

UV-Ozônio: produção, gestão e utilização

ELVO CALIXTO BURINI JUNIOR
ADNEI MELGES DE ANDRADE

Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo - IEE/USP – Estado de São Paulo – Brasil
elvo@iee.usp.br
adnei@usp.br

EMERSON ROBERTO SANTOS
GERSON SANTOS
FERNANDO JOSEPETTI FONSECA

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP, Departamento de Sistemas Eletrônicos, Grupo de Eletrônica Molecular - GEM – Estado de São Paulo – Brasil
emerson@lme.usp.br, gerson@lme.usp.br, fernando.fonseca@lme.usp.br

Resumo – Fontes de luz elétrica artificial, a descarga em vapor de gases como Xenônio e Mercúrio, adquiridas no mercado local e adaptadas foram caracterizados em termos de emissão em bandas de radiação ultravioleta - UV e capacidade de produção de Ozônio (O_3), sendo observada diferença bastante significativa. A aplicação prática foi compor um reator UV-Ozônio para ser utilizado no tratamento superficial de filmes de Óxido Condutivo Transparente (TCO) depositados sobre vidro. Este substrato transparente tem sido utilizado para montar dispositivos poliméricos: Célula Fotovoltaica e Diodo Emissor de Luz (PLED). Amostras obtidas do Ozônio produzido permitiram ordenar as fontes utilizadas. Para lâmpadas fluorescentes (convencionais e “Luz negra”- BLB) foi registrado máximo de 80 ppb/v (parte por bilhão/volume); para um tipo de lâmpada germicida, 17 ppm/v (parte por milhão/volume) e outro similar, porém, de marca diferente, 1 ppm/v. O ordenamento fica confirmado pelo resultado de emissão UV obtido a partir de sensores nas bandas de: 220 nm a 275 nm, 235 nm a 325 nm. A lâmpada a vapor de Xenônio ficou em posição intermediária, 8 ppm/v e a lâmpada a vapor de Mercúrio a alta pressão, 35 ppm/v, tendo sido esta fonte definida para equipar um reator UV-Ozônio.

Palavras-chave: Radiação Óptica, Iluminação, reator UV-Ozônio.

Abstract – Some artificial electric light source bulbs as HID type (Mercury and Xenon) and Mercury low pressure, obtained commercially and adapted were applied for Ozone production through air irradiation with ultraviolet – UV power. Samples from the Ozone produced it was collected and analyzed to lamp type selection. For fluorescent lamps (conventional and BLB type) the maximum quantity of Ozone produced was 80 ppb/v while germicidal type (one brand) has 17 ppm/v and for a similar type, other brand, 1 ppm/v. These results were confirmed through the UV irradiance, sampled with sensors, which have sensibility between (220 and 275) nm and also in the range of (235 to 325) nm. The Xenon discharge lamp was at an intermediate position, 8 ppm/v. The HID Mercury lamp had 35 ppm/v, because of this high score it was defined as the best lamp type for UV-Ozone reactor arrangement.

Keywords: Optical Radiation, Lighting, UV-Ozone reactor.

Introdução

Ozônio (O_3) é definido na literatura como fator ambiental [1] e tem sido utilizado como recurso natural importante, principalmente, para a qualidade da vida neste nosso planeta [2]. A função de escudo desempenhada ao estar longe de nosso alcance, quando presente em regiões bastante elevadas da atmosfera terrestre, já tem recebido suficiente consideração por diversos meios. A reatividade do O_3 pode ser considerada elevada e sua manipulação requer certos cuidados [3]. A estrutura da molécula do Ozônio não se ajusta à teoria de compartilhamento eletrônico proposta por Lewis, é representada a partir da teoria denominada de ressonância, na qual quatro diferentes arranjos estruturais possuem probabilidade de ocorrer [4]. Ele permite utilizações de interesse, porém, ainda muito pouco difundidas. Talvez a falta de alguma facilidade que permita a produção de Ozônio possa ser uma barreira para a sua maior difusão. Devido ao poder fortemente oxidante, a molécula de Ozônio tem sido utilizada há décadas como coadjuvante na desinfecção de água potável, em substituição ao Cloro e tratamento de uma ampla gama de efluentes, inclusive esgoto urbano são exemplos reais de aplicações para o O_3 e que já ocorrem em diferentes localidades [4].

A síntese de Ozônio pode ser realizada a partir do ar atmosférico ou oxigênio puro e a partir de três diferentes métodos, aquele denominado da descarga elétrica (a arco aberto), o método eletroquímico e método de radiação UV. O armazenamento de O_3 não é recomendado, basicamente devido aos riscos envolvidos, daí ele ser consumido imediatamente após ser produzido. A concentração, a quantidade necessária, a natureza do meio onde o O_3 será utilizado são alguns dos fatores que condicionam a escolha ou indicação do melhor método.

A ocorrência da emissão de O_3 por espécies no reino vegetal tem sido objeto de trabalhos e está documentado na literatura [5]. Para centros urbanos as concentrações médias de Ozônio que podem ser obtidas pela utilização de modelos e simulação computacional, em algumas regiões já passaram a ser monitoradas instrumentalmente. A queima de combustíveis é fator relevante, em particular as emissões advindas da frota veicular circulante. Valores de emissões calculados e medidos para os veículos que circulavam área metropolitana de Porto Alegre, RS, num dia típico do verão de 1996, indicam uma variação diurna do Ozônio urbano com máximo não superior a 25 ppb/v entre 14 horas e 15 horas [6]. A variação horária e diária da concentração de Ozônio está confirmada a partir de registros obtidos para a região de São José dos Campos, entre os dias 9/out./2007 e 13/out./2007 (pelo Laboratório de Ozônio/INPE), que indicam máximo não superior a 80 ppb/v. Outro referencial balizador sobre concentração máxima de concentração de Ozônio de superfície, produzido na área de influência de usina termoeletrica, Campo Grande, MS, no período de 2004 a 2006, indicam máximo não superior a 72 ppb/v [7]. No Brasil, o padrão legal para Ozônio é de $160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (cerca de 80 ppbv a 25°C) estabelecido na Resolução 03/1990 do CONAMA como valor máximo para um período de uma hora, não podendo ser ultrapassado mais de uma vez no ano.

Neste trabalho é apresentada uma proposta capaz de produzir ozônio por um meio relativamente simples. Trata-se da utilização de lâmpadas para luz elétrica artificial que foram adquiridas no mercado local [8,9]. Uma amostra do

Ozônio produzido por cada fonte foi utilizada para classificar a capacidade geradora [9] e definição para o projeto de um reator UV-O₃. A utilização do reator construído e caracterizado é uma extensão ou desdobramento do trabalho em pauta. Para ilustrar com aplicação realizada, o Ozônio produzido foi utilizado no tratamento superficial de filmes de Óxido Condutivo Transparente (TCO), originalmente depositados sobre vidro [10]. Tal material tem sido aplicado como base para montar dispositivos poliméricos: Célula Fotovoltaica e Diodo Emissor de Luz (PLED). A distribuição da irradiância espectral de cada fonte também foi amostrada, e pode ser interpretada como sendo a “impressão digital” da fonte, pois é a sua caracterização espectral, porém, não foi considerada fundamental conforme o escopo deste trabalho e assim será apresentado futuramente. As fontes primárias que estão consideradas são lâmpadas a descarga em vapor de gases como Xenônio e Mercúrio (a alta e baixa pressão). As lâmpadas a vapor de Mercúrio, quando sob baixa pressão e devido à presença de pó fluorescente depositado na parede interna do seu tubo de descarga são genericamente denominadas de fluorescentes.

Metodologia

Os experimentos iniciais para a caracterização da produção de Ozônio a partir de irradiação do ar atmosférico por radiação UV foram realizados utilizando-se de fontes de luz elétrica artificial ou simplesmente lâmpadas comerciais que foram acondicionadas numa câmara ou recinto fechado parcialmente e energizadas a partir da rede elétrica do laboratório e um elemento série apropriado para cada potência nominal (denominado reator), cuja função é lastrear a corrente elétrica. Através de orifício feito numa parede de cada câmara, foi instalado um tubo de material inerte (aparentemente PTFE). A outra extremidade do mesmo foi conectada ao equipamento de medição denominado “Ozone Monitor”. Este equipamento foi conectado (via porta USB) a um microcomputador onde previamente havia sido instalado no *software* denominado “Tera Term” [11] que funcionou gerando registros temporais sobre concentração de ozônio, em arquivos eletrônicos (tipo txt), a partir de comandos estabelecidos. Assim, foi amostrado o ar proveniente do interior de cada câmara em diferentes condições, como lâmpada ligada e desligada, câmara fechada e aberta. O equipamento foi fornecido com acessório (filtro de ozônio) que foi utilizado em procedimento para calibração inicial do nível zero. Mesmo após a calibração referida, conforme o manual de usuário, pode ocorrer variação ou flutuação da ordem de 5 ppb/v (em volume amostrado) o que pode afetar os valores registrados.

Cada lâmpada foi montada no interior da câmara, cujo volume interno foi diferente conforme a família de lâmpada, basicamente devido ao tamanho e forma da lâmpada. Para os experimentos descritos neste trabalho foram utilizados quatro modelos de lâmpada fluorescente tubular 15 W, T8, a saber: Quality D, Light Express LD (convencionais); Luz negra”- BLB e Actínica; quatro lâmpadas tubulares 15 W, T8, tipo germicida (GL), modelos, a saber: White Dove, Light Express, GL e Ecolume; uma lâmpada a descarga em vapor de Xenônio, 35 W, modelo K2 e uma lâmpada a descarga em vapor de Mercúrio a alta pressão (HID) 400 W. As lâmpadas tubulares (fluorescente e GL) ou Xenônio foram montadas no interior de um tubo fechado nas extremidades e a

HID foi montada no interior de um refletor que ficou posicionado sobre uma base de fechamento. Normalmente o registro era iniciado após a lâmpada ter sido montada e a câmara fechada, isto permitia gerar alguns registros para um patamar de referência antes de a lâmpada ficar energizada. Os registros eram mantidos até que alguma estabilização na concentração de O₃ ficasse caracterizada mediante leitura possível no painel do instrumento, cujo último valor de integração realizada e número de ordem respectiva podem ser visualizados. A lâmpada a vapor de Xenônio possui bulbo duplo, no bulbo externo foi feito um furo com objetivo de maximizar a emissão de UV e produção de O₃ pretendida. A lâmpada VMAP teve seu bulbo externo retirado completamente, pela base, também com o objetivo de maximizar a produção de O₃ no interior da câmara. Este efeito possui modelos definidos e está bem descrito na literatura [8, 9, 10].

Um compêndio sobre as características de lâmpadas utilizadas como fonte primária de radiação UV e que possibilitaram a geração de concentração de Ozônio significativa estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Compêndio das características das lâmpadas utilizadas como fonte primária de radiação UV para a geração de concentração de Ozônio.

Marca/Modelo de Lâmpada (identificação)	Descrição / utilização	Potência nominal (W)	Observação sobre modificação ou alteração introduzida
Light Express LD Quality D	Fluorescente / Tubular (T8)	15	Não
Quality (Luz Negra)			
White Dove			
Light Express LE	Germicida / Tubular (T8)	35	Furo no bulbo externo
Ecolume			
K2 Xenônio	Farol de carro / Encaixe	35	Furo no bulbo externo
Sylvania	HID / Rosca Edison	400	Sem bulbo externo

A irradiância ou emissão de três tipos de lâmpadas tubulares (convencional, BLB e GL) foi amostrada utilizando-se três diferentes tipos de sensores, os quais possuem sensibilidade para apresentar resposta nas seguintes bandas: 220 nm a 275 nm, 235 nm a 325 nm e 550 nm a 720 nm. As lâmpadas tubulares (todas: 15 W, T8) foram energizadas com o mesmo reator, tensão de rede similar, distância fonte-detector fixada e na direção ortogonal e central ao tubo de descarga. Três lâmpadas tipo germicida foram utilizadas, utilizando-se como referência (e mantida fora de uso contínuo) aquela que nos levantamentos em câmara, anteriormente, apresentou o valor de concentração de ozônio mais elevado (modelo/marca: Ecolume). Cada fração relativa foi calculada, em porcentagem, para cada sensor e lâmpada respectivamente.

Resultados

Para os experimentos descritos neste trabalho, realizados para a caracterização da produção de Ozônio a partir da irradiação do ar atmosférico com radiação UV, foram utilizadas lâmpadas fluorescentes tubulares tipo: convencional e germicida (GL), uma lâmpada a descarga em vapor de Xenônio, e uma lâmpada a descarga em vapor de Mercúrio a alta pressão –

VMAP (ou do inglês, HPML). Algumas dificuldades tiveram que ser superadas com criatividade, exemplo foi o estabelecimento de movimentação forçada do ar devido à ocorrência de temperaturas bastante elevadas, no caso da lâmpada VMAP, enquanto alguns planos ainda não puderam ser implementados, referencia feita à injeção de oxigênio puro e resfriado, a partir de reservatório ou cilindro dedicado e a lavagem dos gases de saída para minimizar emissão de Ozônio.

As Figuras 1 a 3 apresentam registro temporal respectivo amostrado durante experimento realizado para quantificar a capacidade de produção de Ozônio, a partir do ar atmosférico disponível no interior de uma câmara cilíndrica. No caso da Figura 1 é por uma lâmpada fluorescente tubular convencional, 15 W, T8, marca Quality D, em regime estável, após ser energizada sob tensão elétrica de rede e sob a temperatura do ambiente.

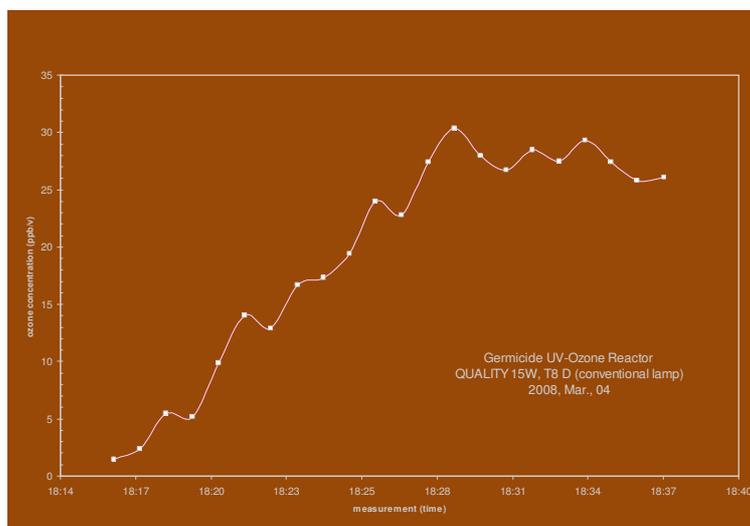


Figura 1 – Concentração de Ozônio produzido por lâmpada fluorescente tubular convencional, 15 W, T8, marca Quality D, confinada no interior de câmara com ar atmosférico e temperatura ambiente.

O valor inicial da concentração de Ozônio, registrado na Figura 1 é da ordem de 2,0 ppb/v, e aumenta a taxa da ordem de 2,5 ppb/v por minuto, chegando (após aproximadamente 10 minutos) à uma estabilidade relativa e da ordem de 27 ppb/v.

A amostragem que foi realizada para outra lâmpada fluorescente convencional, 15 W, T8, marca Light Express LD, em regime estável, após ser energizada sob tensão elétrica de rede e sob a temperatura do ambiente apresentou rampa ou taxa de incremento da ordem de 2,3 ppb/v por minuto, chegando após aproximadamente 9 minutos à uma estabilidade relativa e patamar médio da ordem de 21 ppb/v. No caso do modelo BLB, fluorescente convencional, 15 W, T8, foi registrado um patamar da ordem de 80 ppb/v. A Figura 2 apresenta amostragem realizada para uma lâmpada tubular germicida, 15 W, T8, marca Light Express LE, em regime estável, após ser energizada sob tensão elétrica de rede e sob a temperatura do ambiente.

O valor inicial da concentração de Ozônio, registrado na Figura 2 é relativa a uma condição intermediária, da ordem de 15,7 ppm/v, e aumenta a taxa da ordem de 0,33 ppm/v por minuto, chegando a uma estabilidade em

valor da ordem de 16,6 ppm/v. A amostragem obtida para outra lâmpada tubular germicida, 15 W, T8, marca White Dove, em regime estável, após ser energizada sob tensão elétrica de rede e sob a temperatura do ambiente apresentou rampa ou taxa de incremento da ordem de 0,08 ppm/v por minuto, chegando (após aproximadamente 17 minutos) a uma certa estabilidade da ordem de 1,1 ppm/v.

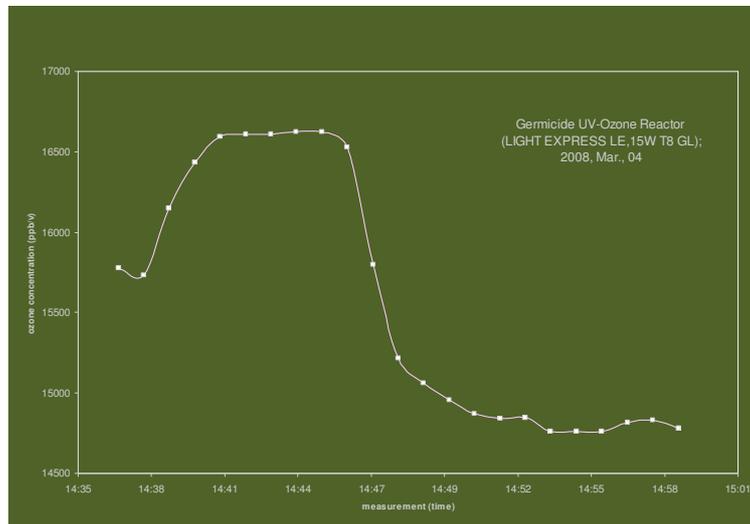


Figura 2 – Concentração de Ozônio produzido por lâmpada fluorescente tubular convencional, 15 W, T8, marca Light Express LE, confinada no interior de câmara com ar atmosférico e temperatura ambiente.

A Figura 3 apresenta a produção de Ozônio, a partir do ar atmosférico disponível no interior de uma câmara cilíndrica, por uma lâmpada a vapor de Xenônio, 35 W, K2, em regime estável, após ser energizada pelo equipamento auxiliar sob tensão elétrica de 12,0 V e a temperatura do ambiente.

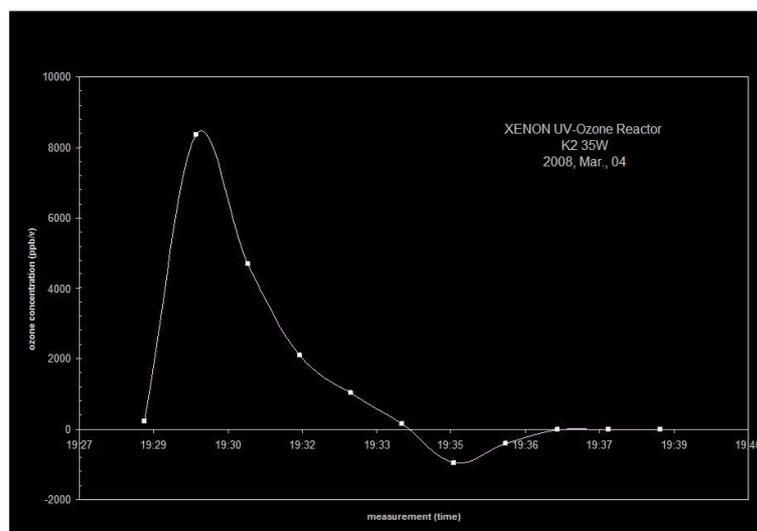


Figura 3 – Concentração de Ozônio produzido por lâmpada vapor de Xenônio, 35 W, K2, confinada, temporariamente, no interior de câmara com ar atmosférico e temperatura ambiente.

O valor máximo da concentração de Ozônio, registrado na Figura 3 é da ordem de 8,2 ppm/v sendo a sua taxa de aumento aproximadamente da ordem de 8 ppm/v por minuto. A reduzida quantidade de registros deve-se ao fato do calor gerado pela lâmpada ser elevado. Isto impediu sua permanência no interior da câmara por período superior e que poderia permitir mais informações.

A Figura 4 apresenta amostragem realizada para uma lâmpada a vapor de Mercúrio a alta pressão, 400 W, em regime estável, após ser energizada (em conjunto com o seu reator) sob a tensão elétrica de rede e sob a temperatura do ambiente.

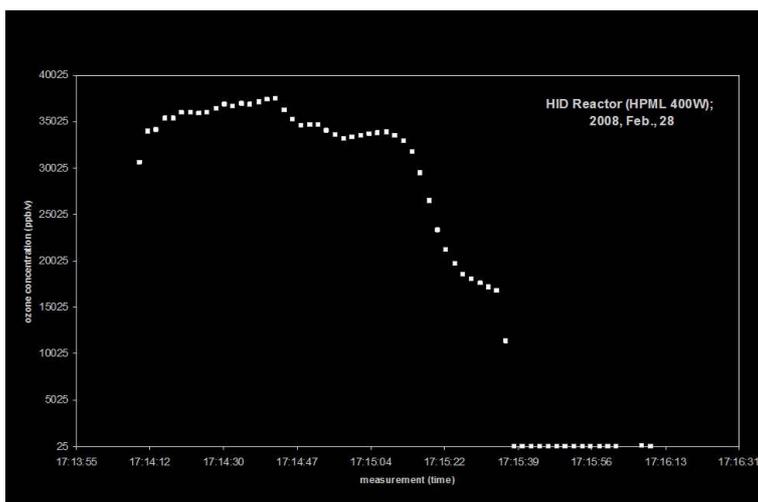


Figura 4 – Concentração de Ozônio produzido por lâmpada a vapor de Mercúrio a alta pressão, 400 W, confinada no interior de câmara (luminária) com ar atmosférico e temperatura ambiente.

O valor inicial da concentração de Ozônio, registrado na Figura 4 é relativa a condição intermediária, entre amostragens sucessivas, da ordem de 30 ppm/v, e chega rapidamente a um certo patamar de estabilidade da ordem de 35 ppm/v.

A emissão relativa da radiação óptica para três modelos lâmpadas tubulares (convencional, BLB e GL), foi amostrada por três diferentes tipos de sensores cuja sensibilidade individual está inserida em uma das três bandas: 220 nm a 275 nm, 235 nm a 325 nm e 550 nm a 720 nm, e são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Emissão relativa de quatro tipos de lâmpadas tubulares amostrada por três tipos de sensores. Referenciais: a) lâmpada fluorescente tubular germicida, 15 W, marca Ecolume; b) reator sob 120 V. Nota: A lâmpada fluorescente tipo Actínica (ultima linha) possui potencia elétrica nominal diferente das demais.

Lâmpada bulbo T8	Largura nominal	Largura nominal	Largura nominal
------------------	-----------------	-----------------	-----------------

(tipo)	de Banda 220 a 275 (nm)	de Banda 235 a 325 (nm)	de Banda 550 a 720 (nm)
White Dove	0,72	0,84	0,83
Light Express LE	0,89	1,03	0,75
BLB (Luz Negra)	-	0,0014	0,36
Actínica	-	0,0057	4,1

A parametrização relativa foi calculada, em porcentagem, para cada sensor e lâmpada respectivamente. A emissão relativa da radiação óptica para os dois modelos de lâmpadas tubulares fluorescentes (BLB ou luz negra e Actínica), amostradas pelos três diferentes tipos de sensores não apresentou emissão na banda mais distante da banda visível, 220 nm a 275 nm, existe registro de emissão relativa apenas para os dois modelos de lâmpada tubular germicida (GL) e com superioridade para o modelo Light Express. Isto também ocorre, igualmente, para a banda seguinte 235 nm a 325 nm. Nesta segunda banda as lâmpadas fluorescentes (BLB e Actínica) apresentam emissão relativa reduzida. Na banda 550 nm a 720 nm, visível, todas apresentam emissão ficando para o modelo LBL o valor de emissão mais reduzido e para a Actínica, o mais elevado como esperado a partir da observação visual. Algumas configurações foram testadas para aperfeiçoar o desempenho do reator UV-O₃, cujos esforços propiciaram outros resultados. Neste trabalho foram apresentados os resultados iniciais, porém, outros registros sobre o desenvolvimento e a aplicação citada estão disponíveis na literatura [8, 9, 10].

Discussão e Conclusões

Fontes de luz elétrica artificial foram adquiridas no mercado local, adaptadas, caracterizadas em termos da capacidade de emissão em duas bandas de UV e produção de Ozônio. Foram utilizadas lâmpadas a descarga em vapor de gases como Xenônio e Mercúrio. Uma amostra do Ozônio produzido e quantificado ao longo do tempo foi aplicada para classificar a capacidade geradora das fontes utilizadas, cuja aplicação prática identificada foi compor a parte primária de um reator UV-Ozônio utilizado no tratamento superficial de filmes de Óxido Condutivo Transparente (TCO) depositados sobre vidro para servir como base para montar dispositivos poliméricos: Célula Fotovoltaica e Diodo Emissor de Luz (PLED).

A esperada produção de Ozônio, mais significativa, pelas lâmpadas germicidas e a vapor de Xenônio não ocorreu.

Ficou confirmado que as lâmpadas fluorescentes, provavelmente devido ao tipo de vidro e camada depositada internamente, não tem capacidade para produzir quantidade significativa de Ozônio. A amostragem realizada para lâmpada fluorescente (convencionais, 15 W, T8), sob a temperatura ambiente apresentou taxa da ordem de 2 ppb/v por minuto, atingindo após

aproximadamente 10 minutos, patamar não superior a 27 ppb/v. No caso do modelo BLB, fluorescente convencional, 15 W, T8, foi registrado um patamar da ordem de 80 ppb/v.

A amostragem realizada para lâmpada tubular germicida, 15 W, T8, apresentou a taxa da ordem de 0,33 ppm/v por minuto, chegando a uma estabilidade da ordem de 16,6 ppm/v. Outra lâmpada de tipo similar, porém, de marca diferente não apresentou valor máximo superior a 1,1 ppm/v. Esta ordem está harmônica com a emissão relativa da radiação óptica para os dois tipos de sensores, nas bandas 220 nm a 275 nm e 235 nm a 325 nm. A lâmpada a vapor de Xenônio ficou em posição intermediária, em 8 ppm/v.

A lâmpada a vapor de Mercúrio a alta pressão apresentou patamar de 35 ppm/v, tendo sido escolhida para compor o reator UV-Ozônio.

Foi demonstrada a viabilidade da produção, e citada uma aplicação já realizada com Ozônio a partir de lâmpadas para luz elétrica comerciais. A utilização de Ozônio em outras áreas, incluindo a ambiental, emerge junto às fronteiras da Gestão Ambiental no Brasil.

Agradecimentos

Ao IAG/USP, em particular a pesquisadora Márcia A. Yamasoe, pela disponibilidade de equipamentos para amostrar Ozônio e radiação óptica.

Ao IEE/USP e PIPGE, em particular a docente responsável pela disciplina ENE5724 - Combustíveis, suas Propriedades e Usos, Prof^a Patrícia Helena Lara dos Santos Matai, onde uma versão deste trabalho pode ser apresentada, em 24/ago./2009, junto aos alunos.

Referências

[1] MIL-STD-810F, ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TESTS, Defense Standardization Program Office (DLSC-LM), Ft. Belvoir, EUA, 539p., 1 January, 2000.

[2] COTRUVUO, J. A. et al. (2004), Waterborne Zoonoses - Identification, World Health Organization, IWA Publishing, London, UK, Disponível em: <<http://www.iwapublishing.com>>. Acesso em: 21 Out., 2005.

[3] NASCIMENTO, Evandro A. et al . Ozonólise das ligninas organossolve e kraft eucalipto. Parte II: cinética nos meios ácido e básico. Quím. Nova, São Paulo, v. 21, n. 5, Oct., 1998.

[4] America Biological Safety Association (ABSA), "Position Paper on the Use of Ultraviolet Lights in Biological Safety Cabinets", 4p., Approved December, 2000.

[5] MAIOLI, Otávio Luiz Gusso et al . Parâmetros bioquímicos foliares das espécies *Licania tomentosa* (Benth.) e *Bauhinia forficata* (Link.) para avaliação da qualidade do ar. Quím. Nova, São Paulo, v.31, n.8, 2008.

[6] IBP24400 ESTUDO DE SENSIBILIDADE DA FORMAÇÃO DE OZÔNIONA REGIÃO URBANA DE PORTO ALEGRE A. Moreira, L. F. Moreira, D. Grosjean,

G. Arbilla Brazilian Petroleum Institute – IBP, presentation at the Rio Oil & Gas Conference held in Rio de Janeiro, Brazil, 16-19 October, 2000.

[7] PAVÃO, H.G. e A Thielle CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO DE SUPERFÍCIE, PRODUZIDO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA TERMELÉTRICA WILLIAN ARJONA, CAMPO GRANDE-MS. 9p.

[8] BURINI JUNIOR, E.C., et al Nota Técnica ao GEM – primeira minuta, SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NA BANDA UV PARA TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES, Grupo de Eletrônica Molecular – GEM, Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE e EPUSP, *São Paulo, Capital*, 6p., 18 de Dezembro, 2006.

[9] BURINI JUNIOR, E.C. Apresentação oral feita durante o Segundo Colóquio do Grupo de Eletrônica Molecular – GEM, Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE e EPUSP, *São Paulo, Capital*, 31 de Março, 2008.

[10] Santos, E. R. (2009), *ESTUDOS DE TRATAMENTOS SUPERFICIAIS EM SUBSTRATOS DE ÓXIDOS TRANSPARENTES CONDUTIVOS PARA A FABRICAÇÃO DE DISPOSITIVOS POLIMÉRICOS ELETROLUMINESCENTES*, Tese de doutorado: seção 2.3 (p.41-50), seção 4.3.1 (p.125-128) e Apêndice A.5 (p.211-219), apresentada junto ao Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, EPUSP / USP, São Paulo, 219p., 04/fev./2009.

[11] TERANISHI, T. (1994-1997), software “Tera Term” utilizado com equipamento denominado “Ozone Monitor”.

[12] Disciplina ENE5724
Combustíveis, Suas Propriedades e Usos

Contato

Universidade de São Paulo - Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE/USP
Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289; CEP 05508-010, Butantã, Cidade
Universitária, São Paulo Capital.
telefones: 011 3091 2572 ou 2579; fax: 011 3812 9251; e-mail: elvo@iee.usp.br