

CONTROLE DO BIOFILME EM RESERVATÓRIOS E TUBULAÇÕES DE ÁGUA POTÁVEL

Cristiane de Jesus Almeida¹

Ulysses Alexandre Romano¹

Fernando Augusto Damião¹

Kelly Cristina de Melo²

RESUMO

O biofilme tem grande importância em inúmeras atividades humanas, bem como possui impacto negativo em várias delas. Ele se forma em todo lugar onde há contato da água com superfícies, com destaque para grandes tubulações e reservatórios de água potável. Sua estrutura polimérica extracelular impõe maior proteção às bactérias incorporadas ao filme. Esta pesquisa tem base teórica e experimental, objetivando avaliar novos métodos para a gestão da formação, controle e remoção do biofilme, bem como métodos de validação de superfícies dos reservatórios e tubulação de distribuição utilizados para o experimento. A ideia principal é identificar meios para aniquilar essa proteção (barreira), bem como meios que promovam a desinfecção dos microrganismos existentes no interior dos biofilmes. Tal ação torna-se imperativa para manutenção e controle da qualidade da água, a fim de garantir a potabilidade evitando problemas de saúde pública.

Palavras-chave: Biofilme; Tubulações; Reservatórios de Água Potável; Desinfecção; Validação de Superfície.

ABSTRACT

While the biofilm has great importance in numerous human activities, it also has negative impact in several of them. The biofilm is formed everywhere where there is contact of water with surfaces, especially large pipes and reservoirs of drinking water. Its extracellular polymeric structure imposes greater protection to the bacteria incorporated in the film. This research draws on theoretical and experimental basis, aiming to evaluate new methods for the management of biofilm formation, control, and removal, additionally with methods of validation of reservoir surfaces and distribution piping used for the experiment. The main idea is to identify means to annihilate this protection (barrier), as well as means

¹ Engenharia Ambiental e Sanitária, Controle do Biofilme em Reservatórios e Tubulações de Água Potável. Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU). E-mail: cristianedjesus@hotmail.com

² Orientadora. Professora da Escola de Arquitetura, Engenharia e TI das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU).

that promote the disinfection of existing microorganisms within biofilms. Such action becomes imperative for maintenance and control of water quality, in order to guarantee the potability avoiding public health problems.

Palavras-chave: Biofilm; Pipes; Potable Water Reservoirs; Disinfection; Surface validation.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água que é fornecida para a população deve passar por um processo onde haja total controle e cuidado desde sua captação, armazenamento, tratamento e distribuição. Para diagnosticar e garantir que a água esteja e se mantenha com as características ideais para determinados usos deve-se proceder à realização de análises físicas, químicas e microbiológicas da água, com frequência adequada, em todo o sistema de abastecimento, desde a origem até a distribuição, incluindo todas as etapas do tratamento. (CHAVES, 2004). O controle e monitoramento são essenciais, visto que, alterações dos padrões de potabilidade da água podem caracterizar problema de saúde pública.

O biofilme consiste em uma película formada por microrganismos aderidos a qualquer superfície que esteja em contato com meio aquoso, ele é envolvido numa matriz de macromoléculas segregadas pelas populações que a compõem (AZEVEDO; CERCA, 2012). Esse ecossistema é desenvolvido a partir de uma única ou de múltiplas espécies, sejam bactérias, fungos e/ou protozoários de modo isolado ou em combinação, associados a seus produtos extracelulares constituindo uma matriz de polímeros orgânicos e que se encontram aderidos a uma superfície biótica ou abiótica (FRANCO et al.,2010).

Existem diversos fatores que influenciam a formação do biofilme em superfícies expostas a líquidos, entretanto, alguns se destacam, de acordo com os principais autores que abordam o assunto, sendo eles: o pH, a temperatura, a força iônica do meio, a velocidade de escoamento, a concentração de nutrientes do meio líquido, as características dos microrganismos presentes no meio líquido, o tipo de material e a rugosidade da superfície sólida, a presença de material particulado, de micronutrientes e de agentes antimicrobianos (CHAVES; 2004).

Segundo Dreeszen (2003, p.2) ressalta-se que 99% das bactérias vivem em comunidades no biofilme, estas encontram condições favoráveis para seu desenvolvimento, proteção e capacidade de proliferação.

Estudos comparando a influência do material da superfície para formação do biofilme, demonstraram pouco ou nenhum efeito em seu desenvolvimento. Segundo Mayette apud Dreeszen (2003, pag. 11) o material de tubulação em que os microrganismos não possam aderir ainda precisa ser descoberto. Tais estudos evidenciam que micróbios aderem ao aço inoxidável, Teflon, PVC e PVDF (Kynar) com quase o mesmo entusiasmo. Entretanto para (CHAVES, 2004), tubulações de natureza ferrosa são habitats propícios para o desenvolvimento microbiano, uma vez que o ferro é um nutriente necessário para o desenvolvimento de certas espécies bacterianas.

Diversos casos estudados verificaram que superfícies de reservatórios de água e tubulações rugosas e irregulares são determinantes para formação e desenvolvimento do biofilme, sendo áreas preferenciais para os mesmos, onde encontram maior área de agregação e proteção. Portanto, de forma correlata a conservação e manutenção das linhas de reservação e distribuição são de suma importância, visto que com o tempo através de ação mecânica e química, seus materiais oxidam e se desgastam irregularmente tornando suas superfícies rugosas, porosas e irregulares favorecendo a adesão e fixação das bactérias e microrganismos. Estando o tempo das superfícies que compõem a distribuição e armazenamento da água potável intimamente ligados a manutenção de sua qualidade (CHAVES, 2004).

Nesse contexto, alguns países como Portugal, Alemanha e Estados Unidos, já abordam a formação desta camada, bem como já existem soluções para controle e erradicação do biofilme, sendo que no Brasil atualmente são abordados apenas os microrganismos em suspensão. Diante deste cenário nacional cujos métodos existentes não abordam integralmente o problema, é necessário o desenvolvimento e aprofundamento de estudos e pesquisas que compreendam a formação, desenvolvimento microbiológico e erradicação do biofilme nas redes de abastecimento de água potável em sua totalidade.

Sendo assim, este trabalho visa apresentar métodos e tecnologias que objetivam o controle efetivo e abrangente no que se refere a gestão da

formação, desenvolvimento e erradicação do biofilme em reservatórios de água potável e também nas tubulações de sua distribuição.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa aqui apresentada tem caráter teórico e experimental, tendo como objeto de estudo a identificação, controle e remoção de biofilme que se forma nas superfícies de reservatórios e tubulações de água potável. Para esta investigação foram selecionados dois reservatórios de água potável e tubulação de distribuição de ambos.

Os materiais utilizados no experimento compreendem: bomba submersa para esvaziamento dos reservatórios, aspirador objetivando a remoção do lodo acumulado no fundo dos reservatórios, SWAB´s de coletas de amostra, aparelho luminômetro com a finalidade de medição de luz emitida pelos microrganismos e pulverizador para acondicionamento e pulverização de solução química, esta composta por ácido fosfórico, ácido peracético e água.

O primeiro experimento foi realizado em um reservatório subterrâneo com volume de 32 m³, de dimensões 4x4x2 (LxLxA), composto por material de alvenaria impermeabilizado.

Para atingir os objetivos propostos, inicialmente o reservatório foi esvaziado, permitindo a identificação visual do biofilme a olho nu por suas paredes avermelhadas. Após esse processo, foram coletadas da superfície do reservatório através de SWAB´s amostras para análise, abordando as técnicas de meio de cultura e medição de luz por equipamento luminômetro.

O fundo do reservatório foi aspirado para remoção do lodo presente, após realizou-se enxague das superfícies com água pura sem pressão, removendo os excessos de biofilme que se desprendam com facilidade, a fim de reduzir a utilização dos produtos químicos. Em seguida, a pulverização da diluição de ácido fosfórico, ácido peracético e água.

Foram necessárias a realização de 6 testes com diferentes diluições até se chegar em resultado visual desejado, bem como rendimento viável para execução das tarefas, conforme Tabela 1, a seguir:

Tabela 1.

Teste diluições.

Teste	Ácido Fosfórico em L	Ácido Peracético em L	Água em L
1	1	0,250	10
2	2	0,5	10
3	3	0,75	10
4	5	1,25	10
5	7	2	10
6	10	3	10

Organização: autores, 2018

Consequente a higienização da superfície do reservatório, houve a coleta de nova amostra através de SWAB´s, para a realização dos testes abordando as técnicas de meio de cultura e medição de luz por equipamento luminômetro.

**Figura 1.** Reservatório de concreto pré e pós higienização

O segundo experimento foi realizado em um reservatório com volume de 1m³, fabricado em material PVC.

A fim de atingir os objetivos propostos, foram adotados os mesmos procedimentos como no experimento anterior. No entanto, foi necessária apenas uma diluição para teste, a limpeza se deu através da solvência de 10 L de água, 1L de ácido fosfórico e 0,5 L de ácido peracético.



Figura 2. Reservatório PVC pré e pós higienização

O terceiro experimento foi realizado na tubulação de distribuição com 2'' de diâmetro, fabricada em material PVC.

Foi processado o dimensionamento da bomba para que o fluxo do fluido atingisse a velocidade adequada indicada em literatura.

Segundo (CARRERA apud JACQUES; LYONS; KELSALL, 2003), para uma limpeza efetiva em tubulações se requer velocidades de 1,5 até 3m/s. Neste experimento a base é da maior velocidade indicada de 3 m/s.

Equação 1:

$$Q_v = v \cdot A$$

Equação 2:

$$A = \pi \cdot D^2 / 4$$

Sendo:

QV = vazão volumétrica;

v= Velocidade de escoamento;

A = Área da Seção transversal da tubulação;

D = Diâmetro da tubulação

$$A = \pi \cdot D^2 / 4$$

Conversão 2'' em m = 0,05m

$$A = 3,14 \cdot (0,05)^2 / 4$$

$$A = 0,001962 \text{ m}^2$$

$$Q_v = 3 \cdot 0,001962$$

$$Q_v = 0,005886 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conversão metros cúbicos (m^3) por hora (h): multiplicando por 3.600 s:

$$Q_v = 0,005886 \cdot 3.600$$

$$Q_v = 21.1896 \text{ m}^3/\text{h}$$

Após o dimensionamento foi identificada a necessidade de uma bomba centrífuga de pelo menos $22 \text{ m}^3/\text{h}$ à uma altura de 5m, sendo utilizada para o experimento uma bomba de $25 \text{ m}^3/\text{h}$. O reservatório usado para a mistura da solução tem capacidade de 200 L.

A realização da limpeza se deu através de recirculação por período de 15 minutos de diluição de 200 L de água, 10 L de ácido fosfórico e 2,5 L de ácido peracético.

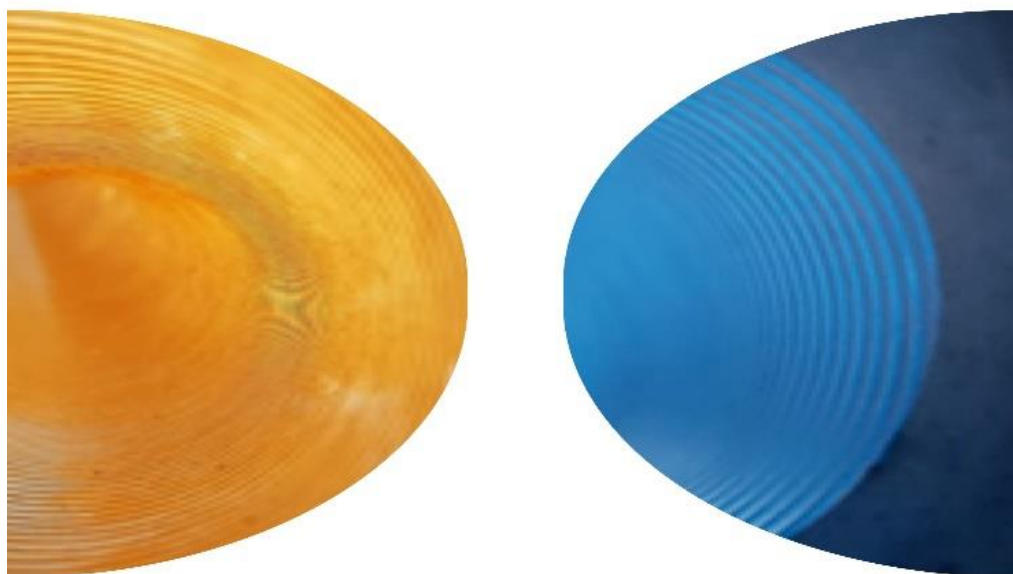


Figura 3. Tubulação pré e pós higienização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa teve início em fevereiro de 2017, sendo esta de caráter experimental onde se objetivou o desenvolvimento e implementação de metodologia com a finalidade de controlar a formação, desenvolvimento e remoção do Biofilme em reservatórios de água potável e tubulações de distribuição.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados dois reservatórios de água potável sendo um deles de concreto, o outro de PVC e respectiva rede de distribuição também em material PVC. Ambos os reservatórios recebem água da rede pública e poço semi- artesiano.

Através de análise prévia da água foi identificada a presença de grande quantidade de minerais como ferro e manganês, este foi um dos fatores determinantes para a escolha dos produtos utilizados no experimento, além de sua biodegradabilidade indicada na FISPQ dos produtos.

Segundo o Manual de Higienização na Indústria Alimentar, os agentes de limpeza ácidos removem os materiais que estão secos ou incrustados nas superfícies e dissolvem os minerais. Na limpeza convencional é utilizado principalmente o cloro como desinfetante, e o interesse por desinfetantes alternativos vêm crescendo, em decorrência da possibilidade da formação de subprodutos da desinfecção, como os trihalometanos, que podem causar riscos a saúde além permitirem a geração de resíduos carcinogênicos. (DI BERNARDO apud YANO, 2007, p.38).

Neste caso, a fim de reduzir os subprodutos mencionados, o cloro como agente desinfetante foi substituído pelo peróxido de hidrogênio pois não gera subprodutos, sendo decomposto no meio ambiente na forma de água.

O primeiro experimento se deu no reservatório de concreto, conforme descrito anteriormente, havendo a necessidade de 6 testes, aumentando a concentração do produto sequencialmente. Notou-se, portanto, um alto custo gerado, em função de elevadas concentrações de Ácido Peracético e Ácido Fosfórico utilizados para atingir um nível de limpeza visualmente satisfatório.

Segundo Pedersen apud Dreszen (2003, p.11) um acabamento rugoso "opaco" de aço inoxidável teve 1,4 vezes mais microrganismos que o aço eletropolido. As duas razões propostas para a diferença na rugosidade da superfície foram,

superfícies rugosas tem mais área de contato e fornecem mais proteção das forças de corte (fluxo).

Com base nesta teoria justifica-se o fato da maior utilização dos produtos, tendo em vista que este reservatório possui sua impermeabilização desgastada, apresentando grande porosidade, sendo esta visualmente perceptível.

O segundo experimento ocorreu em reservatório de PVC, com superfície menos porosa em relação ao concreto, tendo como resultado menor utilização de produtos, tempo inferior ao experimento anterior e necessidade de apenas um teste para obter os resultados pretendidos. De acordo com alguns autores já citados neste artigo, a composição dos materiais é indiferente na formação e proliferação do biofilme, restando inferir que a rugosidade da superfície é fator determinante para a eficiência da limpeza.

O terceiro experimento ocorreu em tubulação de PVC, utilizada para distribuição de ambos os reservatórios, onde houve a necessidade de somente um teste, alcançando o resultado pretendido. O método aplicado consiste na circulação da solução química no interior da tubulação, com velocidade calculada, a fim de se obter regime turbulento do fluido, criando forças de cisalhamento que auxiliam a solução no rompimento da camada de biofilme. Segundo (JACQUES; LYONS; KELSALL apud CARRERA, 2003, p.50), para uma limpeza efetiva em tubulações se requer velocidades de 1,5 até 3m/s, sendo fator crítico para remoção de sujidades. Para tanto, utilizou-se bomba centrífuga com vazão de 25m³/h atingindo a velocidade máxima recomendada de 3m/s, com tempo de contato de 15 minutos, seguindo a recomendação dos fabricantes dos produtos químicos.

Para validar a eficiência na remoção do biofilme nas três superfícies utilizadas nos testes, foram selecionados três tipos de análises, sendo: SWAB Meio de Cultura, SWAB Luminômetro e Análise da Água. É importante frisar que, os testes nas superfícies foram realizados anterior e pós limpeza, a fim de evidenciar a eficácia do método.

A análise SWAB Meio de Cultura no reservatório de concreto teve os seguintes resultados, conforme tabela 2:

Tabela 2.

Análise Reservatório de Concreto

RESULTADO DA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA		
Determinações	Resultado	
	Antes da limpeza	Após a limpeza
Coliformes a 45C	Ausente	Ausente
Estafilococos coagulase positiva	Ausente	Ausente
Contagem de aeróbios mesófilos viáveis	>4000 UFC/cm ²	73 UFC/cm ²

Organização: autores, 2018

A análise SWAB Meio de Cultura realizada no reservatório de PVC teve os seguintes resultados, conforme Tabela 3:

Tabela 3.

Análise Reservatório de PVC.

RESULTADO DA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA		
Determinações	Resultado	
	Antes da limpeza	Após a limpeza
Coliformes a 45C	Ausente	Ausente
Estafilococos coagulase positiva	Ausente	Ausente
Contagem de aeróbios mesófilos viáveis	>4000 UFC/cm ²	01 UFC/cm ²

Organização: autores, 2018.

A análise SWAB Meio de Cultura realizada na tubulação de distribuição em material PVC teve os seguintes resultados, expostos na Tabela 4:

Tabela 4.

Análise tubulação de distribuição.

RESULTADO DA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA		
Determinações	Resultado	
	Antes da limpeza	Após a limpeza
Coliformes a 45C	Ausente	Ausente
Estafilococos coagulase positiva	Ausente	Ausente
Contagem de aeróbios mesófilos viáveis	>4000 UFC/cm ²	418 UFC/cm ²

Organização: autores, 2018

A conclusão do laudo pelo laboratório BioQuality é de que ambos os reservatórios, bem como a tubulação de distribuição, encontram-se em condições sanitárias satisfatórias.

O limite máximo de contagem de aeróbios mesófilos viáveis para as três superfícies é de menor ou igual a 1000 UFC/cm².

A média para a obtenção de resultados entre a sua coleta, encaminhamento ao laboratório, análise e elaboração dos resultados ocorreu em intervalo de aproximadamente dez dias.

A análise SWAB Luminômetro realizada obteve os seguintes resultados, conforme Tabela 5:

Tabela 5.

Resultado SWAB Luminômetro

RESULTADO SWAB LUMINÔMETRO		
Superfícies	Antes da limpeza	Após a limpeza
Reservatório de Concreto	67 RLU	18 RLU
Reservatório de PVC	139 RLU	5 RLU
Tubulação de PVC	119 RLU	7 RLU

Organização: autores, 2018.

Conforme tabela disponibilizada pela Higyena, empresa fabricante do equipamento luminômetro, os resultados obtidos apresentam coerência em relação as análises de cultura e água, bem como pode-se classificar a efetividade da limpeza como satisfatória de acordo com os padrões de limpeza indicados na tabela 6, a seguir.

Tabela 6.

Classificação dos resultados de análise

		PASS	CAUTION	FAIL	PASS	CAUTION	FAIL
Product	Surface	SystemSure Plus			EnSURE		
Dairy Products	Stainless Steel	< 5	6 – 7	> 8	<10	11-15	>16
Juice products	Stainless Steel	< 10	11 – 29	> 30	<20	21-59	>60
Water bottling	Stainless Steel	< 5	6 – 9	> 10	<10	11-19	>20
Brewing equipment	Stainless Steel	< 15	16 – 29	> 30	<30	31-59	>60
CIP Rinse Water	Stainless Steel	< 5	N/A	> 5	<10	N/A	>10
Raw meat Slaughter Butchery	Porous Plastic	< 100 < 50	101- 199 51-99	> 200 > 100	< 200 < 100	201- 399 101-199	>400 >200
Cooked meat	Stainless Steel	< 25	26-49	> 50	< 50	51-99	>100

Fish products	Stainless Steel	< 30	31 - 59	> 60	< 60	61 - 119	>120
Shellfish	Stainless Steel	< 100	101 - 199	> 200	< 200	201 - 399	>400
Cheese processing	Stainless Steel	< 5	6 - 9	>10	< 10	11 - 19	>20
General food processors	Stainless Steel	< 10	11-29	> 30	< 20	21-59	>60
Vegetable	Stainless Steel	< 10	11-29	> 30	< 20	21-59	>60
Vegetable	Porous Plastic	< 100	101 - 149	> 150	< 200	201 - 299	>300
Cooked products	Stainless Steel	<10	11-29	>30	< 20	21-59	>60

Fonte: Higiene, s/d. Organização, autores, 2018

A análise da água de ambos os reservatórios e tubulação foi realizada após dois dias da limpeza, para que se tenha tempo de contato com as superfícies, com a finalidade de atestar a manutenção das características da água fornecida pela rede pública. Resultados expostos na Tabela 7 a seguir:

Tabela 7.

Resultado da análise microbiológica da água.

RESULTADO DA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA			
Determinações	Resultados		
	Reservatório de Concreto	Reservatório de PVC	Tubulação de Distribuição
Coliformes totais	Ausente	Ausente	Ausente
E.coli	Ausente	Ausente	Ausente
Contagem de bactérias heterotróficas	264 UFC/mL	01 UFC/mL	<01 UFC/MI
PH	7,3 mg/L	7,4 mg/L	7,1 mg/L
Cloro residual livre	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L
Turbidez	0,0 uT	0,0 uT	0,0 uT
Aspecto	Límpido	Límpido	Límpido
Sabor	Não objetável	Não objetável	Não objetável
Odor	próprio	próprio	Próprio

Organização: autores, 2018.

De acordo com os padrões legais vigentes da Portaria MS Nº 2914 de 12/12/2011, ambos os reservatórios, bem como a tubulação de distribuição encontram-se em condições sanitárias satisfatórias.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o presente estudo foi possível concluir em concordância com as literaturas citadas, que o biofilme se apresenta em maior quantidade em superfícies mais rugosas, pois esta fornece abrigo e proteção para sua formação e desenvolvimento.

Foram realizados três experimentos em superfícies distintas, onde identificou-se que no reservatório de concreto por sua superfície se apresentar desgastada e demasiadamente áspera, ficou evidente a maior concentração da camada de biofilme, sendo imperativo o uso de superfícies com menor rugosidade e em bom estado de conservação.

Para tanto, o método objeto desta pesquisa se utiliza da remoção do biofilme através de soluções químicas seletivas, que promovem a desincrustação e desinfecção da superfície, evitando assim o desgaste causado por limpezas tradicionais provenientes de ação mecânica.

A limpeza química se destaca principalmente em relação aos métodos de limpeza de reservatório tradicional, pois por falta de acesso ao interior das tubulações de distribuição não há possibilidade da remoção por ação mecânica, assim como a desinfecção por solução de hipoclorito é ineficaz para romper a camada do biofilme.

Para validação das superfícies após a higienização dos reservatórios, foram utilizados três métodos de análise: SWAB/Meio de Cultura, SWAB/Luminômetro e Análise bacteriológica da água, sendo que ambos os resultados obtiveram condições sanitárias satisfatórias, no entanto, destaca-se a utilização do método de medição de ATP por aparelho luminômetro, pois seu resultado é dado em apenas 15 segundos após a coleta do material da superfície, enquanto, os demais métodos para obtenção de seus resultados levaram 10 dias, sendo inviável a não utilização destes reservatórios por um período tão extenso.

É importante salientar que os produtos utilizados na solução química são biodegradáveis, podendo ser despejados na rede de esgoto doméstico, considerando apenas a neutralização do PH, devido a presença de acidez na solução.

Ao contrário da solução habitualmente utilizada de hipoclorito, que em contato com a camada de biofilme gera resíduos carcinogênicos, a proposta empregada nesta pesquisa se utiliza de produtos ácidos e peróxido de hidrogênio, promovendo a desincrustação e desinfecção da superfície e em reação com o biofilme, elimina a geração de resíduos carcinogênicos. Destaca-se a pouca existência de literaturas nacionais que abordem este tema, então para desenvolvimento deste artigo as consultas foram realizadas basicamente em materiais estrangeiros, estudos internacionais e tecnologias de outras áreas, denota-se as áreas hospitalares, alimentícias e farmacêuticas, logo é evidenciada que a contaminação do sistema de distribuição de água trata-se de um problema de saúde pública, cabendo portanto prosseguimento a este estudo a fim de desenvolver tais tecnologias, produzir dados e resultados pouco conhecidos e utilizados no Brasil.

RERÊNCIAS

AZEVEDO, Nuno et al. **Biofilmes**: Na Saúde, no Ambiente, na Indústria. 1 ed. Porto: Publindústria, Edições Técnicas, 2012.

CARRERA, S. C. **Validação do Processo CIP como ferramenta para melhorar a qualidade e a produtividade** : Estudo de Caso em Microcervejaria. 2015. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

CHAVES, D. C. da L. **Estudo da cinética de formação de biofilmes em superfícies em contato com água potável**. 2004. 186 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente) Universidade do Minho. Portugal – PT – Braga, 2004.

DREESZEN , P. H. **Biofilme: A chave para compreender e controlar o crescimento bacterinol em sistemas de água potável automatizados**. 2003. 32 f. 2º edição.

HIGIENA. **A Guide to ATP Hygiene Monitoring**. 31 p. s/d.

REVISTA CIENTIFICA ELETRONICA DE MEDICINA VETERINÁRIA. Garça: Ed. FAEF, n. 15, jul. 2010, ISSN 1679-7353.

UFRGS. **Manual de Hienização na Industria Alimentar**. Porto Alegre- RS. 40 p.s/d

YANO, D.M.E. **Estudos de formação e remoção de subprodutos de Desinfecção (SPDS) em águas contendo ácidos húmicos quando submetidas a dióxido de cloro**. 2007.135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas, 2007.

Recebido em: 07/05/2018

Aceito em: 07/02/2018