

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS NA DEGRADAÇÃO DA CAFEÍNA USANDO A CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA

Palavras-Chave: cavitação, Jato cativante, Experimentos.

Autores:

Gabriel santos da silva, FT-UNICAMP

Thaís Vieira Omido, FEC FAU-UNICAMP

José Gilberto Dalfré Filho. Orientador, FEC FAU -UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O acesso à água de qualidade é um dos grandes desafios técnicos da humanidade. O cenário de escassez hídrica, a crescente contaminação de mananciais, o crescimento populacional acelerado e a introdução novas substâncias no mercado tornam esses desafios cada vez mais complexos e custosos. Logo, o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à obtenção de água de boa qualidade é essencial.

Ainda, a preocupação com contaminantes cada vez mais presentes no ambiente e não legislados, ou seja, para os quais não há definição de limites seguros para a exposição humana, é frequente. São considerados nesses grupos os pesticidas, fármacos, hormônios, nanomateriais, produtos de higiene pessoal, plastificantes, entre outros (Canella et al., 2014).

Uma técnica abordada para a degradação de compostos indesejáveis e para a inativação de bactérias em água é a aplicação do fenômeno da cavitação. A cavitação ocorre em um escoamento quando a pressão decresce até a pressão vapor, provocando vaporização colapsam internamente (White, 2011). Esse colapso é, usualmente, relacionado a danos em sistemas hidráulicos, pois causa efeitos indesejáveis, como ruído, vibração e erosão. Porém, aqui se explora uma aplicação útil da cavitação, na degradação de certos compostos. Durante a implosão das bolhas, as ondas de alta pressão e micro jatos gerados e a liberação de radicais hidroxila, responsáveis pela oxidação de compostos altamente reativos, aliados à turbulência, proporcionam, sob determinadas condições, a decomposição de substâncias indesejadas em água (Agarwal et al., 2011).

A cafeína é um exemplo de substância resistente ao tratamento convencional de água que pode ser encontrada na água potável. A princípio, ela não é nociva para o ser humano, mobilizada (Gardinali e Zhao, 2002).

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar os parâmetros físico-químicos da cafeína quando submetida ao fenômeno da cavitação.

METODOLOGIA:

Um esquema da instalação pode ser visualizado na Figura 1(a). O reservatório do equipamento é cilíndrico, com diâmetro de 0,68 m e 0,75 m de altura, e apresenta janelas de vidro para visualização

dos jatos. Foi confeccionado em aço inox e tem uma capacidade de $0,246 \text{ m}^3$. Uma bomba de deslocamento positivo de alta pressão (Prominas, BPS-328-025-MP) recircula a água. Uma bomba centrífuga (atuando como “booster”) garante a pressão mínima de operação na entrada da tubulação de sucção da bomba de deslocamento positivo e encontra-se entre o reservatório e a bomba de deslocamento positivo. No reservatório está a água a ser testada, que circula pelo equipamento. A tubulação de recalque possui uma válvula reguladora de pressão, para regular as pressões dos testes, um manômetro e uma válvula de alívio para garantir a segurança da operação, caso ocorra um aumento súbito da pressão da bomba de deslocamento direto. Esses equipamentos foram adquiridos e construídos com o auxílio da FAPESP, dos processos 2009/54278-4 e 2012/09843-8. Uma foto do equipamento pode ser vista na Figura 1(b). Na saída da tubulação de recalque e dentro do reservatório, encontram-se os bocais em aço inox. Esse sistema permite testar até seis bocais intercambiáveis em conjunto. Neste trabalho, todos os bocais possuem geometria cônica de 132 graus desenvolvido por Dalfré Filho (2005). Os bocais permanecem imersos no reservatório, sem causar desgaste de nenhum componente da instalação. Um reservatório de resfriamento e uma serpentina foram usados para manter a temperatura de água no tanque estáveis. A pressão de ensaio nos testes foi de 25 MPa. Este foi o ponto de partida para se conhecer o comportamento dos ensaios. A partir daí, os tempos de ensaios e as condições ótimas de operação (bocal e pressão) frente ao consumo energético poderão ser otimizadas..



Figura 1. a) Esquema do equipamento tipo jato cavitante (Fonte: DALFRÉ FILHO et al., 2015); b) Foto do equipamento tipo jato cavitante (Fonte: os autores).

A cafeína foi adicionada à água no reservatório antes do início dos testes em concentração semelhante à verificada em estudos semelhantes da literatura, de 10 mg/L. Apesar de não retratar a realidade da concentração de cafeína encontrada em corpos hídricos (Canela et al., 2014), a concentração estabelecida mais elevada é convencional em estudos que visam análise de degradação desse composto (Fagnani et al., 2013 e Mafioletti et al., 2016).

Neste trabalho foram avaliados os parâmetros físico-químicos das amostras ao longo dos ensaios, a saber, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e condutividade. A temperatura também foi medida ao longo dos testes. Foram usados os seguintes equipamentos nesta pesquisa, termômetro digital Minipa MT-600 (temperatura), oxímetro portátil Alfakit (oxigênio dissolvido), pHmetro Thermo Orion modelo 410A+ (pH), turbidímetro HACH 2100N (turbidez) e condutivímetro Micronal B330 (condutividade) e espectrofotômetro Hach DR/4000U método 1670 (absorvância). Os testes que simulam a cavitação foram realizados no Laboratório de Hidráulica e Mecânica dos Fluidos (LHMF-FECFAU). As amostras foram analisadas no Laboratório de Saneamento (LABSAN-FECFAU).

Primeiramente, foi descrito o passo a passo dos ensaios no LabSan. O primeiro passo foi pesar a cafeína e transferi-la para um balão volumétrico de maneira a obter-se 10 mg/L para os ensaios no equipamento tipo jato Cavitante. A Figura 2 ilustra este passo.

Transferindo-se o material para o LHMF, foram empregados 6 bocais de 0,5 mm em um tanque de 225 litros e em uma pressão de 25 MPa. E seguiu-se o procedimento de testes em diferentes tempos, 60, 120, 150 e 180 minutos, além da amostra inicial T0.



Figura 2. Cafeína usada nos testes e medição da sua quantidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A amostra inicial T0 (branco, ou seja, a água pura), circulou por 5 minutos no equipamento. A bomba foi desligada em uma temperatura de 40 graus Celsius medida no tanque e 34 graus Celsius no reservatório de resfriamento. Para melhor manter a temperatura dos testes, foi feita uma adequação no sistema de refrigeração. Nos diferentes tempos de ensaios, a Tabela 1 ilustra os resultados dos parâmetros físico-químicos.

Tabela 1. Resultados físico-químicos do primeiro teste com 25 MPa de pressão e 6 bocais de 0,5mm.

T0	T60	T120	T150	T180
pH=7,28	pH=7,61	pH=7,75	pH=7,78	pH=7,90
Condutividade 1,42	Condutividade 4,12	Condutividade 6,62	Condutividade 8,07	Condutividade 10,4
Turbidez= 288 (2000 us)	Turbidez=298 (2000 us)	Turbidez=354 (2000 us)	Turbidez=374 (2000 us)	Turbidez= 491 (2000 us)

A absorvância da água com a cafeína foi medida e os resultados podem ser vistos na Tabela 2, para os diferentes tempos de ensaios.

Tabela 2. Resultados de degradação do teste com 25 MPa de pressão e 6 bocais de 0,5mm.

T0	T60	T120	T180
Absorvância 0,414	Absorvância 0,494	Absorvância 0,510	Absorvância 0,521

Analisando-se nos diferentes tempos, nota-se o aumento da condutividade mas os demais parâmetros não se alteraram. Para dar sequência aos testes, desejou-se verificar a degradação da cafeína caso usado um procedimento sinérgico. Foi então, preparado o hipoclorito de sódio, para verificar o efeito combinado da cavitação e peroxidação.

Uma ponteira de 1 ml e uma outra de 200ul foram usadas. Foi necessário usar outro balão de 1000ml para o preparo do peróxido. Devido o peróxido ter um odor muito forte, foi necessário colocá-lo na capela e usar um béquer de 50ml para transferir o peróxido. Neste caso, ao transferir o hipoclorito de sódio para o béquer, há que se tomar precauções como uso de luvas e óculos de proteção. Foi colocado o peróxido em um béquer e logo transferido para um béquer. Em seguida, foi colocado no balão volumétrico de 1 litro de água e procedeu-se à homogeneização manual. Ainda, usou-se um ultrassom na capela para efetiva diluição da cafeína. Pode ocorrer de o hipoclorito ficar com uma cor escura, mas isso não afeta os ensaios. Retira-se balão volumétrico da capela para analisar a diluição. Então, pesa-se a cafeína em uma quantidade de 2,25 g. Depois da pesagem, mistura-se todo o material em um béquer e repete-se o procedimento anterior.

Completados os testes no LABSAN continua-se no LHMF. Desta vez, foram ampliados os testes em tempos diferentes para se melhor entender o que ocorre. Foram usados os tempos 15, 60, 120 e 180 minutos. A temperatura inicial (do tanque) antes de ligar a bomba estava em 28,5 graus Celsius. E a temperatura manteve-se relativamente estável durante o tempo de testes, graças ao sistema de refrigeração que foi melhorado. (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados de degradação do primeiro teste com 250 kgf/cm² de pressão e 6 bocais de 0,5mm.

TEMPO 0=0,414 ABS	TEMPO 60=0,494 ABS	TEMPO 120= 0,510ABS	TEMPO 180=0,521ABS

CONCLUSÕES:

O desenvolvimento do presente estudo visou à análise dos parâmetros físico-químicos de amostras de cafeína e água na presença da cavitação. Tivemos algumas dificuldades como controlar a pressão, devido ao problema que foi constando na bomba. Foram usados os recursos do financiamento da FAPESP n. 2019/12166-7. Foram realizados vários testes preliminares de pressão antes de efetivamente introduzir a cavitação no equipamento. Após a introdução da cafeína com o processo de cavitação não foram obtidos resultados de degradação nestes testes e, desta forma, outros testes, com diferentes condições de ensaios serão realizados. É importante destacar que devido a pandemia e a restrição do uso de laboratórios, apenas foi possível começar os testes em novembro de 2021.

AGRADECIMENTO:

Quero agradecer aos técnicos do LHMF em especial Marcelo e Carlão, assim como aos técnicos do Labsan, Thiago e Daniel, pelos importantes auxílios nesta pesquisa. Agradeço também ao PIBIC pelo excelente suporte prestado.

BIBLIOGRAFIA:

AGARWAL, A.; NG, W. J.; LIU, Y. Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. *Chemosphere* 84 p. 1175–1180. 2011.

ASSIS, M. P.; DALFRÉ FILHO, J. G.; GENOVEZ, A. I. B. Equipamento tipo jato cavitante para degradação de compostos persistentes. XXIV Congresso Latinoamericano De Hidráulica, Punta del Este. 2010.

CANELA, M. C.; JARDIM, W. F.; SODRÉ, F. F.; GRASSI, M. T. Cafeína em águas de abastecimento público no Brasil. 1. ed. São Carlos: Editora Cubo, 2014. v. 1. 96p.

DALFRÉ FILHO, J. G.; GENOVEZ, A. I. B.; ASSIS, M.P. Equipamento tipo jato cavitante para inativação/desinfecção de bactérias empregando único ou múltiplos jatos. 2015, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10201501304, título: "Equipamento tipo jato cavitante para inativação/desinfecção de bactérias empregando único ou múltiplos jatos" , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 03/06/2015.

DALFRÉ FILHO, J. G. Equipamento tipo jato cavitante para avaliação de desgaste por cavitação. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 122p, 2005.

DIOGO, J. S. G. et al. Risk assessment of additives through soft drinks and nectars consumption on Portuguese population: A 2010 survey. *Food and Chemical Toxicology*, v. 62, p. 548–553, 2013.

FAGNANI, E.; GUADAGNINI, R.A.; SILVA, G.A.; GUIMARÃES, J.R. Degradação de cafeína e azul de metileno por processos oxidativos avançados (POA). *Holos Environment*, v. 13 n. 1, p. 85, 2013.

GARDINALI P. R.; ZHAO X. Trace determination of caffeine in surface water samples by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-mass spectrometry (LC-APCI-MS). *Environment International*. 2002.