

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA CONTROLE DE QUALIDADE DE DIFUSORES PARA GÁS OZÔNIO

Alves, L.P., Carvalho, H.C., Lima, C.J. e Zângaro, R.A.

Instituto de Engenharia Biomédica, Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO, Parque Tecnológico de São José dos Campos, Estrada Doutor Altino Bondesan, 500, Eugênio de Melo, CEP 12247-016, São José dos Campos, SP, Brasil

e-mail: leandro.alves@unicastelo.br

Abstract: Ozonation efficiency of a liquid medium is determined by parameters such as temperature, pH, flow, viscosity, concentration and especially the area of gas-liquid interaction. The purposes of this work were build and characterize an optical system for measuring the size of bubbles generated by diffusers used for ozonation. A glass cell was built and installed in a microscope. At the entrance of the cell was added a silicon tube with the distal end positioned near the diffuser. The output of the cell was connected to another silicon tube. This tube was connected to a pump. The pump generated a strong enough flux to suck the bubbles toward the glass cell, where a 30 Hz camera recorded the bubbles flow. Each registered bubble was characterized morphologically. The results found showed that the proposed system, even using low-cost components, replicated results found in the literature for similar conditions of generation. Thus, the proposed system is an effective alternative in quality control of diffusers.

Keywords: ozone, diffusion, micro bubble.

Introdução

O uso do gás ozônio para fins terapêuticos ou como agente efetivo no tratamento de água [1], efluentes [2], na esterilização de ambientes hospitalares, industriais e de serviços [3, 4], tem registrado resultados positivos e que impulsionaram o desenvolvimento da área. Novas metodologias de aplicação surgiram visando ampliar as possibilidades de utilização, como o uso do gás dissolvido em água para higienização de alimentos [5], consumo [6], higiene pessoal [7], entre outras. Outra possibilidade de uso do gás ozônio que tem atraído grande atenção na área da saúde é a ozonização de óleos vegetais, principalmente o óleo de girassol, para aplicações tópicas no tratamento de enfermidades como úlcera de pressão [8, 9], doenças de pele como micoses [10], entre outras.

A eficiência da ozonização de um meio líquido é determinada por parâmetros como temperatura, pH, fluxo, viscosidade, concentração e área de interação gás-líquido [11]. A busca pelo aumento da área de interação gás-líquido tem estimulado o desenvolvimento

de diferentes tipos de difusores, que permitam a obtenção de poros cada vez menores, atualmente da ordem de micrometros.

A eficiência do difusor pode ser medida através da morfometria das bolhas geradas, considerando assim todas as influências impostas pelo meio [12].

A proposta deste trabalho é construir e caracterizar um sistema óptico para aferição do tamanho de bolhas geradas por difusores utilizados em ozonização.

Materiais e métodos

O processo de ozonização foi realizado em uma proveta com volume de 500 ml preenchidos com água ultrapura a temperatura de 20°C.

Para gerar as bolhas escolheu-se um difusor de origem mineral, com tamanho de poro da ordem de micrometros.

O difusor foi posicionado no interior da proveta, próximo à base. A conexão entre o difusor e o gerador de ozônio (Medical Systems, OzonLife) foi realizada por mangueira de silicone com diâmetro interno de 4 mm.

O gerador de ozônio foi configurado para gerar 11 mg/l de ozônio mediante alimentação com oxigênio medicinal na vazão de ¼ l/min.

A amostragem das bolhas geradas foi coletada por uma mangueira de silicone com diâmetro interno de 2 mm e comprimento de 20 cm. Uma das extremidades da mangueira foi conectada à entrada de uma célula, construída em vidro, no formato retangular, com 4 cm de comprimento, 1,5 cm de largura e 2 mm de altura. Na saída da célula foi conectada uma segunda mangueira, de mesmo diâmetro da entrada, fechando o circuito hidráulico através de uma bomba de baixa pressão com fluxo contínuo. A célula de vidro foi instalada no campo de trabalho de um microscópio óptico de transmissão (ZEISS, KF2). Na ocular do microscópio foi instalado um sistema de aquisição digital de imagens composto por uma câmera de 12 MP (NOKIA, N8) com capacidade para registrar imagens com resolução de 720 linhas a 30 imagens por segundo. Para todas as medidas foi utilizada magnificação de 10 x. O diagrama esquemático dessa montagem está apresentado na Figura 1.

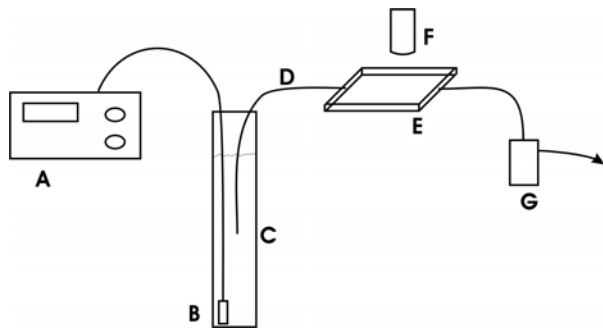


Figura 1: Diagrama esquemático do sistema de captura e medida de bolhas. Onde: A=Gerador de Ozônio, B=Difusor, C=Proveta, D=Mangueira de coleta, E=Célula de vidro, F=Microscópio, G=Bomba.

As bolhas registradas foram caracterizadas quanto ao diâmetro externo, através do programa ImageJ (NIH, versão 1,48) e o resultado apresentado em formato gráfico.

Resultados

Para as medidas de diâmetro de bolha foram registrados vídeos a 30 Hz e posteriormente extraídos os frames através de um programa de edição de vídeos (Microsoft, Movie Maker). A imagem característica de uma bolha é apresentada na figura 2, podendo-se notar grande variação do tamanho das bolhas geradas.

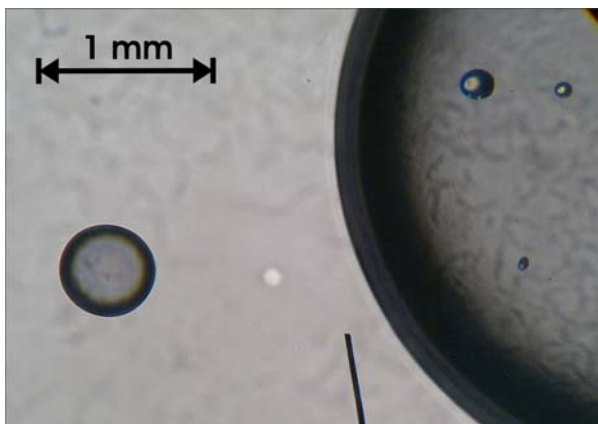


Figura 2: Bolhas no interior da célula.

O programa ImageJ foi calibrado a partir do registro de um padrão com dimensões conhecidas. Durante o processo de calibração foi adotado um único parâmetro para que o mesmo fator de calibração fosse aplicado a todas as imagens a serem processadas.

Para a medida de diâmetro foi utilizada a ferramenta de comprimento fornecida pelo ImageJ, sendo que o traçado da ferramenta considerou o maior comprimento da bolha como sendo o diâmetro.

Do total de 15.660 imagens registradas foram consideradas para medidas apenas as bolhas que estivessem em foco, desconsiderando as bolhas que sofreram deformação por estar em velocidade superior à taxa de atualização do sistema de captura. O total de

bolhas medidas foi de 82 e sua distribuição de acordo com o diâmetro é apresentada na figura 3.

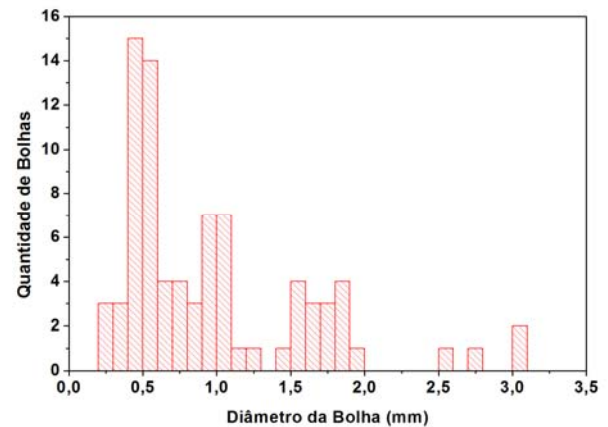


Figura 3: Perfil de distribuição de bolhas em função do diâmetro.

Considerando que o difusor escolhido para esse estudo gera bolhas macroscópicas com diâmetro da ordem de milímetros, e, que esse fato somado a tensão superficial do meio induziram situações de coalescência na entrada da célula de vidro, como consequência desse fenômeno pode-se observar o aparecimento de bolhas com dimensões superiores ao diâmetro da mangueira de coleta, conforme apresentado na figura 4.

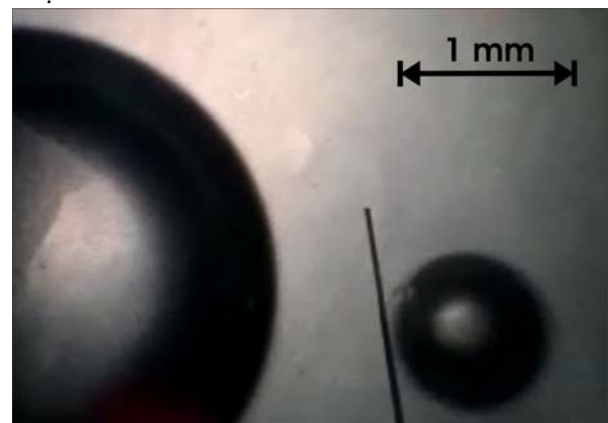


Figura 4: Evento de coalescência durante registro de bolhas.

Discussão

Dentre os principais fatores que determinam o tamanho da bolha podem ser citados o tamanho dos poros do difusor, a tensão superficial do meio líquido em relação ao material do difusor, e a taxa de transferência de massa [13]. No presente caso, utilizando um difusor de cerâmica, obteve-se um perfil de distribuição de bolhas centrado majoritariamente na região de 500 μm .

O conceito de captura de bolhas visando sua aferição de diâmetro tem sido relatado em estudos recentes [11, 14, 15]. Registrar as bolhas através de um microscópio aliado ao processamento digital de imagem permite determinar a eficiência de um determinado difusor em função da área superficial das bolhas. Fundamentalmente, quanto menor o diâmetro de bolhas maior será a área de interface e consequentemente maior a probabilidade de transferência de massa.

Diversas técnicas foram desenvolvidas para medir o tamanho de bolhas. Dentre essas técnicas se podem citar o uso de raio-x, tanto de forma exclusiva quanto combinada com técnicas cinematográficas, além de sensores de pressão e laser [14]. Embora apresente algumas complicações com relação ao arranjo experimental, o método mais simples e direto, além de mais empregado para análise do tamanho das bolhas compreende a análise por imagens [14-17]. As complicações ocorrem principalmente por se tratar de um método intrusivo que dependendo do arranjo pode induzir mudanças morfológicas nas bolhas amostradas.

O fluxo de sucção empregado na captura das bolhas e o diâmetro interno do condutor que guiará as bolhas até a célula de vidro compõem características importantes do sistema. Neste trabalho verificou-se que para o difusor cerâmico, condutores com diâmetro inferior a 2 mm facilitam a coalescência. O fluxo de sucção se traduziu no parâmetro mais complexo de se determinar por se relacionar diretamente com a tecnologia de registro das imagens. Para a tecnologia de registro empregada neste trabalho, onde a taxa de registro é de 30 Hz, estabeleceu o fluxo de 120 ml/min. Para valores acima deste limiar não foi possível registrar bolhas com boa definição de borda em função da aceleração destas.

O tamanho de bolhas registrado pela técnica proposta, da ordem de 500 μm está de acordo com os resultados encontrados na literatura para sistemas semelhantes de geração [14].

Trabalhos futuros envolverão a comparação entre diferentes difusores quanto a morfologia das bolhas, comparativamente a eficiência de ozonização do meio.

Conclusão

Neste trabalho foi avaliado um sistema óptico, de baixo custo, para aferição do tamanho de bolhas geradas por difusores utilizados no processo de ozonização. O grande ganho do sistema proposto é a facilidade de adaptação de sistemas de captura de imagens como câmeras fotográficas não profissionais e até telefones celulares, tal como empregado neste trabalho. A inclusão de sistemas menos nobres de captura de imagem não afetou a qualidade das medidas. Desta forma o sistema proposto representa uma alternativa efetiva no controle de qualidade de difusores.

Agradecimentos

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte financeiro a Henrique C. Carvalho.

Referências

- [1] Martinez, K; Le, V; Choudhury, G; Lathrop, A. Ozone Treatment of Defrost Water for In-Plant Reuse. *OZONE-SCIENCE & ENGINEERING*. 2013; 35(4): 273-282.
- [2] Margot, J.; Kienle, C.; Magnet, A.; et. al. Treatment of micropollutants in municipal wastewater: Ozone or powdered activated carbon? *Science of The Total Environment*. 2013; 461: 480–498.
- [3] Dick Zoutman, MD, FRCPC; Michael Shannon, MD, MSc; Arkady Mandel, MD, PhD, DSc. Effectiveness of a novel ozone-based system for the rapid high-level disinfection of health care spaces and surfaces. *American Journal of Infection Control*. 2011; 39(10):873-9
- [4] SHARMA, M.; HUDSON, J.B. Ozone gas is an effective and practical antibacterial agent. *Applied Epidemiology in Health Care Settings and the Community*. 2008; 36(8): 559-563.
- [5] DA SILVA, SB; LUVIELMO, MD; GEYER, MC; Pra, I. Potential use of ozone in the food processing. *SEMINA-CIENCIAS AGRARIAS*. 2011; 32(2): 659-682.
- [6] CROMPHOUT, J.; GOETHALS, S.; VERDICKT, L. Optimization of the ozone dosage at the drinking water treatment plant of Kluizen. *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY-WATER SUPPLY*. 2013; 13(6): 1569-1575
- [7] QUARESMA, T.C.. APLICAÇÃO DE OZÔNIO E ULTRASSOM NA DESINFECÇÃO DAS MÃOS DE PROFISSIONAIS DA SAÚDE. 25/03/2013. 79p. Dissertação. Universidade Camilo Castelo Branco. São José dos Campos/SP.
- [8] TRAVAGLI, V.; ZANARDI, I.; VALACCHI, G.; et. al. Ozone and Ozonated Oils in Skin Diseases: A Review. *Mediators of Inflammation*. 2010. Article ID 610418, 9 pages
- [9] KIM, H.S.; NOH, S.U.; HAN, Y.W.; et. al. Therapeutic Effects of Topical Application of Ozone on Acute Cutaneous Wound Healing. *J Korean Med Sci*. 2009 Jun;24(3):368-374.
- [10] MENENDEZ, S; FALCON, L; SIMON, et. al. Efficacy of ozonized sunflower oil in the treatment of tinea pedis. *MYCOSES*. 2002 45(8): 329-332.
- [11] Kishimoto N; Nakamura E. Effects of ozone-gas bubble size and pH on ozone/UV treatment. *Ozone: Science & Engineering*. 2011; 33: 396–02.
- [12] Chu L, Xing X, Yu A, Sun X, Jurcik B. Enhanced ozonation of textile wastewater by microbubbles. In: *Proceedings of European Congress of Chemical Engineering; 2007 Sep 16-20; Copenhagen, Dinamarca*. 2007. p. 1-7.

- [13] Burris A. Discovery of factors affecting bubble size in water. – Technical pages. *Water Technology*. 1999; 54-7.
- [14] Rodrigues RT, Rubio J. New basis for measuring the size distribution of bubbles. *Minerals Engineering*. 2003; 16: 757-65.
- [15] Zhang F, Xi J, Huang J, Hu H. Effect of inlet ozone concentration on the performance of a micro-bubble ozonation system for inactivation of *Bacillus subtilis* spores. *Separation and Purification Technology*. 2013; 114: 126–33.
- [16] Kawahara A, Sadatomi M, Matsuyama F, Matsuura H, Tominaga M, Noguchi M. Prediction of micro-bubble dissolution characteristics in water and seawater. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2009; 33: 883-94.
- [17] Khuntia S, Majumder SK, Ghosh P. Microbubble-aided water and wastewater purification: a review. *Reviews in Chemical Engineering*. 2012; 28(4-6): 191–21.