

Universidade de Brasília



**Obtenção de carvão ativado resistente a
contaminação microbiológica para a
aplicação no tratamento de água da
indústria de alimentos**

JHONNATA ALVES PEREIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Orientador(a): Sarah Silva Brum
Co-Orientador(a): Ana Carolina M. Vieira

Brasília, 12 de Dezembro de 2017

Jhonnata Alves Pereira

**Obtenção de carvão ativado resistente a
contaminação microbiológica para a
aplicação no tratamento de água da
indústria de alimentos**

Trabalho de conclusão de
curso apresentado para
obtenção do título de
Bacharel do curso de
Química Tecnológica da
Universidade de Brasília

Prof. Orientador(a): Sarah Silva Brum
Brasília, 2017

Dedico este trabalho a minha amada avó , Lairse Alves da Silva(*in memorian*), que tanto sonhou e me incentivou a seguir meus sonhos e finalizar esta graduação, e aos outros avós Mariocínio da Silva(*in memorian*), Adelaide Arcelina (*in memorian*), Francisco Pereira (*in memorian*), Pelo exemplo de vida que cada um foi para minha formação e para a vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ser tudo em minha vida, pelas decisões que através de orações me fizeram tomar, por ser um Pai, amoroso, compassivo, com amor incondicional, fraterno e amigo. A Deus por ser tão fiel e fazer cumprir em mim suas palavras e vontades, por ser meu refúgio nos momentos de dificuldades e de angústias, me fortalecendo e me consolando, tornando-me uma pessoa feliz, alegre, pacífica e tranquila, não somente neste trabalho, mas sim durante toda a graduação tão árdua. Agradeço a Nossa Senhora da Medalha Milagrosa, minha padroeira, por sua intercessão a Deus, e sem sua proteção e amor de mãe, não poderia ter chegado a conclusão desta graduação.

A minha família, especialmente meu Pai e Mãe, que através de um trabalho árduo de vários anos conseguiram formar seu Primeiro filho em uma Universidade Pública e Federal do País, sendo o segundo de toda a família a ser formado em tal Universidade. Agradeço a eles por não desistirem de mim, dar todo o apoio necessário, dar um ombro e colo para repousar e me sentir seguro, por tudo, por ter me dado a vida e por serem exemplos de pai e mãe para muitos. A minhas irmãs, que me deram todo o apoio, inclusive empreendedor de testar minhas invenções e soluções (Cervejas, cremes e esfoliante), ao meu Compadre e Cunhado, que através da sua calma e palavras certas me fizeram acreditar que seria capaz de ir cada vez mais longe, as minhas sobrinhas e Afilhadas (Flor Maria e Maria Alice) por ser tornarem sinal de Deus na minha vida. A Todos meus tios, tias, madrinhas e padrinhos, pelo incentivo.

Aos meus amigos, Willian, Renata, Carlos e Tainara, que ficaram comigo durante a graduação, me deram ombro amigo no momento de dor e aflição, mas dividiram os melhores momentos de toda a minha vida, cada palavra dita de apoio e correção, de sinceridade e de amor, que me fizeram entender que não devemos estar sozinhos e sim perto daqueles que com toda certeza nos envolve em uma segunda família.

A todos que fizeram parte da minha caminhada em comunidade e especialmente ao meu serviço na Igreja Católica Apostólica Romana, A Escola de Evangelização Santo André (EESA) e Cerimoniários, que me ensinaram o valor do amor e carinho de viver em comunidade como irmãos, a cada pessoa que me ajudou durante esta graduação através dos meus amigos de comunidade, que entenderam que a cada prova, cada trabalho era necessário separar um tempo para estudar, sem deixar Deus e o serviço de lado, e mostrar que é possível conciliar Igreja e Universidade, e tornando-me mais feliz.

Aos meus colegas que se tornaram amigos para a vida toda de graduação do 1º Semestre de 2013, Amanda M., Arthur O., Dryade F., Fabiana M., Bianca N., Isabella R., Daniel A., Nayara A., pelo choro de cada matéria,

pelos dias, tardes, noites e madrugadas de estudos, pelas confraternização e por me engordarem durante a graduação, e por se tornarem especiais para mim.

A minha Orientadora Sarah, por aceitar me orientar, através de um sonho de um estagiário que estava confuso e disposto a resolver um problema verificado em uma indústria, por incentivar e mostrar a capacidade da realização e resolução deste problema. A minha co-orientadora Ana, que aceitou de coração me ceder seus conhecimentos da área, além de materiais e métodos essenciais para realização deste trabalho, que não media esforços para que tudo saísse da melhor forma, mesmo co-orientando Dois TCC's no mesmo semestre.

Lista de Abreviaturas

CA- Carvão Ativado

CAC- Carvão Ativado comercial

CACCP- Carvão Ativado comercial impregnado com prata

CACPO- Carvão Ativado comercial impregnado com prata e óxidos

CASCP- Carvão Ativado sintetizado e impregnado com prata e óxidos

CASSP- Carvão Ativado sintetizado sem impregnação de prata e óxidos

E.coli – Bactéria Patogênica , *Escherichia coli*

EMB- Ágar EMB (Eosin Methylene Blue) – Eosina Azul de Metileno

TNTC - Too numerous to count - Demasiado numeroso para contar

UFC- Unidade Formadora de Colônia

CAESB- Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

Resumo

O uso de água para processos indústrias em bateladas alimentícias é de suma importância para toda a fabricação do bem de consumo. A água fornecida pela concessionária é rica em aditivos, dentre eles o cloro, que interfere na produção alimentícia e se faz, portanto, necessária a utilização de métodos de purificação eficazes para eliminação deste interferente. Para isso, uma parte do processo é a passagem da água por um filtro contendo carvão ativado para retirada do cloro e outros interferentes. Contudo, este processo pode acarretar, por conta da profundidade de poros, umidade alta e resíduos orgânicos em grande quantidade um ambiente favorável para a formação de colônias de bactérias no seu interior. Com a passagem da água por dentre eles pode-se carrear microrganismos para a água, ocasionando sua contaminação. Uma forma de melhorar o processo é com a utilização de CA impregnado de um agente que impeça a contaminação ou proliferação deste agente infeccioso. Este estudo objetivou na impregnação de carvão ativado (CA), com prata (Ag) e Oxido de Cobre (CuO) que são agentes antimicrobianos, considerando que os carvões foram posteriormente contaminados, simulou-se o funcionamento de um filtro de CA, para por em prova tais propriedades descontaminantes na utilização deste método. Foram estudados cinco materiais, sendo 3 comerciais: Carvão Ativado Comercial (CAC), Carvão Ativado Comercial c/ Ag (CACCP), Carvão Ativado Comercial c/ Ag/CuO (CACPO) e dois carvões produzidos por HTC a partir de biomassa, com e sem a presença de Ag/CuO (CASCP), (CASSP). A contaminação dos CA's com colônias do grupo *Coliformes* se deu a partir da realização de uma simulação do funcionamento de um filtro de carvão, utilizando para este fim seringas estéreis. Ao analisar o resultado de incubação em meio específico para crescimento de agentes contaminantes da água submetidas a este processo. Verifica-se um bom desempenho de redução microbiológica com mais de 7 log de redução microbiológica, devido a capacidade oligodinâmica da Ag e CuO que interfere no crescimento e desenvolvimento dos microrganismos analisados. Posteriormente foi realizado um teste para descontaminação dos carvões ativados que não foram impregnados com Ag ou Ag/CuO, utilizando métodos químicos para desinfecção e o método se mostrou eficiente em relação ao processo e custo.

Palavras-Chave: carvão ativado, carvão com prata, efeito oligodinâmico, descontaminação, impedimento, Esterilização, filtro de carvão.

Abstract

The use of water for food process industries is of paramount importance for the entire production of consumer goods. Water through the concession is rich in chlorine, which interferes with food production and, therefore, there is a need for efficient purification methods to eliminate this interferent. Therefore, a part of the process is a passage of water through a filter, and is also activated for the removal of chlorine and other interferents. However, this process can cause, on account of the pore depth of an activated carbon, a favorable environment for the formation of bacterial colonies without pore interior, which with a passage of water through the pores can carry such microorganisms into the water, causing its contamination. One way of improving the process with the use of an activated carrier impregnated with an agent that prevents the contamination or proliferation of this infectious agent. This study aimed at the impregnation of activated charcoal (AC), with Ag and CuO which are antimicrobial agents, considering that the vehicles are contaminated and simulated or function of a car filter, for example in test, such decontaminating properties, in use of Ag and CuO. Five commercial materials were studied: commercial activated charcoal (CAC), commercial activated charcoal (CACCP), activated commercial charcoal with Ag / CuO (CACPO) and two cars produced by HTC from biomass, with No presence of Ag / CuO (CASCP), (CASSP). A contamination of CAs with coliforms from the Coliforms group should be performed from simulation of the functioning of a coal filter, use sterile syringes for this purpose. Analyzing the incubation result in a specific environment for growth of water contaminants submitted to this process, a good microbiological reduction performance with more than 7 log of microbiological reduction was verified due to an oligodynamic capacity of Ag and CuO that interferes with the growth and development of microorganisms analyzed. Afterwards, a test was carried out for the decontamination of the activated carbons that were not impregnated with Ag / CuO, disinfection methods and the method were efficient in relation to the process and cost.

Keywords: Activated Carbon, Activated Coal impregnated with Ag and CuO, Coal Filter Decontamination, Activated Carbon Filter Sterilization.

Sumário

Introdução	11
1. Referencial Teórico	13
1.1 Uso de água no processo produtivo.....	13
1.1.1 Processo de produção de refrigerante.....	13
1.2 . Contaminação a partir de água oriunda de tratamento usada nos processos de produção de refrigerantes.....	14
1.3. Tratamento de água alimentícia.....	15
1.3.1.Carvão Ativado.....	17
1.3.1.1 C.A Comercial.....	17
1.3.1.2 Produção de CA	18
1.3.2.Contaminação de água pelo filtro de CA	18
1.3.3- Estudo de caso.....	19
1.4.Efeitos da Ingestão de água contaminada com Bactérias Patogênicas.....	22
1.4.1.Contaminação por Coliformes.....	22
1.5. CA impregnado com Ag.....	23
1.5.1- Impregnação com Ag e CuO.....	23
1.6- Esterilização e Descontaminação de CA.....	24
1.6.1- Impregnação com prata e óxido de cobre (Ag e CuO).....	26
1.7. Condições de potabilidade de água alimentícia para Microrganismo.....	26
1.8. Condições de potabilidade de água alimentícia para Cloreto e Sulfato.....	26
2. Objetivos	27
2.1.Objetivo Geral.....	27
2.2.Objetivo Específico.....	27
	3. Materiais e
Métodos	28
3.1.Isolamento de Coliformes Totais.....	28
3.2.Formação da Água Desafio.....	28
3.3.Formação de Leito Fixo.....	29
3.3.1- Impregnação dos Carvões com Prata e óxido de Cobre.....	29
3.4.Contaminação do carvão ativado com água desafio.....	30
3.5.Crescimento microbiológico.....	30
3.6. Descontaminação de Carvão Ativado.....	30
3.7. Teste de contaminação do carvão ativado.....	31
3.8. Teste de contaminação da água por Ag e CuO.....	31
4. Resultados e Discussão	33
4.1.Análise do isolamento de Coliformes Totais.....	33
4.2. Verificação da contaminação dentro dos poros e superfície do carvão ativado.....	35

4.3 Contagem de microrganismo <i>E.coli</i> usado em CACCP, CACPO, CASSP, CASCP, CAC.....	35
4.4. Descontaminação do Carvão ativado contaminado (CAC, CASSP).....	41
4.5. Contaminação da água por desprendimento de Ag ou CuO.....	42
5.0- Considerações Finais.....	45
6.0. Referencias Bibliográficas.....	46

Introdução

Existem pesquisas envolvendo a utilização de carvão ativado impregnados de agentes descontaminantes, (Arakawa, 2014). O CA é um material carbonáceo poroso, podendo ser em pó ou da forma granular. Tem como uma de suas funções poder remover o sabor e o odor da água. Além de eliminar contaminantes orgânicos e inorgânicos, gases tóxicos, pesticidas, reduzir a matéria orgânica natural. Ocasionalmente a diminuição ao máximo a formação de subprodutos de desinfecção e/ou oxidação de acordo com (PHAN, 2006).

Apesar da ampla utilização do CA para o tratamento de água, microrganismos e matéria orgânica podem alojar-se facilmente nas superfícies e interior de seus poros. Estes microrganismos consomem a matéria orgânica do meio e secretam polissacarídeos, formando biofilmes microbianos que podem ocasionar interferências no funcionamento do filtro. Por fim, levando a diminuição de sua vida útil, contaminando a água durante a filtração (GIBERT, 2013).

A fim de diminuir a incidência dessa contaminação biológica, estão sendo desenvolvidos/pesquisados o uso de alguns metais impregnados ao carvão. O efeito antibacteriano dos metais tem sido atribuído ao seu pequeno tamanho e superfície elevada em relação ao seu volume. O que lhes permite interagir próximos às membranas das bactérias especialmente em nano partículas (Morones, 2005). Nano partículas metálicas com atividade antibacteriana podem ser imobilizadas e incorporadas em superfícies, os quais podem encontrar aplicações em várias áreas como médica, processamento de alimentos, catálise e tratamento de água (Ruparelia , 2008).

Uma grande diversidade de estudos em relação à atividade antimicrobiana, particularmente sobre a prata, tem sido reportada (Bandyopadhyaya , 2008 , Maioli, 2009, Zhao, 2013). Entretanto, estudos vêm sendo desenvolvidos sobre a capacidade antimicrobiana de outros metais, dentre eles o cobre, que tem sido utilizado como algicida e considerado um

metal tóxico para bactérias heterotróficas em meio aquoso (Yoon, 2007). Para aumentar o efeito oligodinâmico, o cobre pode se combinar com a prata, resultando em um efeito sinérgico de desinfecção nas células bacterianas.

Outra alternativa seria uso de agentes químicos para descontaminação microbiológica(Dias ,2007). Segundo Caixeta (2008), a utilização de agentes oxidantes como peróxido a 5% tem sido explorado, com coeficiente de esterilização de 99,45% de descontaminação, tornando o método viável (Caixeta, 2008).

Este trabalho, portanto, visa avaliar o funcionamento de filtros de carvão ativado em relação a atividade microbiológica. Para tanto, serão utilizados carvões impregnados com aditivos antimicrobianos estudou-se cinco materiais, sendo 3 comerciais: Carvão Ativado Comercial sem impregnação (CAC), Carvão Ativado Comercial c/ Ag (CACCP), Carvão Ativado Comercial c/ Ag/CuO (CACPO) e dois carvões produzidos por HTC a partir de biomassa, com e sem a presença de Ag/CuO (CASCP), (CASSP). Com o objetivo de eliminar a formação de biofilmes, que é tão prejudicial a vida útil do filtro e a qualidade da água. Adicionalmente, aos filtros que apresentarem contaminação, será proposto um método de descontaminação química utilizando métodos oxidantes com a utilização de peróxido de hidrogênio, e verificar sua posterior eficácia .

1. Referencial Teórico

1.1 Uso da água no processo alimentício

A água é indispensável para a indústria de alimentos. Além de ser utilizada como matéria-prima ou principal ingrediente para a produção, ou como veículo e na incorporação de ingredientes a fórmula do produto, a água é fundamental como agente de sanitização e limpeza. A água também pode atuar como fonte de resfriamento ou aquecimento, mas, por outro lado, pode ser um veículo para microrganismos patógenos e deterioradores. Dessa forma, a água de boa qualidade é essencial para o funcionamento da indústria alimentícia e, portanto, deve atender certas características microbiológicas e físico-químicas de acordo com o Ministério de Saúde na Portaria 2914/2011.

De acordo com o Ministério da Saúde, a água utilizada para a manipulação e produção de alimentos deve ser potável. O controle da qualidade da água deve ser estabelecido na indústria de alimentos, acatando aos critérios da regulamentação vigente, com avaliação recorrente de suas características, assegurando que os produtos alimentícios proporcionem excelência em qualidade físico-química e microbiológica (Alves, 2012).

1.1.1- Processos de Produção de Refrigerantes

A Figura 1 apresenta de forma simplificada os processos envolvidos na fabricação de refrigerantes. A partir disto observa-se que a água que é uma das matérias-primas usadas durante a fabricação parte de um poço (ou fornecido pela concessionária de água - CAESB). Percorre um tratamento para seguir para a produção de bebidas. Este estágio de tratamento denominado estação de tratamento de água é o processo onde este presente estudo irá focar, pois estudos apontam que por conta de uma operação unitária dentro desta etapa, pode ocorrer um tipo de contaminação, que pode interferir em todos os processos subsequentes. (Santos E. ; Bressan K. , 2011)

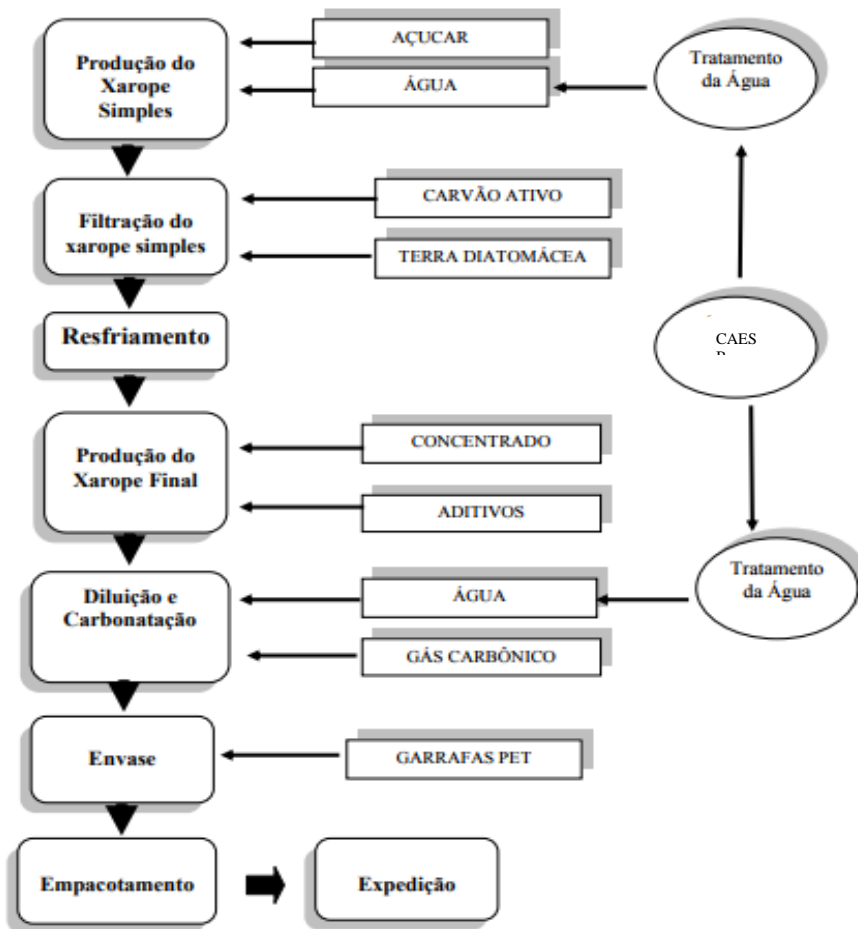


Figura 1. Representação genérica da produção de refrigerante. Que se inicia pelo abastecimento oriundo da concessionária de água (CAESB), após passa por operações de tratamento de água para torna-lá aceitável aos padrões de exigência e se encaminha para o processo industrial

1.2- Contaminação a partir de água oriunda de tratamento usada nos processos de produção de refrigerantes.

Nos últimos anos tem sido observada uma crescente ocorrência de doenças de origem alimentar devido à ingestão de alimentos contaminados por microrganismos patogênicos. Tais fatores podem ser resultado do uso de água potável com baixa qualidade levando aos consumidores finais riscos em relação às doenças transmitidas pela água, mesmo a partir de fontes de água tratada (Momba, 2006). A contaminação presente no produto finalizado pode ser na fonte de água na base do processo (Su, 2009).

Em toda linha de produção, que utiliza a água como matéria, como no caso da produção de refrigerante, sucos, entre outros, pode ocorrer uma contaminação levando a formação de biofilmes, que são as formas mais resistentes de colônias de microrganismos (OLIVEIRA, 2015). Ocorre em virtude da deposição e adesão de microrganismos em uma superfície de contato (metais, carvão, tecidos, entre outros), as quais se fixam, e inicia seu crescimento, se tornando bastante resistentes a descontaminação. Se sua deposição e formação ocorrer em materiais da linha de produção da indústria de alimentos ou na estação de tratamento de água da indústria, podem acarretar risco à saúde do consumidor e prejuízo financeiro à indústria (FLACH, 2005).

A qualidade microbiológica da água é um dos atributos essenciais para o desempenho adequado dos processos de fabricação de bebidas, principalmente em relação à segurança, eficácia e aceitabilidade dos produtos finais. Falha nas medidas preventivas e de controle do processo da estação de tratamento de água pode resultar em produtos inadequados ao consumo (Kuball, 2014). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) exige que as empresas produtoras tenham implantado as normas de boas práticas de

fabricação (BFF), conforme as normas técnicas oficialmente estabelecidas (ANVISA).

Com o objetivo de assegurar a qualidade dentro de uma indústria de bebidas, a água utilizada que é oriunda de uma concessionária de água, e tratada em uma estação de tratamento de água da indústria, tem sua análise microbiológica bastante rigorosa, determinando uma análise dentro do qual garante que todo processo de fabricação esteja em boa qualidade e os alimentos em ótimas condições para o consumo (NASCIMENTO, M. da G. F. do, NASCIMENTO, E. R. et. al ,2000). Qualquer tipo de água, mesmo a tratada por estações municipais disponíveis para as indústrias, deve ser submetida a um sistema de tratamento, de forma a atingir os padrões exigidos por cada legislação industrial (Santos, Bressan, 2011).

1.3- Tratamentos da água alimentícia

Para tornar águas de rios ou de poços subterrâneos potáveis, ou seja, disponíveis para serem consumidas e de acordo com as normas vigentes brasileiras, faz-se necessário à instalação de uma estação de tratamento de água, popularmente conhecidas como ETA. O tratamento da água bruta, seja superficial ou subterrânea, ocorre pelas seguintes operações: coagulação, floculação, clarificação, filtração e desinfecção. A coagulação e floculação ocorrem através da adição de produtos químicos específicos, podendo ser sais inorgânicos (como por exemplo, sulfato de alumínio) ou orgânicos (poliaminas, etc). A clarificação, processo onde a maior parte dos contaminantes é separada da água limpa, pode ser realizada por dois métodos de separação: flotação e decantação (Alves, 2012).

Ambas as operações, decantação ou flotação, são bastante compactos e altamente eficientes na remoção de sólidos em suspensão e precipitados (coloides/partículas) e apresentam redução elevada nos demais parâmetros (cor, odor, sabor, entre outros). Após a clarificação, a água tratada é enviada para o processo de filtração, para polimento, e para desinfecção, que garantirá os padrões de potabilidade da água (Arakawa ,2014). Todas as operações são mostradas na Figura 2.

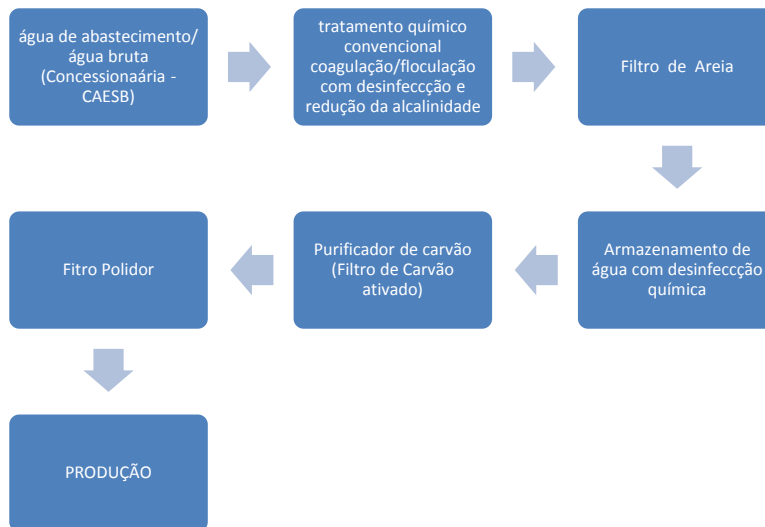


Figura 2. Esquema de tratamento de água bruta em uma (ETA) de uma indústria.

Um das operações determinantes no processo de tratamento de água na indústria é a adsorção em um leito fixo de carvão ativado utilizado para a remoção de resíduos de cloro que estão presentes na água de alimentação fornecidos pelas concessionárias, além de contaminantes orgânicos dissolvidos, como produtos da degradação de vegetais (PHAN, 2006). Comercialmente esses são denominados filtros de carvão ativado.

1.3.1-Carvão Ativado

Carvão Ativado (CA) são materiais carbonáceos de alta área superficial capazes de adsorver substâncias líquidas e gasosas. O CA possui uma vasta aplicação em diversas áreas da indústria, sendo utilizado na purificação de produtos (remoção de cores residuais, odores e contaminantes). Utilizado nas indústrias alimentícias, como no processo de descafeinação do café e remoção de fenóis coloridos de suco, usado como catalisador e principalmente no tratamento de água potável. (Arakawa, 2014)

O processo de produção de CA ocorre em duas etapas básicas: a carbonização pela pirólise do precursor e a ativação propriamente dita, que pode ser física ou química e consiste em produzir através de oxidação um

material carbonáceo que desenvolve uma rede porosa que irá reter a substância a ser adsorvida. A matéria-prima utilizada deve ser rica em carbono, tais como: madeiras, casca do côco, turfas, ossos, polímeros, entre outros. Suas características são influenciadas, sobretudo, pelo material precursor e pelo método utilizado na sua preparação. (DURAL, 2011, BHATNAGAR e SILLANPAA, 2010).

1.3.1.1- CA Comercial

O uso do material no tratamento de água vem crescendo desde a década de 1970, quando houve uma pressão por parte das autoridades sanitárias em relação à qualidade da água final distribuída à população. O tratamento convencional não era capaz de remover as impurezas de forma eficiente.

Neste contexto, materiais foram desenvolvidos para melhorar a eficiência do tratamento de água. Dentre os materiais, o CA é um dos mais utilizados na purificação da água sendo capaz de eliminar a cor, odor, mau gosto e remoção de substâncias orgânicas dissolvidas através do mecanismo de adsorção. Processo pelo qual átomos, moléculas ou íons são retidos na superfície de sólidos através de interações de natureza química ou física.. Os principais precursores deste material comercial, são : casca de coco, arroz e dendê (TY HSING et al, - 2013)

1.3.1.2 Produção de CA

Para a produção de CA, escolhe-se um precursor e ele é submetido à pirólise do material à elevadas temperaturas e consequente ativação com corrente de gases (CO_2 , H_2O). (Mopung, 2008) explica o mecanismo, que consiste na dessorção de água a 150°C , sua posterior divisão da estrutura entre 150 e 260°C , quebra de ligações C-O e C-C entre 260 e 400°C .

A etapa subsequente de ativação pode ser dividida entre química e física. A parte química consiste em impregnar o material com reagentes ativantes e,

em seguida, submetê-lo a aquecimento em atmosfera inerte (pirólise). Cloreto de zinco ($ZnCl_2$) e ácido fosfórico (H_3PO_4) são exemplos de agentes ativantes tradicionais que têm sido utilizados ao longo dos anos. (Azevedo, 2010).

Outro método estudado é a carbonização hidrotermal (HTC), tem se destacado na produção de materiais funcionais devido à sua simplicidade, baixo custo e eficiência energética (ROMÁN, 2013). O método consiste basicamente em reagir o material precursor com água em uma autoclave utilizando temperaturas entre 150 °C e 260 °C, sob pressões autogeradas (OLIVEIRA; BLÖHSE; RAMKE, 2013; ROMÁN et al., 2013). O que permite obter um material carbonáceo com excelentes propriedades texturais e estruturais (POERSCHMANN, 2014); entre os quais é possível citar o CA, materiais que são empregados principalmente como adsorvente (PEREIRA; ÓRFÃO; FIGUEIREDO, 2004).

1.3.2- Contaminação da água pelo filtro de CA

Apesar da ampla utilização do CA para o tratamento de água, microrganismos podem consumir a matéria orgânica do meio e secretar polissacarídeos (Figura 3a), pois os microrganismos e matéria orgânica podem alojar-se facilmente nas superfícies e dentro dos poros do carvão ativado (Figura 3b). Formando biofilmes microbianos que podem ocasionar interferências no funcionamento do filtro e levar a diminuição de sua vida útil, contaminando a água durante a filtração (Gibert , 2013).



Figura 03. a) Formação de Biofilme grosseiro em filtro de carvão ativado. b). Desenho Esquemático demonstrando a adesão de biofilme às partículas de carvão ativado.

1.4 – Efeitos da Ingestão de água contaminada com Bactérias Patogênicas.

Devido ao risco da contaminação dentro do C.A, estima-se que alguns grupos específicos de microrganismos possam estar presentes dentre os quais, alguns causam danos, ou melhor, efeitos em sua ingestão através da água. Alguns grupos são formadores de biofilmes e se aderem a este tipo de ambiente (C.A) e se destacam por se tornarem resistentes.

Como é o caso do grupo de Coliformes e dentre eles uma específica, que se trata da E.coli.(*Escherichia coli*), que por causar danos a saúde humana, e ser facilmente encontrada em água de rios e poços contaminados será objeto de estudo deste presente trabalho.

1.4.1- Contaminação por Coliformes

Verificou-se que os Coliformes, dentre eles a *Escherichia Coli* (*E. coli*) é um grupo de bactérias que habitam normalmente no intestino humano e de alguns animais, e sua presença na água causa danos a saúde.

Caso a água da concessionária ou de alguma indústria que tenha seu abastecimento por poços artesianos estiver contaminada, este microrganismo (*E.coli*) pode estar presente. Se alojando facilmente dentro da operação de adsorção realizada dentro do filtro de carvão ativado, por conter um ambiente favorável, com matéria orgânica levada pela água, umidade e temperatura ideal.

Os sintomas da infecção surgem, geralmente, de 6 a 8 horas após o consumo do alimento contaminado com o patógeno, em alguns indivíduos pode levar a complicações mais graves, como um súbito comprometimento renal, que pode causar uma lesão renal permanente (Alves, 2012)

Na maioria dos casos, a *E.coli* causa somente uma leve gastroenterite que passa em menos de 1 semana. O tipo mais conhecido desta bactéria é a 0104, caracterizada por causar diarreia contendo sangue.

Para a quantificação e isolamento de culturas desta espécie de bactérias, são reportadas algumas metodologias na literatura, entre elas o uso do ágar verde brilhante para o isolamento de Coliformes totais, que foi descrito pela primeira vez por Kristensen (1925) e mais tarde modificada por Kauffmann, (1935). Verificou-se que este meio de cultura permitia a inoculação de inóculos pesados em contextos clínicos e não clínicos. Este fato é mencionado na Farmacopeia dos Estados Unidos da América (*United States Pharmacopoeia*, USP) para procedimentos microbiológicos relativos à ausência de suplementos nutricionais e alimentares de microrganismos específicos (*Microbiological procedures for absence of specified microorganisms—nutritional and dietary supplements*), e é utilizado na análise de produtos lácteos e em manuais de microbiologia clínica. No ágar verde *BD Brilliant Green Agar* o extrato de levedura e duas peptonas fornecem os nutrientes; a lactose e a sacarose, juntamente com o vermelho de fenol, fornecem um sistema de diferenciação que exclui os fermentadores da lactose e/ou sacarose (C.A, Bopp 2003).

1.5- CA Comercial impregnado com Prata

Uma alternativa para a não contaminação do CA é a utilização da impregnação com metais, dentre eles a prata (Ag). Estudos em relação à atividade antimicrobiana sobre a prata têm sido reportados na literatura (Bandyopadhyaya et al., 2008; Maioli et al., 2009; Zhao et al., 2013). (Yoon e colaboradores, 2007), estudaram as características esterilizantes de outro metal, o cobre (Cu), que tem sido utilizado como algicida e considerado um metal tóxico para bactérias heterotróficas em meio aquoso

Para aumentar o efeito oligodinâmico, o cobre pode se combinar com a prata, resultando em um efeito sinérgico de desinfecção nas células bacterianas. O cobre carregado positivamente distorce a parede celular pela

ligação a grupos de carga negativa permitindo que a prata entre na célula, que por sua vez liga-se com o DNA, RNA, enzimas e proteínas celulares, causando lesão celular e morte (Hambidge, 2001). Uma potencial aplicação dos materiais antimicrobianos é a sua utilização para complementar os processos convencionais de tratamento de água (Shannon, 2008). Sistemas descentralizados podem ser utilizados como aparatos domésticos de tratamento ou pós-tratamento de água, e são especialmente úteis em áreas sem fornecimento de água tratada, ou até mesmo quando o sistema de tratamento existente não garante água em quantidade/qualidade suficiente (Peter-Varbanets, 2009). Uma aplicação interessante seria para a indústria de alimentos.

1.6- Esterilização e Descontaminação do Filtro de carvão ativado

Atualmente são utilizados alguns métodos para esterilização do filtro de carvão ativado utilizado nas ETA's de inúmeras indústrias como: a limpeza do filtro de carvão, a qual é feita com uma solução de bissulfito de sódio à 1%(m/v) com um tempo de contato de 90 minutos. Utilizando esta metodologia, FILTER (1995) em seus resultados obteve uma descontaminação de cerca de 90 a 99,43% de diminuição microbiológica.

Outro método utilizado é o uso de peróxido de hidrogênio (5%), dicloroisocianurato de sódio (200 ppm) e ácido peracético (0,2%), com tempo de contato de 120 minutos, com redução de aproximadamente 99,45% de microrganismo (Pinto, 2007).

Contudo, pode ser utilizada a cloração para esterilizar o filtro de carvão ativado, que acontece quando o filtro de carvão é saturado com uma solução com cloro a 2%(m/v) com tempo de contato de 48 horas . Mas, que não é eficaz, pois reduz a vida útil do carvão ativado em cerca de 60% (Caixeta, 2008).

1.6.1- Impregnação com prata e óxido de cobre (Ag e CuO)

Uma alternativa para a descontaminação é a utilização de CA modificado com Ag e CuO. No cenário internacional, a utilização de prata em CA é amplamente utilizada para métodos antimicrobiológicos. Segundo Kempf (2010) o nitrato de prata juntamente com óxido de cobre obtêm grande destaque para tal uso Tendo em vista tal realidade. *Tang* (2007) mencionou que há diferentes meios de se introduzir a prata e outros óxidos em materiais, como troca iônica por via química, impregnação, revestimento de superfícies e implantação iônicas com vias físicas. Em geral, os sais, nitratos e acetatos são usados como fontes deste íon metálico (Arakawa, 2014). O método de impregnação consiste em duas etapas.

Na impregnação destes metais foi utilizado por via úmida: para o emprego dessa metodologia, baseada em estudos realizados por Félix (2009), preparou-se uma solução com água deionizada e a fonte do metal desejado, e com uma bureta a mesma foi gotejada lentamente sobre o suporte, de modo que o metal permanecesse disperso.

1.7- Condições de potabilidade de água alimentícia para Microrganismo

Na tabela 1 a seguir são demonstrados os parâmetros de potabilidade de acordo com a legislação vigente que é do Ministério da Saúde portaria 2914/2011

Tabela 1. Condições de potabilidade de água segundo o Ministério da Saúde.

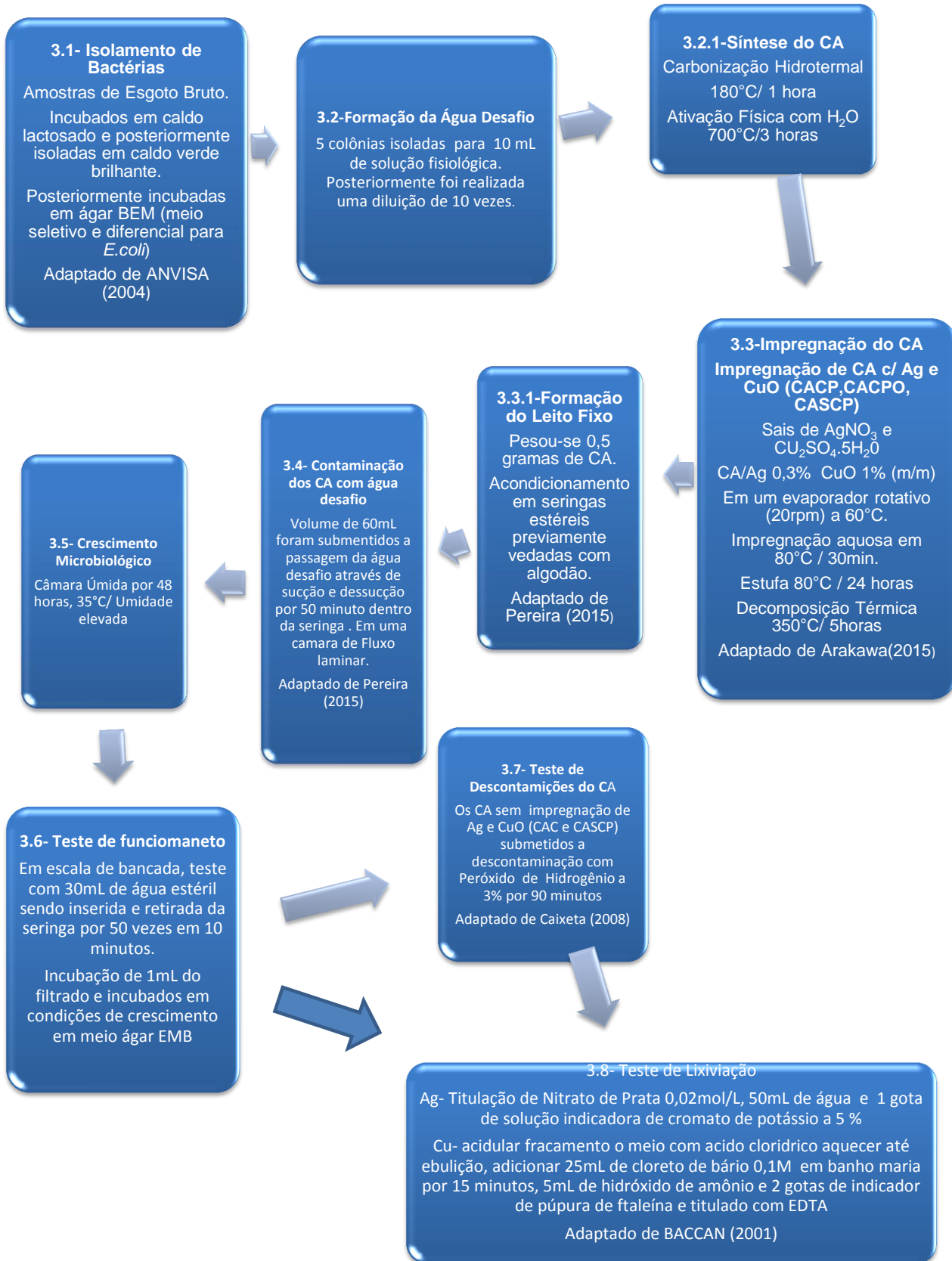
Turbidez	Ausente
Cor	Ausente
Odor	Ausente
Gosto	Nenhum gosto anormal e atípico
Cloro Livre	1 a 3 ppm (após filtro de areia)
Cloro Total	0,0 ppm (Após filtro de carvão)
Ferro	<0,1ppm
Alumínio	<0,1ppm
Sólidos Totais Dissolvidos	<500ppm

Coliformes Totais	Zero UFC /100ml
Bactérias Totais	<25 UFC /1ml
Tri-Halometanos (THM)	<100ppb

1.8- Condições de potabilidade de água alimentícia para Cloreto e Sulfato

Segundo a Portaria 2914/2011 elaborada pelo Ministério da Saúde, a água potável deve conter ,dentre uma série de outros sais e substâncias, um valor máximo de 250 ppm de Óxido de Cobre(CuO) solubilizado, e 10,0mg/l de nitratos , dentre eles o de Prata (AgNO_3).

3. Materiais e Métodos



4.- Resultados e Discussões

4.1- Análise do isolamento de Coliformes Totais

A Figura 8 a) apresenta a formação de gás no tubo de Durham invertido, um dos testes que comprova a contaminação da amostra. A foto da Figura 8 b) mostra a contagem de UFC em uma placa de petri para determinação de concentração da água desafio, usando diluição de 10^6 .

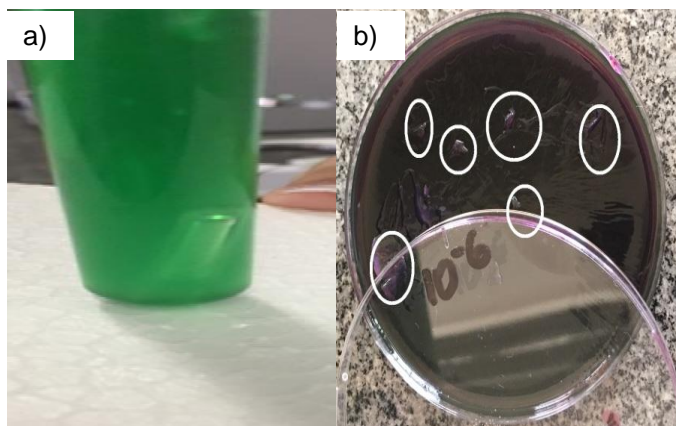


Figura 8 a): Caldo verde bile (bvb) com tudo de Durham com nítida formação de gás, o que comprova a presença de *Coliformes*. Usado para formação da água desafio. b) Ágar EMB, após a diluição seriada em 10^{-6} com formação de 6 UFC.

Após o isolamento das colônias a partir de amostras de esgoto bruto, as colônias características de *E.coli* foram transferidas para solução fisiológica e em seguida água destilada para comporem a água desafio. A concentração de colônias desta água desafio foi novamente quantificada em meio EMB. Na Tabela 2, estão os resultados de contagem aproximada de espécies de *E.coli* e Coliformes Termotolerantes segundo o método de diluição seriada para a água desafio.

Tabela 2. Quantidade de UFC's presentes aproximadamente na água desafio.

Diluição	Resultado (UFC/mL)	Resultado aproximado de UFC
10 ⁻¹	TNTC	TNTC
10 ⁻²	TNTC	TNTC
10 ⁻³	TNTC	TNTC
10 ⁻⁴	TNTC	TNTC
10 ⁻⁵	58	5800000
10 ⁻⁶	6	6000000
10 ⁻⁷	1	10000000

* TNTC – Incontáveis

Para estudos estatísticos posterior foi considerado o valor de 6×10^6 UFC/mL como a concentração de partida de Coliformes Termotolerantes e *E.coli* da água desafio. Segundo as Figuras 9 , respectivamente confirma-se a partir da metodologia utilizada a presença de *E.coli*, sendo a mesma caracterizada pelo crescimento através de brilho metálico verde e coliformes Termotolerantes pela presença de colônias de cor púrpura com centro preto segundo a descrição em 3.2 deste referido trabalho.

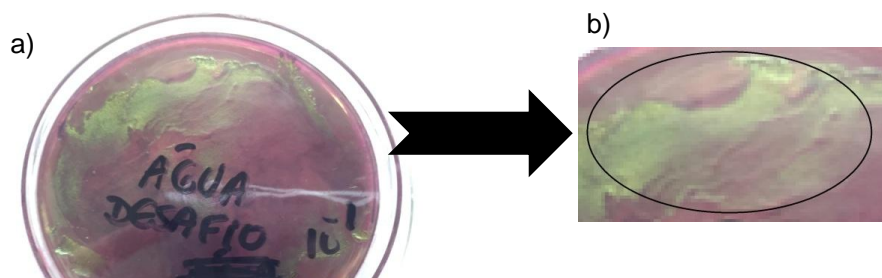


Figura 10 . a) Confirmação da presença de *E.coli* isolada que será usada para contaminação dos CA's b). Ampliação para confirmação da presença de *E.coli* isolada que será usada para contaminação dos CA's.

4.2- Verificação da contaminação de *E.coli* e Coliformes Termotolerantes dentro dos poros e superfície do C.A

Para verificar se o carvão estava realmente contaminado foi realizado um teste de simulação do funcionamento do filtro de carvão com a sucção de água estéril para dentro da seringa e sua posterior dessucção da seringa para o meio, conforme a Figura 12 a) e uma posterior análise da confirmação da contaminação através da incubação em meio EMB (Figura 13 b) .

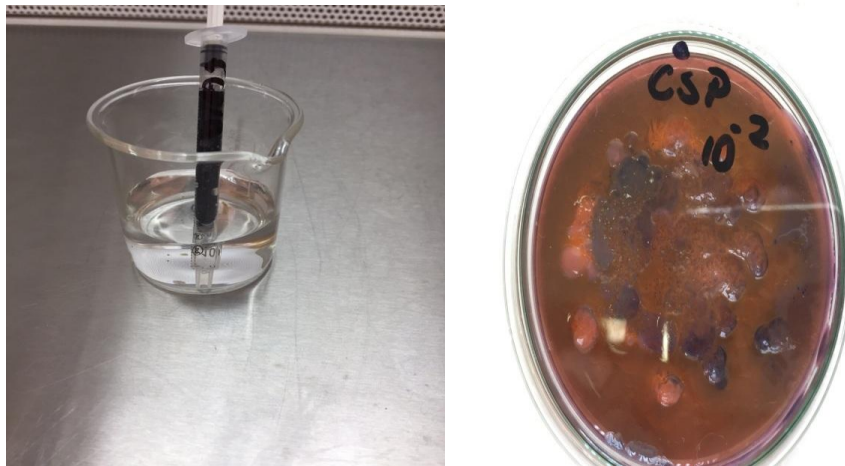


Figura 12.a) Demonstração da simulação de funcionamento. b). Confirmação da contaminação do filtro de carvão.

Confirma-se a contaminação do C.A (CACCP ,CACPO ,CASSP ,CASCP, CAC) pela presença de colônias rosas com centro preto, o que torna claro a presença das bactérias em estudo neste presente trabalho. A partir desta confirmação, foi dada continuidade em todas as etapas subsequentes descritas em 3.5; 3.6.

4.3- Contagem de microrganismo usado em CACCP, CACPO,CASSP,CASCP,CAC

Após a certificação de contaminação das amostra de carvão CACCP,CACPO,CASSP,CASCP,CAC foi realizada o teste de funcionamento do filtro com 30 mL de água estéril. Após a simulação de funcionamento do filtro de carvão utilizando o CACCP,CACPO,CASSP,CASCP,CAC, uma alíquota de 1mL de cada tipo de carvão ativado foi submetida a diluição seriada

e a incubação em meio EMB (ciclo 1) , cada ciclo possuía a diferença de dois dias para manter o mesmo padrão, os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 . Verificação das quantidades de usado no carvão CACCP

	Quantidade de UFC/mL			
	Ciclo 01	Ciclo 02	Ciclo 03	Ciclo 04
CACCP	$1,2 \times 10^2$	$0,98 \times 10^2$	$1,12 \times 10^2$	$0,95 \times 10^2$
CACPO	0	$6,5 \times 10^2$	0	$4,0 \times 10^2$
CASCP	$3,4 \times 10^2$	0	0	21×10^2
CAC	$4,8 \times 10^6$	$5,6 \times 10^6$	56×10^6	87×10^6
CASSP	$6,0 \times 10^6$	$7,4 \times 10^6$	40×10^6	11×10^6

Para facilitar os cálculos dos dados obtidos foi aplicado aos resultados um ajuste utilizando a função logarítmica na base 10. Pois, segundo o estudo realizado pelo instituto brasileiro de métodos para acreditação:

“O calculo do desvio padrão dos dados transformados em logaritmo devem ser utilizados, pois o crescimento microbiológico por muitas vezes se diferencia drasticamente entre uma análise e outra, a transformada melhora a estabilização da variância da reprodutibilidade nos diferentes níveis de contaminação.”(IBMPAC,2006).

As incubações dos ciclos então foram realizadas em triplicata com as mesmas condições para a maior confiabilidade do estudo, e os resultados foram mostrados abaixo na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados obtidos com a incubação em triplicata dos ciclos aplicados ao Log.

	Quantidade de UFC/mL utilizando Log ₁₀ .			
	Ciclo 01	Ciclo 02	Ciclo 03	Ciclo 04
CACCP	2,08	1,99	2,05	1,76
	2,23	2,34	2,12	1,42
	2,45	2,56	1,75	1,34
CACPO	0	2,45	0	2,60
	1,76	0	0	1,97
	0	1,78	1,32	0
CASCP	2,53	0	0	2,32
	0	2,23	2,34	0
	0	1,89	0	1,23
CAC	6,68	6,74	7,74	7,93
	6,54	6,45	7,45	7,86
	6,59	7,02	7,56	7,42
CASSP	6,00	6,86	7,60	7,04
	6,42	7,03	7,46	7,45

6,89

6,78

7,85

7,24

A partir desta verificação e análise dos dados foi possível iniciar testes matemáticos e estatísticos para relacionar e analisar a eficácia da utilização dos métodos para impedimento de crescimento microbiológico ou uma redução no índice microbiano. Os resultados foram colocados em um gráfico para melhor entendimento e visualização do resultado, foi utilizado o valor médio das grandezas em log para suporte dos dados no gráfico mostrado na figura 14 a) , b) , c), d) 15, 16 e 17.

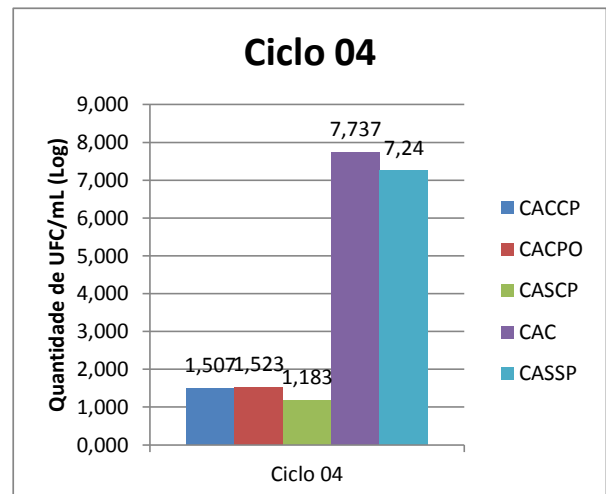
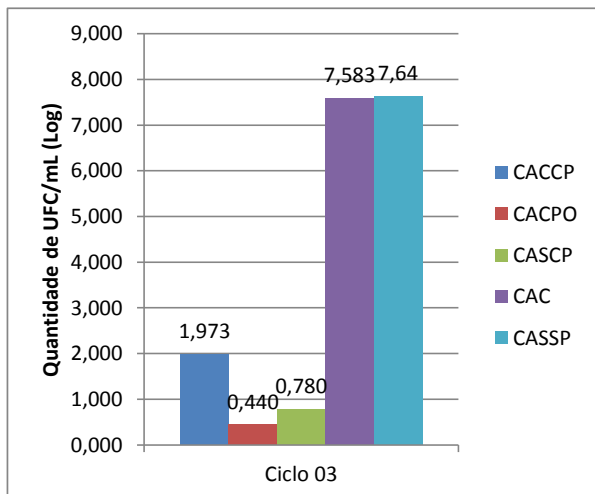
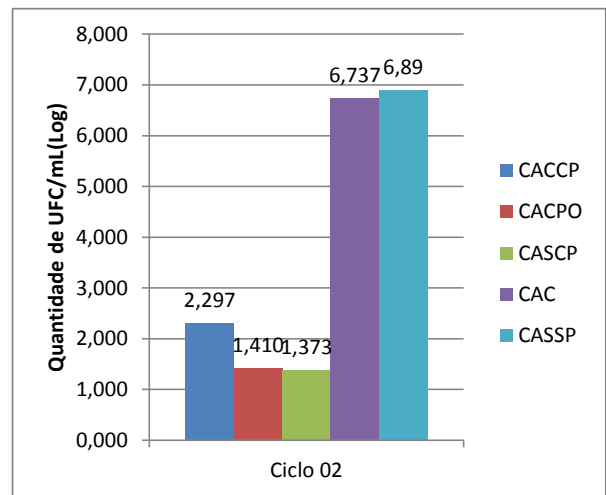
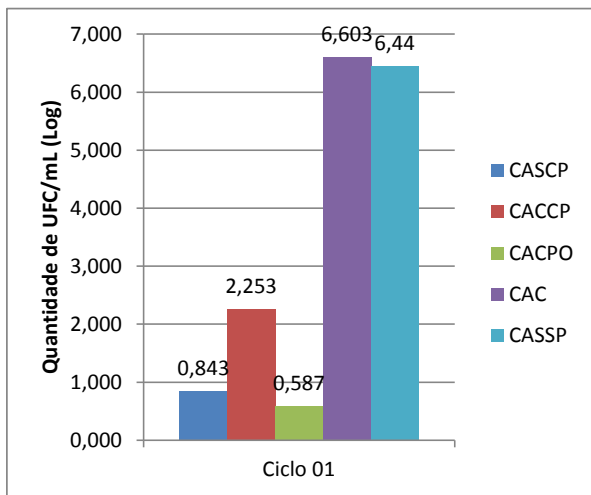


Figura 14. a) ciclo 01 de contaminação microbiológica. b) ciclo 02 de contaminação microbiológica. c) ciclo 03 de contaminação microbiológica. d) ciclo 04 de contaminação microbiológica.

Observa-se por meio da Figura 14 acima que os carvões ativados impregnados com Ag e CuO obtiveram os menores resultados de contaminação microbiológica. Dentre eles o carvão que obteve melhor desempenho entre o comercial (CACPO,CAC) e o produzido por HTC (CASCP), foi o CACPO que através da média do resultados mostrado em cada ciclo obteve a menor média de contaminação mostrado a comparação abaixo:

No qual CACPO obteve como valor médio (\bar{x}) = 0,99 UFC/mL, e o CACCP, e CASCP, valores de 2,01 e 1,03 UFC/mL, respectivamente.

A diferença entre o CASCP e CACCP são muito baixas, o que torna o carvão ativado obtido via HTC uma alternativa para um novo material resistente a contaminação microbiológica

Na Figura 18 é possível observar a amplitude máxima entre os CA contaminados com e sem impregnação (CAC e CACPO)

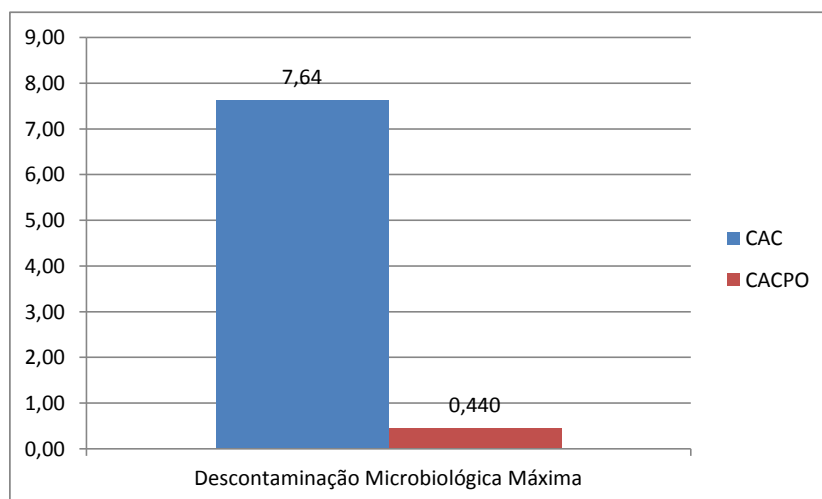


Figura 18. Diferença entre a maior contaminação microbiológica e a menor contaminação entre CAC e CACPO.

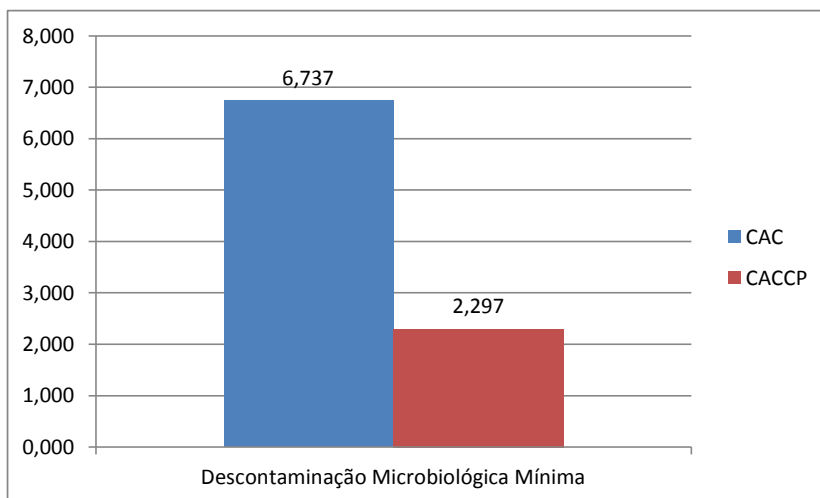


Figura 19 .Diferença entre a menor contaminação microbiológica e a maior contaminação.

Através da análise de cada gráfico a partir da Figura 18 e 19, consegue-se observar a grande variação que é trabalhar com cultura e crescimento de microrganismos , a partir de cada ciclo é possível notar uma divergência dos dados, ora em quantidades razoáveis ora em quantidades mais estrapalantes, ou seja, da quantidade de UFC/mL, que é característico do trabalho com microrganismo (Ferreira, 2004).

Por isso a importância de colocar todos os resultados em Log para termos resultados estatísticos aceitáveis (Yoon et al., 2007) . Há uma grande contaminação nas espécies (CASSP, CAC), o que confirma que microrganismos crescem significamente neste ambiente, quando não há nenhuma substância para controlar seu crescimento (Gibert et. al, 2013).

A figuras 18 e 19 mostra que impregnação foi útil para este fim, apesar de ser apenas com CA/Ag a 0,3% (CACCP) e com CA/Ag 0,3% e CuO 1% (CACPO,CASCP), com amplitude Máxima de variação entre os CA, de mais de 7 log (Figura 18).

A amplitude mínima registrada foi de mais de 4 log, o que está de acordo com estudos apresentados por Arakawa (2015) que obteve o resultado de redução de microrganismo de 4 log, mostrando a eficiência deste método.

A elevada eficiência antibacteriana obtida nas amostras modificadas (CACCP,CACPO,CASCP) pode ser explicada devido à potencialização do efeito oligodinâmico na ação sinérgica entre as partículas de Ag e CuO sobre as bactérias. O mecanismo de ação dos metais em microrganismos ainda não é 100% conhecido, mas cientistas acreditam que os metais liberam íons que reagem com as proteínas da membrana celular de microrganismos resultando na desnaturação de enzimas, interrupção da proliferação celular e morte da população microbiana (Ribeiro E. G. et al , 2014).

4.4- Descontaminação do CA contaminado (CAC,CASSP)

Os resultados obtidos para a descontaminação do CA com peróxido de hidrogênio 3% estão na Tabela 5

Tabela 5. Quantidade de UFC em CAC e CASSP após 1 e 2 descontaminação.

	Quantidade de UFC/mL	
	Descontaminação 1	Descontaminação 2
CAC	4	0
CASSP	2	0

Atualmente, há uma grande utilização de soluções de cloro 2%(m/v) para esterilização do filtro de C.A, que é um método que acaba reduzindo a população microbiológica, mas que por outro lado reduz a vida útil do CA, pois o cloro é absorvido pelo C.A o tornando saturado, levando a redução de mais de 50% de sua vida útil (Caixeta, D, et. al ,2008).

Ao utilizar uma solução de peróxido de hidrogênio, não ocorre a saturação do filtro de CA, pois não ocorre absorção de peróxido pelo CA O que acarreta em comparação ao método utilizado descrito acima, em maior vida útil para o carga do CA (Nascimento V. , 2013).

A esterilização por métodos conhecidos descritos em 1.6, resulta em métodos com redução de 99,45% de redução microbiológica, em comparação a isso, este estudo teve por fim uma redução utilizando métodos químicos oxidativos com a utilização de peróxido de hidrogênio em uma concentração inferior a utilizada na literatura de 5% (Pinto R., 2007) para 3% uma redução de 99,999993%, o que torna apreciado este mecanismo de esterilização.

4.5- Contaminação da água por desprendimento de Ag ou CuO para CACPO

Um dos estudos importantes para o uso do CA impregnado com prata e Cobre é se está ocorrendo a lixiviação do metal na água.

Para isso foram realizados testes de quantificação desses metais na água obtida após a passagem pelo filtro de carvão (CACCP,CACPO,CASCP) nos ciclos 1 e 2 . Os resultados obtidos estão na Tabela 6

Tabela 6. Análise de Lixiviação de Ag e Cu, valores médios do ciclo 01 adicionado ao 02 em triplicata e valor médio total das três triplicatas .

Ag (mg/L)	Cu(ppm)
[Ag]= 0,321mg/L	[Cu]= 103,ppm
[Ag]= 0,245mg/L	[Cu]= 121 ppm
[Ag]=0,236mg/L	[Cu]= 93 ppm
[Ag] Médio = 0,267mg/L	[Cu] Médio = 105,6ppm

Segundo a Portaria do M.S, N.º 2914/2011 o valor máximo de até 250 ppm de Óxido de Cobre(CuO) solubilizado, e de 10,0mg/l de nitratos , dentre eles o de Prata (AgNO₃).

Para as soluções obtidas (Tabela 6) após tratamento com ultrassom também foram observado valores abaixo do máximo exigido para Ag e Cu. Portanto, nos CA's impregnados (CACCP,CACPO,CASCP), somando a lixiviação do ciclo 1 ao 2, de todos os 3 tipos de C.A e analisando a água posterior desta operação , temos valores abaixo dos limites.

5.0- Considerações Finais

A ativação do carvão ativado com Ag e CuO como agente antimicrobiano se tornou eficiente com uma redução de mais de 7 log na quantidade de colônias. Mesmo levando em consideração uma ativação com a utilização somente de Ag, pois obteve resultados satisfatórios neste presente estudo mais de 4 log, com uma redução considerável das colônias de contaminação microbiológicas.

A descontaminação através de agentes Químicos (Peróxido de Hidrogênio) foi extremamente eficiente, e tornou o carvão contaminado, próprio para o uso no filtro de carvão ativado industrial, uma solução razoavelmente viável com utilização de H₂O₂ a 3%, comercialmente de 10 volumes.

O CACCP,CACPO,CASCP, mantiveram suas propriedades de descontaminação microbiológica atingindo 4 ciclos de funcionamento, o que caracteriza um material eficiente para o processo usado no tratamento de água.

A aplicação destes meios porosos em filtros industriais pode ser sugerida como uma possível alternativa no tratamento de água. Utilizado para o problema enfrentado pelos empreendimentos, de uma contaminação da água fornecida pela concessionária.

6.0 Referências Bibliográficas

ABNT, NBR 16098: Aparelho para melhoria da qualidade da água para consumo humano – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: p. 34. 2012.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Resolução n. 306, 2004.

ANVISA. Métodos Rápidos para Análises Microbiológicas , Agenda Regulatória da Anvisa (tema nº 62). 2013- 2014

Alves, A. R. F. Doenças alimentares de origem bacteriana. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, p.87, 2012.

Bandyopadhyaya, R., Sivaiah, M. V. & Shankar, P. A. Silver-embedded granular activated carbon as an antibacterial medium for water purification. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*: p. 1177-1180, 2008.

Becton Dickinson (BD). <http://www.biomedicinapadiao.com.br/2013/02/agar-emb-eosin-methylene-blue.html>. Acessado em 01/12/2017 às 12:33.

C.A, Bopp , Incubation in Green Bile , p.13. 2003

Carlos Henrique Pessoa de Menezes e Silva- Caracterizacao dos biofilmes formados em filtros de carvão ativado de sistemas de purificação de água em laboratorios clínicos. p. 18. 2006.

CAIXETA, D. S. SANIFICANTES QUÍMICOS NO CONTROLE DE BIOFILMES FORMADOS POR DUAS OU MAIS BACTÉRIAS EM AÇO. p.27-35. 2008.

DURAL, M. U. et al. "Methylene blue adsorption on activated carbon prepared from *Posidonia oceanica* (L.) dead leaves: Kinetics and equilibrium studies". *Chemical Engineering Journal*, v. 168, p. 77-85, 2011.

Fábio Nunes Dias-Avaliação de eficácia da sanitização de um sistema de purificação de água. Esterilização de artigos médicos, dissipação residual do óxido de etileno e uso da proteína verde fluorescente (GFP) como indicador de controle do processo – p.10-15. 2007.

Fabiola Lélis de Carvalho, Maria da Conceição Silva Barreto- DETERMINAÇÃO DE SULFATO EM AMOSTRAS DE ÁGUA. Centro de Ciências Exatas e da Natureza/Departamento de Química/MONITORIA. UFPB. p.34. 2006.

Flávia Sayuri Arakawa-CARVÃO ATIVADO IMPREGNADO COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA E ÓXIDO DE COBRE PARA APLICAÇÃO ANTIBACTERIANA NO TRATAMENTO DE ÁGUA. Revista Tecnológica – Edição Especial. Maringá, p. 215-225, 2015.

FERRAZ, C.A.M.; PENNA, T.C.V.; PEREIRA, E.P.; TAQUEDA, M. E. Ethylene oxide sterilization of surgical sutures monitored by *Bacillus subtilis*. Zentral Sterilization. : p. 24-37, 2002.

GIBERT, O.; LEFÈVRE, B.; FERNÁNDEZ, M.; BERNAT, X.; PARAIRA, M.; CALDERER, M.; MARTÍNEZ-LLADO, X. Characterising biofilm development on granular activated carbon used for drinking water production. Water Research, v. 47, p. 1101-1110, 2013.

IBMPAC- Instituto Brasileiro de medidas e Acreditação, UCP-ESB – LABS. p.27, 2006.

HEYDORN, A.; ERSBOLL, B.; HENZTZER, M. Experimental reproducibility in flow-chamber biofilms. Microbiology, v. 146, p. 2409–15, 2000.

Kristensen, separation of *E.coli*, 1925, p.5 – Acessado em 14 de Outubro de 2017 às 15:20.

Kuball. INVESTIGAÇÃO DE FALHAS OPERACIONAIS EM UMA PRODUÇÃO DE MOTORES DIESEL QUE IMPACTAM DIRETAMENTE NO CLIENTE. Revista Brasileira de Gestão e Inovação – Brazilian Journal of Management & Innovation v.2, n.1, Setembro/Dezembro – 2014

LIZIARA C. CABRERA; MARIA DA GRAÇA Z. BAUMGARTEN. Fundação Universidade Federal do Rio Grande – Dep. de Química – Laboratório de Hidroquímica. ADAPTAÇÃO DO MÉTODO TURBIDIMÉTRICO PARA A ANÁLISE DE SULFATO EM AMOSTRAS DE ÁGUAS ESTUARINAS E MARINHAS. Vetor, Rio Grande, 16(1/2): p. 7-10, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011- Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

MOPOUNG, S.; Surface Image of charcoal and activated charcoal from banana Peel., v. 22, p. 15-19, 2008.

Morones, J. R., Elechiguerra, J. L., Camacho, A., Holt, K., Kouri, J. B., Ramírez, J. T. & Yacaman, M. J. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*, 16(10): 2346, 2005.

NASCIMENTO, M. da G. F. do; NASCIMENTO, E. R.. Importância da avaliação microbiológica na qualidade e segurança dos alimentos. Embrapa Agroecologia, pg.34-65, 2000

OLIVEIRA, I.; BLÖHSE, D.; RAMKE, H.-G. Hydrothermal carbonization of agricultural residues. *Bioresource technology*, v. 142, p. 138–46, ago. 2013.

OLIVEIRA, L. F. S.; Estudo da formação de biofilmes de *Pseudomonas aeruginosa* em carvão ativado impregnado com prata. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Goiás, 2014. Disponível em: <http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/Lorena_Ferreira_de_Souza.pdf> Acesso em: 10 jul, 2015.

OZDEMIR, I.; SAHIN, M.; ORHAN, R.; ERDEM, M.; Preparation and characterization of activated carbon from grape stalk by zinc chloride activation. *Fuel Processing Technology*, v. 125, p. 200–206, 2014.

Formatado: Inglês (EUA)

PELCZAR M.J., CHAN E.C.S. *Laboratory Exercises in Microbiology*, 4 th Edition. New York, Mc Graw Hill, 1977.

PEREIRA, M. F. .; ÓRFÃO, J. J. .; FIGUEIREDO, J. . Influence of the textural properties of an activated carbon catalyst on the oxidative dehydrogenation of ethylbenzene. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 241, n. 1-3, p. 165–171, jul. 2004

PHAN,N.H.; RIO,S.; FAUR,C.; LE,C.L; LE C.P.; NGUYEN, T.H. Production of fibrous activated carbons from natural cellulose (jut, coconut) fibers for water treatment applications. *Carbon*, v. 44, p. 2821-2824, 2006.

POERSCHMANN, J. et al. Hydrothermal carbonization of poly(vinyl chloride). *Chemosphere*, v. 119C, p. 682–689, 21 ago. 2014.

ROMÁN, S. et al. Production of low-cost adsorbents with tunable surface chemistry by conjunction of hydrothermal carbonization and activation processes. *Microporous and Mesoporous Materials*, v. 165, p. 127–133, jan. 2013.

Ruan Pinto Neto, Efeito do peróxido de hidrogênio sobre a população de microrganismo contaminantes de mosto , Setor de Açúcar e Alcool , USP, p.1, 2007

Ruparelia, J. P., Chatterjee, A. K., Duttagupta, S. P. & Mukherji, S. Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles. *Acta Biomaterialia*, p. 71, 2008.

Shannon, M. A., Bohn, P. W., Elimelech, M., Georgiadis, J. G., Marinas, B. J. & Mayes, A. M. Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature*, 452(7185) p.301-310, 2008.

TANG, H.Q.;FENG, H.J. A study antibacterial propriety of Ag+. *Surfage and Coatings Technology* v.201, p. 5634-5636, 2007

UNITED STATES PATENT, Kempf, B. A silver/carbon- based material and methods for producing the same for contact material. Patent Nº.: US 7,754,280 B2, 2010.

Viviane Nascimento da Silva, Biocidas Alternativos em Sistemas de Resfriamento Industrial, UFRJ- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA PROGRAMA DE PÓS GRADUÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL, p. 54-68 , 2013.

Yoon, K.-Y., Hoon Byeon, J., Park, J.-H. & Hwang, J. Susceptibility constants of *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* to silver and copper nanoparticles. *Science of the Total Environment*, 373(2): p.572-575, 2007.