

# ANÁLISE DE CLARIFICAÇÃO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS UTILIZANDO GERADOR ELETRÔNICO DE OZÔNIO

W. MAIDANA<sup>1</sup>, C. KREUTZ<sup>2</sup> e R. BERNARDI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Eletrônica.

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Ambiental

E-mail para contato: [wellington-maidana@hotmail.com](mailto:wellington-maidana@hotmail.com)

**RESUMO** – O presente trabalho apresenta uma análise da clarificação de efluentes resultantes de dois setores industriais: a indústria têxtil e frigorífica, utilizando ozônio que é uma alternativa que não agride a saúde humana e está presente na natureza, também possível de ser gerado através de um sistema eletrônico. Para obter os resultados apresentados neste trabalho utilizando os efluentes têxteis e de frigorífico foram separados em alíquotas de 100 ml. Os dois efluentes foram submetidos ao tratamento utilizando ozônio em um intervalo de tempo que variou de 60 a 540 segundos, sendo visível a ação de clarificação do ozônio nos testes realizados com estes efluentes.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Água

A água é um patrimônio da humanidade, um elemento visto antes como inesgotável sendo vital para todos os ecossistemas e sociedades humanas, devendo ser compartilhada com as gerações atuais e futuras que habitam as bacias hidrográficas e suas fronteiras.

No Brasil, através da Lei Federal Nº 9433, de 08.01.1997 que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água passa a ser reconhecida como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico.

Um dos principais problemas que surgiram neste século foi a crescente contaminação dos recursos hídricos. A água sempre foi utilizada para nosso benefício uma vez que, com boa qualidade e suficiência gera riquezas, desenvolvimento e propicia vida saudável. Com o crescimento das cidades e a Revolução Industrial houve um aumento considerável do seu consumo o que levou a uma preocupação universal em se evitar episódios de contaminação ambiental com este bem natural.

## 1.2. Efluente Têxtil

Desde o início das civilizações há relatos da utilização de corantes. Os corantes sintéticos são extensivamente utilizados na indústria têxtil, gráfica, fotográfica e como aditivos em derivados de petróleo, existem aproximadamente 10.000 tipos diferentes corantes e pigmentos que são usados na indústria.

O setor têxtil possui um destaque especial, já que seu grande parque industrial instalado pode produzir grandes volumes de efluentes, se não tratados corretamente, podem gerar sérios impactos ambientais. A indústria têxtil possui efluentes altamente coloridos, devido ao corante utilizado no tingimento, o que não se fixa na fibra durante o processo acaba sendo descartado (LIN e LIN 1993).

As indústrias têxteis e as lavanderias têm a água como um de seus principais insumos, utilizada em grandes volumes. Estima-se que, para produzir 1 kg de tecido, sejam necessários 80 L de água. Com a tendência de crescimento das duas atividades, a captação também deverá aumentar. Pesquisa da ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção apontou alta de 16,5% ao ano, em média, entre 2006 e 2010. Segundo a entidade, existem hoje no país 23 empresas de fibras, 4725 indústrias têxteis e 26 176 confecções. Já o último levantamento da ANEL – Associação Nacional das Empresas de Lavanderia, de 2009, mostrou faturamento anual de mais de R\$ 2,5 bilhões e previsão de 25% de crescimento para os cinco anos seguintes. Como não é possível eliminar o uso da água na cadeia produtiva, muitas empresas estão investindo em estações de tratamento com finalidade de reuso (REZENDE 2012). Nos processos das indústrias têxteis e lavanderias, grande parte da água consumida não é incorporada ao produto final e cerca de 80% se torna efluente altamente heterogêneo e poluente.

Atualmente, as indústrias têm utilizado seus tratamentos baseados em processos físicos e biológicos que, apesar de apresentarem certa eficiência na remediação de efluentes, apresentam inúmeras limitações.

## 1.3. Efluentes Líquidos de Frigoríficos

No setor alimentício os aspectos e impactos ambientais dos frigoríficos e matadouros estão totalmente ligados ao alto consumo de água e à geração de efluentes líquidos com alta carga poluidora. Segundo a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo), cerca de 80 a 90% da água consumida durante o processo de produção e abate nos frigoríficos é descarregado como efluentes líquidos com alta carga orgânica e resíduos sólidos. Um ponto importante é que esses efluentes gerados possuem altos valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) parâmetros utilizados para quantificar carga poluidora orgânica nos efluentes. Ressalta ainda que o sangue tem a DQO mais alta de todos os efluentes líquidos gerados no processamento de carnes. Sangue líquido bruto tem uma DQO em torno de 400g/l, uma DBO de aproximadamente 200g/l e uma concentração de nitrogênio de cerca de 30g/l.

Esta preocupação na geração de efluentes em larga escala tem impulsionado as indústrias a práticas do reuso da água tratada que corresponde aos padrões sanitários para ser reinserida novamente no processo industrial.

## **1.4. O Ozônio**

O Ozônio, que é um elemento composto por três átomos de oxigênios, esta presente na estratosfera e é responsável por agir como filtro dos raios ultravioleta que são emitidos pelas radiações solares (Amorim 2004). Ele também é um poderoso oxidante, bactericida e desinfetante que purifica a atmosfera. Uma das principais vantagens de se utilizar o ozônio como agente oxidante é que não há produção de resíduos nocivos à saúde humana, pois sua ação oxidante produz como subproduto apenas oxigênio (Souza,2006).

O ozônio reage facilmente com a maior parte dos corantes utilizados nas indústrias têxteis. De maneira geral, o ozônio apresenta características biocidas, eliminando bactérias, vírus, matéria orgânica e microorganismos. Em geral, tem eficiência maior que o cloro e, uma vez diluído em água, não deixa subprodutos (Bonaldo, 2010). Os benefícios técnicos se juntam aos benefícios econômicos. Uma vez implementado, o tratamento utilizando ozônio, se mostra mais barato para se operar do que o método com cloro (BISPO & FLAIBAM apud ARAUJO et. al, 2012).

A produção do ozônio utilizando o gerador de ozônio ocorre através do “processo corona”, o qual consiste em aplicar uma descarga elétrica em um fluxo de ar ou oxigênio. De difícil transporte e armazenamento, o ozônio é produzido próximo ao local a ser utilizado (Di Bernardo,1993). As descargas elétricas quebram a molécula de  $O_2$ , permitindo a recombinação em  $O_3$ . A reação ocorre em um reator composto por dois tubos metálicos concêntricos e um tubo de vidro utilizado como dielétrico. A atuação do reator pode ocorrer através da alimentação de um transformador elevador de tensão, conectado diretamente à rede. Porém, a baixa frequência com que a rede opera torna esta opção pouco viável, pois o transformador se torna grande e pesado. Além disto, a descarga seria mantida por um tempo relativamente longo, podendo causar avarias à célula devido ao superaquecimento ( Bonaldo, 2010 ). Atualmente existem vários circuitos eletrônicos de potência que torna possível o funcionamento do reator com maior eficiência.

## **2. OBJETIVOS**

Buscando uma alternativa para solucionar um dos principais problemas que afligem a nossa sociedade, a poluição dos leitos dos rios com efluentes que podem agredir a natureza, afetar a saúde e a qualidade da humanidade. Este trabalho visa demonstrar a eficiência do processo de clarificação de efluentes de processos industriais através do tratamento com ozônio e propor levantamento de estudos sobre possível desinfecção destes efluentes através do processo de ozonização.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. O Sistema Utilizado**

Para a realização dos testes foi necessário utilizar um reator construído com uma mangueira transparente com um dispersor (pedra porosa de aquário) no seu interior por onde o ozônio é injetado. Conforme pode ser visto na figura 2.



Figura 2 – Reator.

O equipamento utilizado para a produção de ozônio (SCHIAVON, 2012), conforme a figura 3, possui duas células geradoras de ozônio de modo a garantir 1,2 g O<sub>3</sub>/h a uma vazão de 9 L/min de ar.



Figura 3 - Gerador de Ozônio.

O fluxo de ar com vazão de 9 L/min foi gerado com o auxílio de um compressor de ar e um fluxômetro. A figura 4 mostra o sistema completo utilizado nos testes.



Figura 4 - Sistema completo utilizado para os testes.

## 3.2. Efluentes Utilizados

### 3.2.1. Efluente têxtil

Preparou-se para os testes preliminares uma mistura contendo água com corante para tecido (Tingecor - Guarani) na cor vermelha para simular um efluente têxtil. Tal mistura pode ser vista na figura 5.



Figura 5 - Efluente Têxtil.

### 3.2.2. Efluente de Frigorífico

Para realização dos testes utilizando efluentes de frigorífico, foi feita a coleta deste efluente em um frigorífico da região de Campo Mourão – PR.

O efluente que foi utilizado passa por um pré-tratamento. Na figura 6 mostra a fase inicial do pré-tratamento, nesta fase é retirado parte dos resíduos sólidos presentes no efluente assim que retirado do frigorífico.



Figura 6 - Efluente primário retirado do frigorífico.

Após a retirada de parte dos resíduos sólidos presentes o efluente é direcionado a uma lagoa (Figura 7) onde se deposita este efluente.



Figura 7 - Lagoa com Efluente.

Em seguida o efluente passa para outra lagoa onde é acrescentado óxido de cálcio e acionadas algumas bombas que ajudam no processo de oxigenação, eliminação do odor e algumas substâncias presentes no efluente.



Figura 8 - Lagoa onde se realiza tratamento com óxido de cálcio.

A figura 9 mostra o local onde foi coletado o efluente do frigorífico para o tratamento com ozônio. O efluente contido nesta lagoa é, hoje, descartado em um rio próximo ao frigorífico.



Figura 9 - Lagoa onde foram retiradas as amostras de efluente para o tratamento com ozônio.

### 3.3. Metodologia

A realização dos testes ocorreu da seguinte forma:

Os efluentes têxteis e de frigorífico foram separados em alíquotas de 100 ml. O efluente têxtil foi submetido ao tratamento utilizando ozônio no intervalo de tempo de 60 a 120 segundos. Já o efluente coletado na lagoa do frigorífico foi submetido a testes nos intervalos de 180 a 540 segundos.

Para os testes, como já foi citado, usou-se um compressor de ar com o fluxômetro regulado para uma vazão de 9 L/s. O fluxômetro estava conectado em um tubo que injetava ar na célula de geração de ozônio. O gerador de ozônio foi alimentado por uma tensão de 127 Volts por aproximadamente 15 segundos até estabilizar a geração de ozônio. Após esse tempo o gerador era conectado ao reator, injetando ozônio no efluente. Após passar pela ozonização o efluente foi armazenado em recipientes para visualização dos resultados.

## 4. RESULTADOS DA PESQUISA E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise com Efluente Têxtil

Para a análise com efluente têxtil foram realizados testes nos seguintes intervalos de tempo: 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 segundos. Sendo possível visualizar na figura 10 os resultados obtidos através do tratamento com ozônio em cada amostra.



Figura 10 - Resultados obtidos através do tratamento com ozônio.

Cada amostra de 100 ml de efluente sofreu injeção de ozônio em intervalos diferentes de tempos. Da esquerda para a direita tem-se: amostra inicial, após 60s, 70s, 80s, 90s, 100s, 110s, 120s. Os frascos estão organizados de forma conforme o tempo no qual foram submetidos ao tratamento, sendo o primeiro frasco o efluente não tratado e o último, o efluente que recebeu maior quantidade de ozônio.

### 4.2 Análise com Efluente de Frigorífico

Primeiramente utilizou-se o efluente em um teste para determinar quanto tempo o efluente clarifica com o tratamento com ozônio, utilizou-se 100 ml em um teste de 600 segundos. Observando que após 540 segundos o efluente já adquire uma boa claridade, foi realizado testes nos seguintes intervalos: 180, 360 e 540 segundos.

Os resultados obtidos estão presentes na figura 11, sendo o primeiro frasco a amostra retirada da lagoa apresentada na figura 9.

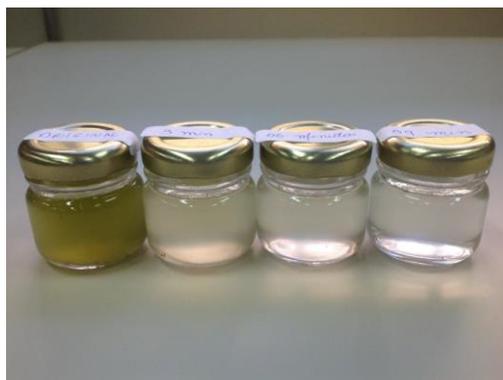


Figura 11 - Efluentes de frigorífico tratados com ozônio. Cada amostra de 100 ml recebeu ozônio nos

tempos de, da esquerda para a direita, 180, 360 e 540 segundos sendo que a primeira amostra é do efluente não tratado.

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Embora trate-se de resultados preliminares, pode-se observar através dos testes realizados que o ozônio age com eficiência na clarificação dos dois efluentes analisados. Para garantir que os resultados não passam de um mero efeito visual será preciso caracterizar física, química e biologicamente o que resultou desse processo de clarificação para podermos verificar a real eficiência do ozônio, também, no processo de tratamento desses efluentes.

## 6. REFERÊNCIAS

AMORIM, Alexandra de; LARA, Moisés da Silva **O que é Ozônio?** 2004 Disponível em: <<http://bohr.quimica.ufpr.br/~dallara/camada.html>>. Acesso em 16/07/ 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ISO 14.001:2004. **Sistema de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso.** Disponível em <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1547>. > Acesso em : 11/08/2013.

BONALDO, J. P. **Conversores para alimentação de células geradoras de ozônio.** Dissertação de Mestrado -- Campinas, SP: [s.n.], 2010.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água.** Rio de Janeiro : ABES, 1993. v.2

LIN, S. H. e LIN, C. M. **Treatment of Textile Waste Effluents by Ozonation and Chemical Coagulation.** Water Research. v.27, n.12, p.1743-1748, 1993.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE / CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução Nº 54, de 28 de nov. 2005. Diário Oficial da União. Brasília, 09 mar. 2006.

RESENDE, Leticia Passos. **Reuso na indústria têxtil e lavanderias.** Revista Hydro, São Paulo, ano 6, n.66, p.14-19, abr. 2012. Disponível em: <<http://sindlav.com.br/wpcontent/uploads/2012/05/H66-Especial.pdf>> Acesso em: 15/07/2013

SCHIAVON, G. J. **Modelagem, desenvolvimento e análise de um sistema gerador de ozônio, operando em alta frequência com controlador digital de sinais.** 265 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2012.

SNATURAL., **Tratamento da água com ozônio.** Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/Tratamento-Agua-Ozonio.html>> Acessado em: 05/08/2013.

SOUZA J. B. d.. **Avaliação de métodos para desinfecção de água, empregando cloro, ácido peracético, ozônio e o processo de desinfecção combinado ozônio/cloro.** São Carlos: USP,2006, Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.