecossistemas aquáticos, em 2016 foi proposto no Brasil pela empresa O2ECO, a utilização de uma placa bioestimuladora chamada The Water Cleanser® (TWC), para despoluição de corpos hídricos do Rio de Janeiro (Meurer et al. 2017). A TWC é um substrato à base de óleo orgânico e cera que não libera hidrocarbonetos na água, atuando como biorremediador através de uma tecnologia passiva e bioestimuladora, que promove um tratamento prebiótico fornecendo habitat, fontes de carbono e oligoelementos para os microrganismos do meio em que é inserido. Especialmente as espécies bacterianas probióticas (Marine Easy Clean 2015; Meurer et al. 2017).

No entanto, não se pode dizer que essa tecnologia funcione com a mesma eficiência em todos os corpos hídricos brasileiros, especialmente quando se trata de ambientes costeiros com características únicas como as baías e estuários. Não se sabe o quanto a tecnologia TWC pode ser eficiente em ambientes tão distintos e nem se pode prever que as espécies bacterianas serão estimuladas pela TWC nos diferentes ambientes em que esta será empregada. Por esse motivo seria interessante avaliar seu desempenho nesse tipo de região.

Baías e estuários possuem uma biota típica e um importante papel no desenvolvimento e manutenção de diversas espécies marinhas e de água doce (Dittmar e Lara 2001; Castro e Huber 2012). Seria de grande adição para a conservação dessas áreas a avaliação positiva de uma tecnologia pioneira e sustentável, como a TWC, nesse tipo de ambiente.

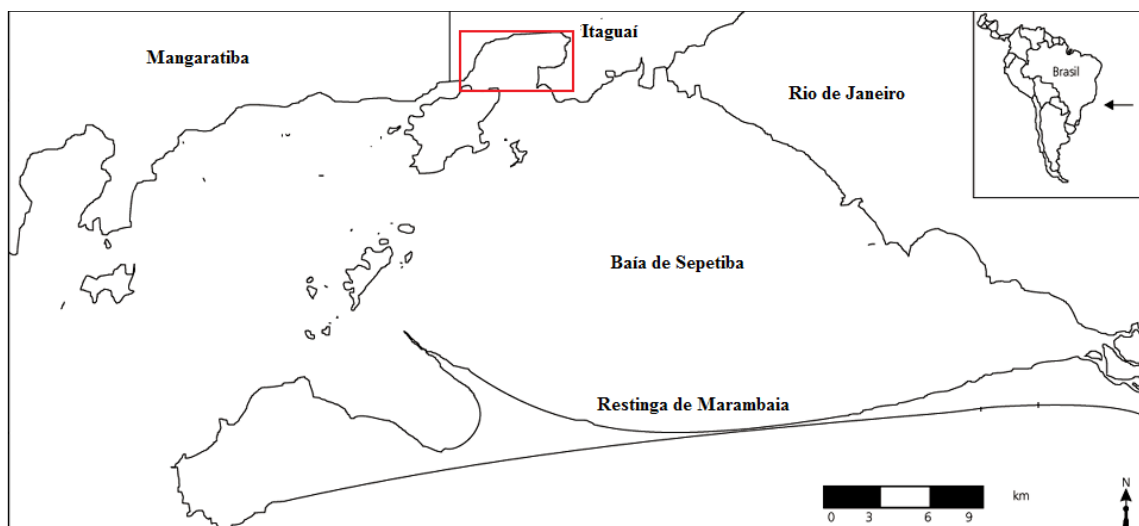
Neste estudo pretendeu-se avaliar a eficiência da utilização de placas TWC® nas águas coletadas na Baía de Sepetiba, RJ, a partir da avaliação de parâmetros físicos, químicos e de coliformes presentes na água ao longo do experimento.

Metodologia

Coleta

A Baía de Sepetiba está localizada no litoral sudoeste do Estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas $23^{\circ} 01' 34''\text{S}/23^{\circ} 00' 57''\text{S}$ e $044^{\circ} 02' 06''\text{W}/43^{\circ} 38' 16''\text{W}$, apresentando uma área de aproximadamente 305 Km^2 de espelho d'água. Delimitada ao norte e a leste pelo continente, ao sul, pela Restinga de Marambaia e a oeste, pela Baía da Ilha Grande (Figura 1). O ponto de coleta se localiza em uma das regiões portuárias da Baía de Sepetiba nas coordenadas $22^{\circ} 54' 23''\text{S}/43^{\circ} 51' 31''\text{W}$, próximo ao porto de Itaguai (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de coleta na Baía de Sepetiba - RJ em destaque



Fonte: Pesquisa do Autor

A coleta ocorreu em janeiro de 2020, e foi seguida com a realização do experimento com a TWC em comparação a um controle, com avaliações de diversos componentes químicos e alguns fatores físicos, tais como pH, salinidade, turbidez, temperatura, além da quantificação de coliformes presentes na água durante o processo.

Montagem do sistema experimental

Foram coletados manualmente 100 litros de água com o auxílio de dois galões de 50 litros previamente higienizados. Estes galões foram vedados e transportados até o no Laboratório de Ecologia Marinha da Universidade Santa Úrsula (USU), RJ.

No laboratório (temperatura ambiente e iluminação por lampada fria), foram preparados dois (2) tanques de 100L (100cm x 25cm x 40cm – Comprimento x Largura x Altura respectivamente - vidro 4 mm de espessura) sem aeração - 1 controle (**T1**) + 1 tratamento (**T2**) - que foram previamente higienizados com sabão neutro, água e álcool 70%. Cada tanque foi preenchido com 50 L da água coletada em campo e em seguida, no tanque 2 (T2), foi inserida a placa TWC cortada nas dimensões estipuladas pelo fabricante para o tratamento do volume de água utilizado (9cm x 7cm – 10mm espessura). Esta fase foi denominada **dia zero** e o início do experimento.

Coleta de dados:

Para mensurar os parâmetros pH, Cobre, Ferro total, Cromo VI, Alumínio, Fosfato e Compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato), foi coletada uma alíquota de 50 ml de cada tanque com tubos estéreis, que foi analisada pelo fotômetro multiparâmetro Exact Micro20. A quantidade de O₂ dissolvido (OD) e os valores de temperatura e salinidade foram avaliados diretamente nos tanques com a sonda multiparâmetro Water Quality Meter (AK 87), e com o refratômetro Instruthem (RTS-

101 ATC) para a salinidade. Para esse experimento foram realizadas réplicas (triplicatas) analíticas para avaliação desses parâmetros.

A análise de coliformes totais e termotolerantes foi realizada com o kit Colipaper®, marca Alfakit, que possui uma combinação de dois substratos cromogênicos (Salmon-GAL e X-glicuronídeo) possibilitando a detecção desses dois parâmetros em uma mesma cartela (Villela at. al. 2010). A quantificação dos resultados seguiu orientação do fabricante, que consistiu na contagem dos pontos azuis (colônias de coliformes termotolerantes) e a contagem dos pontos azuis e vermelhos (colônias de coliformes totais) multiplicando-os por 80, obtendo-se os resultados em Unidades Formadoras de Colônias (UFC)/100 mL.

As análises foram realizadas nos dois tanques (T1 e T2) no dia zero com o objetivo de conhecer as características iniciais da água, e posteriormente a cada 7 dias por 4 semanas, para observar sua evolução ao longo do tempo nos tanques (controle T1 e tratamento T2). Devido a uma diferença visível na turbidez entre os tanques no quarto dia de experimento, as análises foram realizadas nesse dia para tentar correlacionar esse resultado físico com alguma alteração química naquele momento na água.

Análise estatística

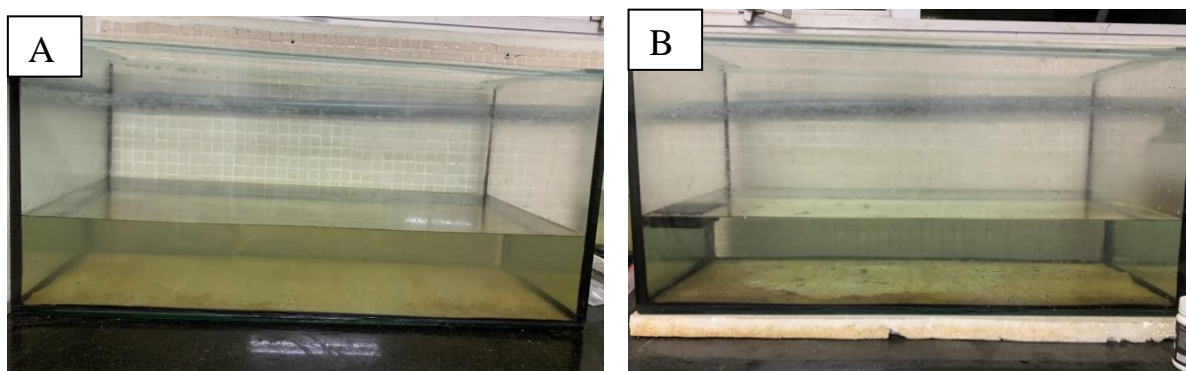
Todas as análises estatísticas foram realizadas em uma extensão chamada *Real Statistic* no software Excel. Diferenças significativas entre os resultados de T1 e T2 foram verificadas utilizando o teste T - independente, e foi considerada a ocorrência de uma diferença significativa quando $p \leq 0,05$ em todos os casos analisados. Como dito anteriormente, as medições foram feitas em réplicas (triplicatas) analíticas em cada tanque (T1 e T2), resultando em um $n = 6$ (3 de T1 e 3 de T2) para cada parâmetro analisado (amônia, nitrito, nitrato etc.). Não foram realizadas análises estatísticas para os resultados de coliformes.

Resultados e Discussão

Um dos primeiros sinais que a placa TWC poderia estar influenciando no tratamento da água foi a diminuição da turbidez em T2 em apenas quatro dias (Figura 2). A turbidez da água pode ser causada pela presença de matéria orgânica particulada, de sedimentos em suspensão, assim como compostos químicos e outros agentes (Nybakken 2001). Foram notadas também diferenças (a princípio não significativas $p > 0,05$) nos parâmetros químicos, onde T2 apresenta valores menores que T1 para amônia, nitrato e fosfato, e maior concentração de O_2 dissolvido (Quadro 1). Pode-se supor que a diferença de turbidez entre os tanques ocorra pela presença de microrganismos diferenciada entre eles, e que também atuam na concentração de matéria orgânica e compostos químicos, por exemplo.

A turbidez é um importante indicador de qualidade da água por significar maior quantidade de nutrientes para os microrganismos se multiplicarem, como também influencia diretamente nessa qualidade, reduzindo a penetração da luz solar que poderia inativar essas células, bem como limitar a ocorrência de microrganismos fotossintetizantes, como as cianobactérias e microalgas (Fujioca et al. 1981; Nyeleti et al. 2004).

Figura 2. Diferença da turbidez da água entre os tanques T1 (A) e T2 (B), após 4 dias de experimento.



Fonte: Pesquisa do Autor

Quadro 1. Valores (média \pm desv.pad) dos parâmetros mensurados nos dois tanques (controle – T1; tratamento – T2) após 4 dias de experimento. Concentrações em mg/L.

Parâmetros	Dia Zero (T1 e T2)	4º dia em T1	4º dia em T2
Amônia total	0,27 \pm 0,06	0,25 \pm 0,04	0,22 \pm 0,02
Nitrato (NO ₃)	1 \pm 0,20	2,4 \pm 0,30	2,1 \pm 0,59
Nitrito (NO ₂)	0,07 \pm 0	0,11 \pm 0,02	0,11 \pm 0,02
O ₂ dissolvido	4,1 \pm 0,20	3,2 \pm 0,15	3,9 \pm 0,50
Fosfato	0,39 \pm 0,01	0,58 \pm 0,03	0,39 \pm 0,07

Fonte: Pesquisa do Autor

Com o decorrer dos experimentos foi possível registrar dentre os parâmetros químicos analisados, diferenças significativas entre os tanques T1 e T2 ($p < 0,05$) indicando que a placa TWC exerce uma ação biorremediadora influenciando nos processos de nitrificação e desnitrificação dos compostos nitrogenados da água, além de observa-se que a placa também induz uma melhora significativa em T2 na oxigenação da água e a diminuição da concentração de fosfato (Tabela 01). Durante o experimento, o substrato TWC possibilitou também, o desenvolvimento de um biofilme em sua estrutura.

Tabela 01. Resultados do teste T – independente que mostram se existem diferenças entre os parâmetros mensurados (onde diferença significativa $p \leq 0,05$) em T1 e T2 ao longo do experimento. Legenda: “OD” corresponde a “O₂ dissolvido”; Valores “entre parênteses subscritos” correspondem ao “grau de liberdade” das amostras.

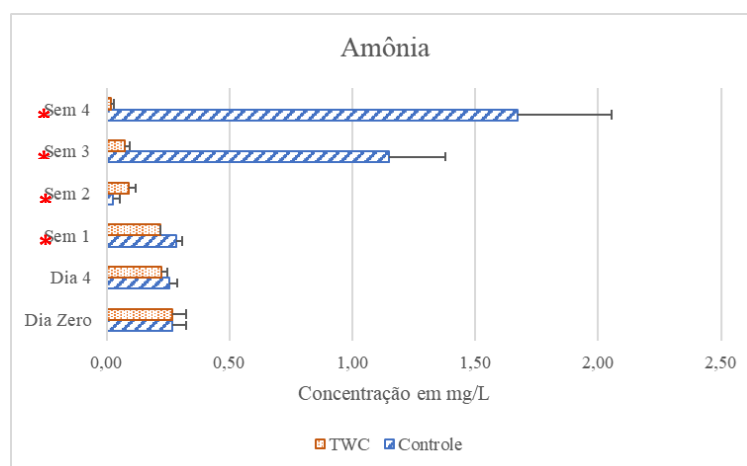
Parâmetros	1º Semana	2º Semana	3º Semana	4º Semana
Amônia	$t_{(2)}=4,75$; $p = 0,008$	$t_{(4)}=2,8$; $p = 0,04$	$t_{(2)}=8,10$; $p = 0,01$	$t_{(2)}=7,49$; $p = 0,01$
Nitrito	$t_{(4)}=12$; $p < 0,001$	$t_{(2)}=41$; $p < 0,001$	$t_{(4)}=18$; $p < 0,001$	$t_{(3)}=33$; $p < 0,001$
Nitrato	$t_{(3,7)}=0,37$; $p = 0,07$	$t_{(4)}=2,20$; $p = 0,09$	$t_{(3,2)}=10$; $p = 0,001$	$t_{(2,6)}=12$; $p = 0,001$
Fosfato	$t_{(2,6)}=0,85$; $p = 0,4$	$t_{(2)}=7,6$; $p = 0,01$	$t_{(4)}=0$; $p = 1$	$t_{(4)}=2,52$; $p = 0,06$
OD	$t_{(4)}=8,48$; $p = 0,001$	$t_{(3,8)}=7,3$; $p = 0,002$	$t_{(2)}=4,85$; $p = 0,03$	$t_{(3,4)}=4,46$; $p = 0,01$

Fonte: Pesquisa do Autor

Durante este estudo, foi possível observar que, entre o dia zero e a primeira semana, até mesmo no tanque com a TWC, apesar de sutil, houve uma fase de manutenção da concentração de amônia, se mantendo próxima aos valores iniciais (Figura 3). Possivelmente, porque os microrganismos estão decompondo matéria orgânica presente na água liberando amônia ao passo que também existem microrganismos degradando a amônia, transformando-a em nitrito e nitrato (Moriarty 1997; Oliveira et al. 2013; Prabu e Santhiya 2016).

Da primeira semana em diante as concentrações dos compostos nitrogenados de T1 (controle) e T2 (tratamento) começaram a se distanciar, mostrando que a placa TWC aparentemente estimulou microrganismos, acelerando a ciclagem destes componentes em T2. À medida em que a concentração de amônia decaiu de forma gradual em T2, T1 apresentou um aumento substancial nas concentrações deste componente após a terceira semana. Ao completar quatro semanas, a concentração de amônia em T2 (0,02 mg/L; desv.pad ±0,01) era significativamente menor ($t_{(2)} = 7,49$; $p = 0,01$) do que em T1 (1,67 mg/L; desv.pad ±0,38).

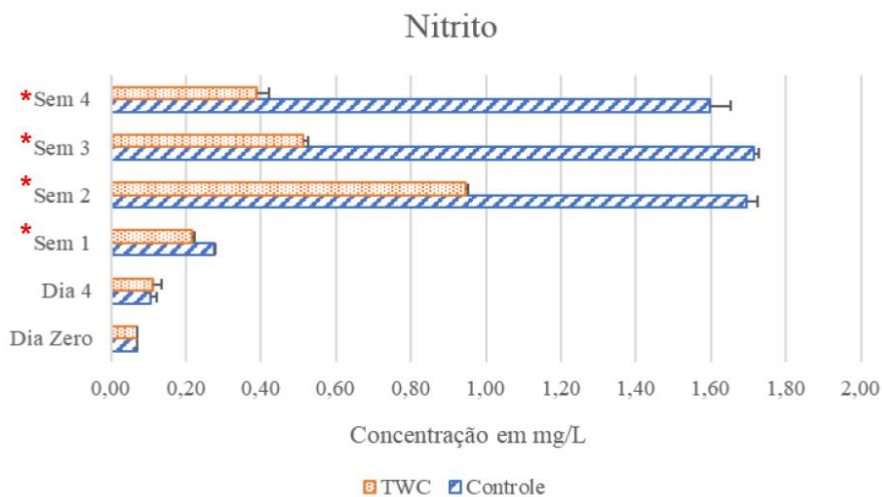
Figura 3. Variação da concentração média e desvio padrão de amônia nos tanques (TWC – T2 e Controle – T1) ao longo do experimento. Onde ocorreram diferenças significativas entre T1 e T2.



Fonte: Pesquisa do Autor

Já as concentrações de nitrito e nitrato apresentaram um aumento nos dois tanques até a segunda semana, provavelmente devido à conversão da amônia (Figuras 4 e 5). No entanto, da segunda para quarta semana, T2 (nitrito 0,39 mg/L desv.pad \pm 0,03 e nitrato 5,10 mg/L desv.pad \pm 0,20) diminuiu a concentração desses dois compostos de maneira mais acentuada que T1 (nitrito 1,60 mg/L desv.pad \pm 0,06 e nitrato 9,10 mg/L desv.pad \pm 0,50), chegando a quarta semana com valores desses compostos significativamente inferiores em relação aos de T1 ($t_{(3)} = 33; p < 0,001$ e $t_{(2,6)} = 12; p = 0,001$ respectivamente).

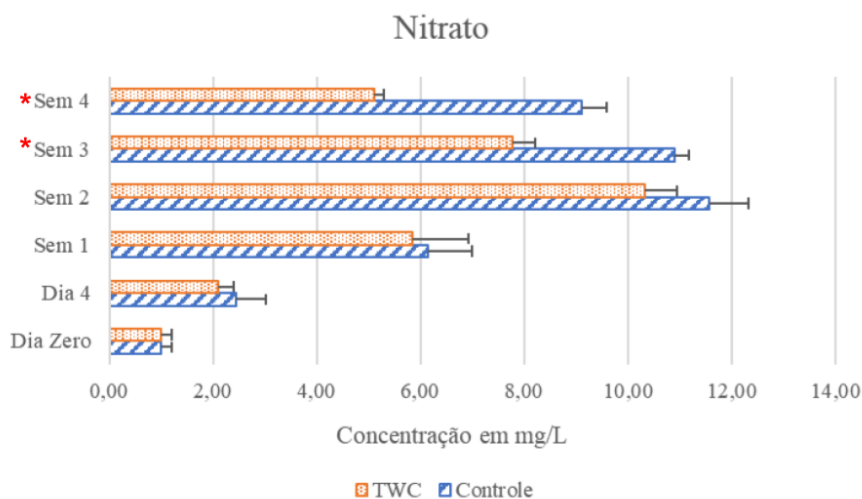
Figura 4. Variação da concentração média e desvio padrão de nitrito nos tanques (TWC – T2 e Controle – T1) ao longo do experimento. Onde ocorreram diferenças significativas entre T1 e T2.



Fonte: Pesquisa do Autor

Figura 5. Variação da concentração média e desvio padrão de nitrato nos tanques (TWC – T2 e Controle – T1) ao longo do experimento.

Onde ocorreram diferenças significativas entre T1 e T2.



Fonte: Pesquisa do Autor

Thompson e colaboradores (2002) observaram a redução de amônia no ambiente em que substratos com biofilme foram inseridos. O substrato TWC é formado principalmente por uma base de óleo e disponibiliza recursos de carbono em forma de hidrocarbonetos para as bactérias nitrificantes e desnitrificantes, estimulando seu desenvolvimento e atuação no ambiente (Oliveira et al. 2013; Sakthipriya et al. 2015; Hu et al. 2017). Essas e outras bactérias, além dos demais microrganismos que compõem a microbiota aquática que podem estar sendo estimulados pela TWC, possuem grande importância na qualidade e produtividade dos sistemas aquáticos sendo a chave para a ciclagem de matéria orgânica, compostos nitrogenados, fosfato e no ciclo do carbono (Sorokin 1999; Zhou et al. 2009; Wang et al. 2015).

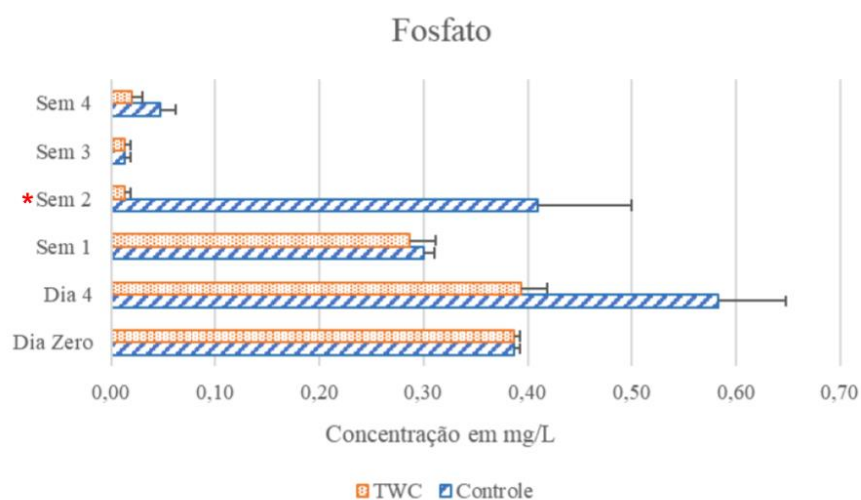
Dessa maneira, pode-se estipular que a placa TWC leva aproximadamente duas semanas para conseguir estimular, de maneira eficiente, a microbiota permitindo que se observe diferença positiva no ambiente aquático em relação aos compostos nitrogenados. Existem trabalhos utilizando a tecnologia TWC (Cole 2019) ou outros

tipos de substratos como Aquamat™ (Jones et al. 2002) que levaram mais tempo para que esse tipo de resultado fosse alcançado, necessitando de 6 a 8 semanas para que se pudesse ter uma diferença significativa. Essa diferença temporal dos resultados pode ocorrer por conta de alguns fatores, dentre eles a variada composição na microbiota presente na água da Baía em relações aos estudos anteriores.

Meurer e colaboradores (2017) já havia relatado a eficácia da TWC e mudanças significativas da qualidade da água com apenas 2 semanas, no entanto, a água utilizada no estudo foi de outra região (Lagoa Rodrigo de Freitas). Ambientes estuarinos como a Baía de Sepetiba têm um aporte nutricional e características bióticas e abióticas únicas influenciadas pelo continente e/ou por padrões de circulação de água que proporcionam a existência de comunidades biológicas típicas. Além disso, Cole (2019) constatou que essa tecnologia pode ser mais eficiente em alguns casos, em relação ao ciclo do nitrogênio, do que outros tipos de substratos como Bioball, alguns probióticos como o BioAid e soluções químicas, sendo essas tóxicas para o meio e levando em média 36 dias para aclimação e desintoxicação do ambiente aquático.

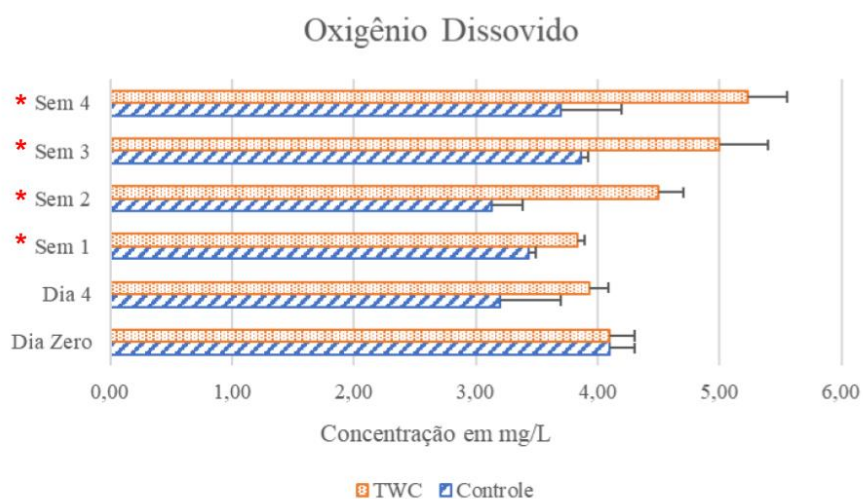
Outros compostos que apresentaram diferenças entre T1 e T2 ao longo do experimento foram o O₂ dissolvido (OD) e o fosfato (Figuras 6 e 7), compostos esses que também são parâmetros para avaliação da qualidade da água no ambiente (CONAMA, resolução nº 357). A concentração de fosfato foi maior em T1 (0,05mg/L desv.pad ±0,02) do que em T2 (0,02mg/L desv.pad ±0,01) durante todo o experimento, mas apenas com significância estatística na segunda semana ($t_{(2)} = 7,6$; $p = 0,01$).

Figura 6. Variação da concentração média e desvio padrão de fosfato nos tanques (TWC – T2 e Controle – T1) ao longo do experimento. Onde ocorreram diferenças significativas entre T1 e T2.



Fonte: Pesquisa do Autor

Figura 7. Variação da concentração média e desvio padrão de oxigênio dissolvido nos tanques (TWC – T2 e Controle – T1) ao longo do experimento. *Onde ocorreram diferenças significativas entre T1 e T2.



Fonte: Pesquisa do Autor

Isso pode estar relacionado de forma indireta com as aceleradas reações de nitrificação e desnitrificação em ambos os tanques, mas de forma mais expressiva em T2, o que requisitaria maior aporte de nutrientes como o fosfato (Oliveira et al. 2013; Lananan et al. 2014).

Há relatos na literatura de que substratos com biofilme ativado auxiliaram na redução do fosfato na água (Thompson et al. 2002). A redução desse composto no ambiente também proporciona um maior controle da proliferação de algas, que por sua vez, algumas espécies podem liberar substâncias tóxicas (cianotoxinas) para os seres marinhos e o ser humano (Ferrão-Filho 2009; Marine Easy Clean 2015).

Em relação ao O₂ dissolvido (OD) nota-se uma evidente melhora no tanque com bioestimulação (T2), em que sua concentração na água chega a ser maior do que no dia inicial do experimento. Durante as semanas, é observada uma oscilação dessa concentração. No entanto, a elevação de OD em T2 se mantém da segunda semana até o final do experimento, sendo este o mesmo tempo que levou para a melhora dos parâmetros anteriormente citados.

Estudos na Universidade de Curtin, na Austrália, demonstraram que a placa TWC induz uma diminuição de aproximadamente 50% da demanda bioquímica e da demanda química de oxigênio (DQO), apontando esse resultado como um dos motivos do aumento de OD na água e no solo (Marine Easy Clean 2015).

Existe também a possibilidade conjunta de, pela qualidade da água ter melhorado, organismos como fitoplâncton e bactérias autotróficas tenham se multiplicado e liberado oxigênio através de fotossíntese. Meurer e colaboradores (2017) constataram que a TWC promove o desenvolvimento da biota aquática após uma semana de bioestimulação, assim como outros estudos evidenciaram que tanques tratados com essa tecnologia diminuem dez vezes a taxa de mortalidade biológica (Marine Easy Clean 2015).

Os demais parâmetros investigados não apresentaram alterações significativas entre T1 e T2. Salinidade, pH e temperatura variaram 1 ponto para mais ou para menos ao longo do tempo, e as concentrações de ferro total, cobre, cromo e alumínio

variaram entre $>0,01$ (limite de sensibilidade do equipamento) e $0,45$ mg/L nos dois tanques, sem apresentar nenhum padrão (T1 e T2).

Em um estudo de caso em uma barragem de rejeitos em Geraldton – Austrália, a placa TWC obteve resultados positivos para ferro total, cobre e cromo (Marine Easy Clean 2015). As concentrações desses compostos em Geraldton estavam bem mais elevadas (140 mg/L; 32 mg/L; 32 mg/L respectivamente) e foram reduzidas para as concentrações encontradas nas nossas medições feitas nos dias iniciais do presente estudo na Baía de Sepetiba ($<0,01$ mg/L, $0,22$ mg/L e $0,15$ mg/L respectivamente). Esses resultados foram encontrados entre 6 meses a 1 ano de tratamento.

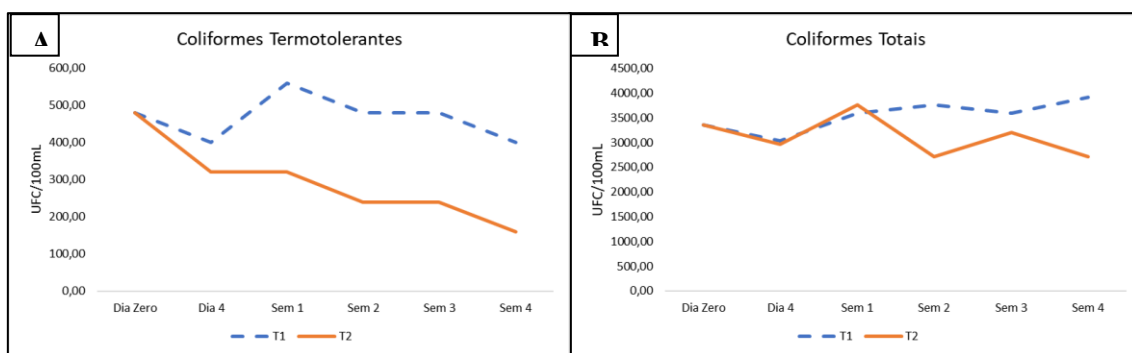
Podemos sugerir que não houve alterações evidentes desses compostos no nosso estudo porque os valores iniciais de suas concentrações já estavam muito baixos para a sensibilidade do equipamento utilizado detectar, e/ou também pela ciclagem destes componentes demorar mais do que quatro semanas para apresentar alguma alteração notória. Aconselha-se a execução de novos estudos focados nesses compostos para assegurar a eficácia da tecnologia para redução de contaminação na água por estes componentes.

Vale ressaltar que áreas costeiras como a Baía de Sepetiba, possuem características específicas e peculiares como gradientes de salinidade, material em suspensão, pH, temperatura, dentre outras que induzem processos biogeoquímicos mais pronunciados, incluindo processos de sorção, floculação e reações redox (Niencheski et al., 2008). Tais características fazem com que processos de sedimentação no ambiente atuem como barreiras geoquímicas, depositando contaminantes como os metais no sedimento, onde podem permanecer imóveis por grandes períodos (Salomons e Förstner 1984; Wasserman e Wasserman 2008). Dessa maneira, a maior concentração desses compostos na Baía de Sepetiba provavelmente estará presente no sedimento, e não na coluna d'água.

Já em relação ao desenvolvimento dos coliformes nos tanques, pode-se observar que a concentração desses, em T2, se mantiveram abaixo da observada em T1 depois da segunda semana em diante (Figura 8). Esses resultados indicam que TWC proporciona, de alguma forma, um controle do desenvolvimento de coliformes

no ambiente. Isso pode ocorrer devido à competição por nutrientes, onde bactérias estimuladas pela placa com melhor estratégia de captação e utilização desses nutrientes se sobressaem em detrimento dos coliformes.

Figura 8. Contagem de coliformes totais e termotolerantes, com o uso do kit Colipaper®, nas amostras de água, onde “A” representa os Coliformes termotolerantes e “B” representa os Coliformes Totais.



Fonte: Pesquisa do Autor

Há também estudos que sugerem que bactérias estimuladas pela TWC, como os *Lactobacillus* por exemplo, atuem com ação antimicrobiana como já visto na literatura (Sakhare e Narasimha 2003; Coeuret et al 2004). Entender a correlação entre as bactérias estimuladas pela placa TWC, do biofilme ou da água, e a comunidade de (micro)organismos na água em tratamento, inclusive de coliformes, é primordial para estudos futuros. Nesse sentido, este trabalho possibilitou a construção de uma coleção de 316 isolados bacterianos totalizaram, sendo 36 destes isolados de colônias cultivadas a partir de amostras do biofilme da placa TWC, para futuras análises taxonômicas e de ecologia microbiana.

Considerações finais

Os experimentos em laboratório demonstraram que a tecnologia TWC exerce um potencial biorremediador na água da Baía de Sepetiba. A tecnologia apresentou a capacidade de promover um resultado significativamente positivo no tratamento das amostras de água coletadas, sendo representado pela baixa concentração principalmente de compostos nitrogenados, e pelo aumento do O₂ dissolvido de T2 em relação a T1 ao final do experimento. Também se observou que a placa proporciona uma redução de coliformes na água, que é um outro parâmetro importante na avaliação da qualidade. Além disso, foi observado que serviu de substrato possibilitando o crescimento de biofilme em sua estrutura, já descrito na literatura como um fator positivo em processos biorremediadores, apesar de não ter sido o foco do presente estudo.

A tecnologia se destaca pela forma de tratamento menos invasiva ao meio e pela praticidade metodológica de seu emprego na atividade de biorremediação.

Referências

Azevedo DA, Gerchon E, Reis EO. **Monitoring of Pesticides and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Water from Paraíba do Sul River, Brazil.** Journal of Brazilian Chemical Society, 15(2):292-299, 2004.

Brock RL, Galbraith GR, Benseman BA. **Relationships of rainfall, river flow, and salinity to fecal coliform levels in a mussel fishery.** New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 19: 485-494, 1985.

Cardonha AMS, Vieira RHSF, Rodrigues DP, Macrae A, Peirano G, Teophilo GND. **Fecal pollution in water from storm sewers and adjacent seashores in Natal, Rio Grande do Norte, Brazil.** International Microbiology, 7: 213-218, 2004.

Castro P, Huber ME. **Biologia Marinha.** 8ª ed., Editora McGraw-Hill Brasil, 480p, 2012.

Coeuret V, Queguen M, Vernoux JP. **In vitro screening of potential probiotic activities of selected lactobacilli isolated from unpasteurized milk products for incorporation into soft cheese.** Journal of Dairy Research, 71(4): 451-460, 2004.

Cole AJ. 2019. **Substrate Dependent Microbial Bioremediation in Freshwater Marron (*Cherax cainii* Austin 2002) Aquaculture**. 159p. Thesis presented for the Degree of Master of Philosophy (Environment & Agriculture) of Curtin University.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução No 357**. 17 de março de 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

Dittmar T, Lara RJ. **Do mangroves rather than rivers provide nutrients to coastal environments? South of the Amazon River? Evidence from long-term flux measurements**. Marine Ecology Progress Series, 213: 67-77, 2001.

Ferrão-Filho, ADaS. **Bioacumulação de cianotoxinas e seus efeitos em organismos aquáticos**. Oecologia Australis, 13(2):272-312, 2019.

Fujioka RS, Hashimoto HH, Siwak EB, Young RHF. **Effect of Sunlight on Survival of Indicator Bacteria in Seawater**. Applied and Environmental Microbiology, 41(3):690-696, 1981.

Gaylarde CC, Bellinaso MDL, Manfio GP. **Biorremediação: Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos**. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, 34: 36 – 43, 2005.

Hu X, Cao Y, Wen G, Zhang X, Xu Y, Xu W, Xu L, Li Z. 2017. **Effect of combined use of *Bacillus* and molasses on microbial communities in shrimp cultural enclosure systems**. Aquaculture Research, 48(6):2691–2705.

Jones PL, Thanuthong T, Kerr P. 2002. Preliminary study on the use of synthetic substrate for juvenile stage production of the yabby. *Cherax destructor* (Clark) (Decapoda: Parastacidae). Aquaculture Research, 33(10): 811–818.

Lananan F, Abdul-Hamid SH, Din WNS, Ali N, Khatoun H, Jusoh A, Endut A. **Symbiotic bioremediation of aquaculture wastewater in reducing ammonia and phosphorus utilizing Effective Microorganism (EM-1) and microalgae (*Chlorella* sp.)**. International Biodeterioration and Biodegradation, 95: 127–134, 2014.

Lee K, De Moras S. **In situ bioremediation strategies for oiled shoreline environments**. Environmental Technology, 20(8):783- 794, 1999.

Lengeler J, Drews G, Schlegel HG. **Biology of the Prokaryotes**, 1ª ed., Wiley-Blackwell, Thieme Stuttgart, Germany, p. 984, 1999.

Macedo RC, Berbert VHC, Lemos JLS, Trindade PVO, Rizzo ACL. 2017. **Biorremediação de solos impactados por óleo cru utilizando fungos filamentosos**. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/866/1/Victor.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

Marine Easy Clean. 2015. **Enhancing nature to clean and restore nature, The Water Cleanser**. Disponível em: <[http:// www.thewatercleanser.com.au](http://www.thewatercleanser.com.au)> .Acesso em: 27 mai. 2020.

Meurer BC, Pereira OAF, Santos EPD, Rodrigues ARJ, Rosa M, Bastos M. **Evaluation of new bio-stimulation technology as a solution for the pollution of Rio de Janeiro lagoons**. Revista Pensar Biologia, 3:44-55, 2017.

Moriarty DJW. **The role of microorganisms in aquaculture ponds**. Aquaculture, 151: 333–349, 1997.

Neto VP. **Avaliação da qualidade da água de represas destinadas ao abastecimento do rebanho na Embrapa pecuária sudeste**. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Centro de recursos hídricos e ecologia aplicada, Universidade de São Paulo, São Carlos, 40p, 2006.

Niencheski LF, Milani MR, Milani I. **Metais traço: água**. In: Baptista- Neto JA, Wallner-Kersanach M, Patchineelam SM. Poluição marinha. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, p.440, 2008.

Nybakken JW. **Marine Biology**. An Ecological Approach, 5ed. Benjamin Cumming, 512p, 2001.

Nyeleti C, Cogan TA, Humphrey TJ. **Effect of sunlight on the survival of salmonella on surfaces**. Journal of Applied Microbiology, 97: 617-620, 2004.

Oliveira ACG, Blaich CI, Santana DDLSV, Prates K. **MPN of nitrifying and denitrifying bacteria and its relation to the physical - chemical parameters in activated sludge for biological removal of nitrogen in sanitary landfill leachate**. Revista DAE, 192: 60-69, 2013.

Prabu E, Santhiya AAV. **An overview of bioremediation towards aquaculture**. Journal of Aquaculture In The Tropics, 31(3-4):155–64, 2016

Pereira RS. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista eletrônica de Recursos Hídricos, IPH-UFRGS, 1(1): 20-36, 2004.

Salomons W, Förstner, U. **Metals in the hydrocycle**, Springer-verlag, Berlin, 349 p, 2004.

Sakhare PZ, Narasimha RAO D. **Microbial profiles during lactic fermentation of meat by combined starter cultures at high temperatures**. Food Control, 14(1):1-5, 2003.

Sakthipriya N, Doble M, Sangwai JS. **Action of biosurfactant producing thermophilic *Bacillus subtilis* on waxy crude oil and long chain paraffins.** International Biodeterioration and Biodegradation, 105:168–177, 2015.

Schveitzer R., Arantes R., Baloi MF, Costódio PFS, Arana LV, Seiffert WQ, Andreatta E R. **Use of artificial substrates in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Biofloc System) at different stocking densities: Effects on microbial activity, water quality and production rates.** Aquacultural Engineering, 54:93–103, 2013.

Sorokin Y. **Aquatic microbial ecology: a textbook for students in environmental sciences.** Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers. 248p, 1999.

Thompson FL, Abreu PC, Wasielesky W. **Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture.** Aquaculture, 203(3–4): 263–278, 2002.

Vieira RHSF, Catter KM, Saker-Sampaio S, Rodrigues DP, Theophilo GND, Fonteles-Filho AA. **The stormwater drain system as a pollution vector of the seashore in Fortaleza (Ceara state, Brazil).** Brazilian Journal of Microbiology, 33: 294-298, 2002.

Wang Z, Meng Y, Fan T, Du Y, Tang J, Fan S. **Phosphorus removal and N₂O production in anaerobic/anoxic denitrifying phosphorus removal process: Long-term impact of influent phosphorus concentration.** Bioresource Technology, 179: 585–594, 2015.

Wasserman JC, Wasserman MA. **Comportamento de metais em sedimentos.** In: Baptista-Neto, JA, Wallner-Kersanach M, Patchineelam SM. Poluição marinha, Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 440p, 2008.

Zhou Q, Li K, Jun X, Bo L. **Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture.** Bioresource Technology, 100, n.(16): 3780–3786, 2009.