

SUMÁRIO

A CONDUTIVIDADE DA ÁGUA COMO INDICADOR DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE ELETRODIÁLISE

A IMPORTÂNCIA DAS FERRAMENTAS DE CORTE COM TECNOLOGIA AGREGADA PARA A PRODUTIVIDADE EM OPERAÇÕES DE TORNEAMENTO

ANÁLISE DE DESGASTE UTILIZANDO FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL EM UMA TURBINA DE JATEAMENTO A GRANALHA DE AÇO.

ANÁLISE DE PRÁTICAS DE GESTÃO AMBIENTAL EM INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE MATERIAL PLÁSTICO

APLICAÇÃO DE ELETROOXIDAÇÃO NO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO E AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE EM ALLIUM CEPA E LACTUCA SATIVA

APLICAÇÃO DE PROCESSO DE OSMOSE INVERSA PARA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA INDUSTRIAL DE EMPRESAS PETROQUÍMICAS DO RIO GRANDE DO SUL

APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DO LICOR PIROLENHOSO

ARGAMASSAS À BASE DE RESÍDUO DE CARVÃO VEGETAL (RCV)

AVALIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ELETROQUÍMICAS DE MEMBRANAS ION SELETIVAS HETEROGÊNEAS PARA APLICAÇÃO EM ELETRODIÁLISE

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ELETRODIÁLISE NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

AVALIAÇÃO DO TRASPORTE IÔNICO DE MEMBRANAS ÍON SELETIVAS HETEROGÊNEAS APLICADAS EM ELETRODIÁLISE

COMPARATIVO DAS CONDIÇÕES DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO EM MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO VALE DO RIO DOS SINOS

DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS REGENERATIVAS TECIDUAIS PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE LESÕES DE PELE

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA CASCA DA BANANA VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO PROCESSO DE ELETRODIÁLISE

REMOVAL OF DICLOFENAC FROM AQUEOUS SOLUTION USING POTATO PEEL WASTE BASED ACTIVATED CARBON

REUSO EM CASCATA DA PURGA DE ÁGUA DE MANCAL PARA REPOSIÇÃO DE PERDAS EM TORRE DE RESFRIAMENTO

REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA CALÇADISTA: UMA OPORTUNIDADE DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE POLI(ÓXIDO DE 2,6-DIMETIL-1,4-FENILENO) BROMOMETILADO PARA PRODUÇÃO DE MEMBRANA ANIÔN SELETIVA

SISTEMA DE ACOPLAMENTO HIDRÁULICO OTIMIZADO PARA TRATORES

SULFONAÇÃO DO POLI ÓXIDO DE 2,6-DIMETIL-1,4-FENILENO (PPO) E CARACTERIZAÇÃO POR FTIR

TRATAMENTO DE GLICERINA POR ELETRODIÁLISE

USO DE MATERIAIS ELETROELETRÔNICOS RECICLADOS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL

A CONDUTIVIDADE DA ÁGUA COMO INDICADOR DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE ELETRODIÁLISE

Aline Bauer Lacerda¹

Luciana Ely Bacher²

Cristiano de Oliveira³

Marina Allgayer⁴

Marco Antônio Siqueira Rodrigues⁵

Palavras-chave: Eletrodiálise. Tratamento de água. Condutividade.

INTRODUÇÃO

O lançamento de efluentes sem tratamento, ou de efluentes oriundos de processos de tratamento ineficientes, contaminam os mananciais. Entretanto, a água para abastecimento público é coletada, muitas vezes, dos corpos hídricos que recebem estes efluentes. As tecnologias convencionais de tratamento da água para produzir água potável podem não remover certos compostos ou, até mesmo, não atingir os padrões definidos pela legislação. Assim sendo, novas tecnologias estão sendo aplicadas e avaliadas para tratamento complementar de água, tendo em vista a necessidade de remover compostos remanescentes do tratamento convencional.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os processos de separação por membranas (PSM) possuem desenvolvimento e aplicações efetivas recentes, tendo início na década de 1970. No ramo de tratamento de águas os PSM são utilizados para dessalinização, eliminação de traços orgânicos, tratamento de esgotos domésticos, desmineralização de água para caldeiras e produção de água ultrapura para indústria de eletrônicos. Estes processos são classificados conforme a força motriz da

¹ Aline Bauer Lacerda, mestranda em Tecnologia dos Materiais e Processos Industriais na Universidade Feevale, graduada em Engenharia Química na Universidade Luterana do Brasil.

² Luciana Ely Bacher, possui Mestrado em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale, graduada em Engenharia Química pela UFRGS.

³ Cristiano de Oliveira, graduando de Farmácia na Universidade Feevale.

⁴ Marina Allgayer, graduanda de Gestão Ambiental na Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

⁵ Marco Antônio Siqueira Rodrigues, Pós-Doutor em Eletroquímica (Universidade Politécnica de Valência – Espanha), docente nos programas de pós-graduação em Qualidade Ambiental (mestrado e doutorado).

separação e o tamanho das partículas retidas. No processo de eletrodiálise (ED) a força motriz é a diferença de potencial elétrico (HABERT, 2006).

Na ED a corrente elétrica é utilizada para transportar íons através de uma membrana semipermeável, reduzindo o teor de sólidos dissolvidos da água de alimentação (VON GOTTBORG; PERSECHINO; YESSODI, 2005). Os íons são atraídos pelos eletrodos de cargas opostas e passam pelas membranas íon-seletivas, os cátions pelas membranas catiônicas e os ânions pelas aniônicas.

A célula de ED é formada basicamente por um conjunto de membranas aniônicas e catiônicas organizadas alternadamente entre dois eletrodos, um ânodo (pólo positivo) e um cátodo (pólo negativo), separadas por espaçadores, formando compartimentos individuais nos quais as soluções possam circular. *Stack* é o conjunto formado por membranas, espaçadores e eletrodos dispostos em um arranjo compacto do tipo filtro-prensa (BACHER, 2011).

O objetivo deste trabalho é a avaliação da redução da condutividade elétrica da água após tratamento com ED. A condutividade está relacionada com o teor de sais dissolvidos, ou seja, com os íons presentes na solução.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado na ETA da empresa COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo, no município de Novo Hamburgo/RS. Foi utilizado um equipamento de ED denominado Equipamento Desmineralizador EDR 0,25 – 100 1E 1s 1e, ou Unidade de Eletrodiálise, da marca Hidrodex. O *stack* é composto por 100 membranas. O equipamento é apresentado na Figura 1.



Figura 1 - Sistema de eletrodiálise – vistas I e II

A COMUSA utiliza processo de tratamento de água físico-químico tradicional. O equipamento de ED foi alimentado com água proveniente do processo de filtração, ou seja, água que chegou à fase final do tratamento, antes da cloração e da fluoretação.

As análises foram realizadas em um condutivímetro da marca Digimed, modelo DM-32, a partir de simples medição com sonda. Foram coletadas amostras de água filtrada, (alimentação), produto (diluído) e rejeito (concentrado) diariamente. Também foram realizadas análises de pH em medidor da marca Digimed, modelo DM-22.

O equipamento de ED foi instalado na ETA da COMUSA em 28/01/2015. O teste foi realizado com três diferentes configurações, obtendo eficiências de redução de condutividade distintas, conforme descrito junto aos resultados.

RESULTADOS

De início, a densidade de corrente de utilizada foi de $0,05 \text{ mA.cm}^{-2}$ e o potencial de 187V, sendo a vazão de produto de 250 L.h^{-1} . A partir do monitoramento realizado de 28/1/2015 até 17/4/2015 verificou-se uma redução média de condutividade elétrica de 73%.

Em 22/4/2015 foi iniciada a recirculação parcial, com redução da vazão de diluído para 190 L.h^{-1} . No entanto, não observou-se melhora na redução da condutividade do produto, sendo retomada a condição inicial, sem recirculação, em 25/5/2015. Durante este período a eficiência foi de 52%, inferior ao resultado do teste sem a recirculação.

Também em 25/5/2015 iniciou-se uma nova fase do teste, com aumento da voltagem para um valor médio de 257V. A partir desta data verificou-se uma redução média de condutividade elétrica de 70%. Esta condição foi mantida até 04/08/2015. A eficiência foi similar à encontrada na primeira fase do experimento.

Adicionalmente, foi observada uma tendência à redução de pH no produto da ED, em 56% das amostras, verificou-se pH inferior a 6,0. A Portaria nº2914/2011 do Ministério da Saúde recomenda que o pH da água potável seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

As condutividades médias encontradas durante o experimento foram: água filtrada $80 \text{ } \mu\text{S}$, produto da ED $25 \text{ } \mu\text{S}$, em rejeito $134 \text{ } \mu\text{S}$. O comportamento da condutividade da alimentação e do produto é apresentado na Figura 2.

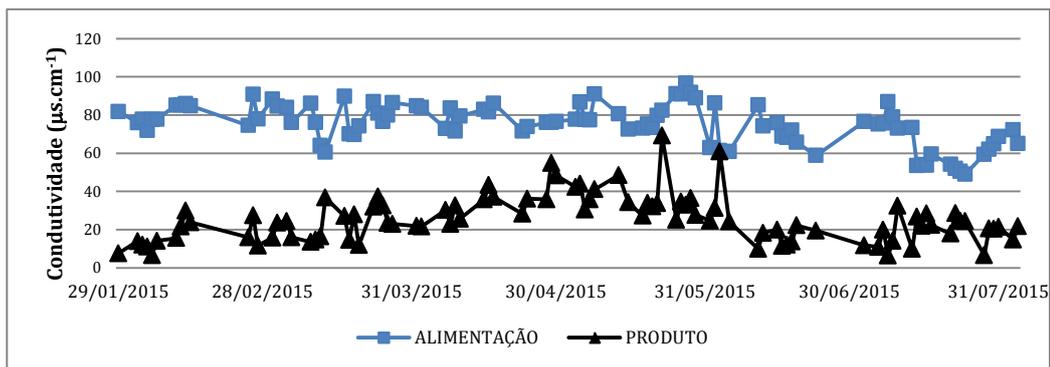


Figura 2 - Gráfico de avaliação da condutividade

DISCUSSÃO

A condutividade elétrica relaciona-se ao teor de salinidade, e indica a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica. Embora não seja um parâmetro integrante do padrão de potabilidade de água brasileiro e, também por isso, somente monitorado internamente nas estações, constitui-se importante indicador de redução da concentração de sólidos dissolvidos.

No experimento, a condutividade do produto diminuiu consideravelmente em relação à alimentação. Esperava-se que fossem obtidas melhores eficiências ao empregar os recursos de recirculação no fluxo do diluído e de aumento de tensão, no entanto, isso não ocorreu.

Apesar de ser observada a redução expressiva (73%) na concentração de íons da água tratada por ED, não houve redução da condutividade com o aumento do potencial. É possível concluir que são necessários alguns ajustes na operação do equipamento, como o aumento do potencial elétrico em conjunto com a limpeza química das membranas.

Ao se desmontar o *stack* para verificação, observou-se que as membranas estavam incrustadas, conforme Figura 3. A provável causa são flocos oriundos do processo de tratamento, remanescentes após a etapa de filtração na ETA. Por este motivo, foi necessário realizar uma limpeza química das membranas, após 6 meses de uso do equipamento.



Figura 3. Membranas incrustadas – vista geral e detalhe

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, foi observada melhor eficiência na redução da condutividade na fase inicial do teste, mesmo sendo empregados recursos de recirculação e aumento de potencial nas fases subsequentes. Verificou-se necessidade de limpeza química das membranas e de instalação de um filtro de cartucho, para remoção de flocos que possam estar presentes na água filtrada que alimenta o equipamento de ED. Após estes procedimentos, serão retomados os testes.

REFERÊNCIAS

BACHER, Luciana Ely. **Purificação da glicerina gerada na produção de biodiesel por eletrodialise**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Feevale, Novo Hamburgo-RS, 2011 Disponível em: <http://biblioteca.feevale.br/Dissertacao/DissertacaoLucianaBacher.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

HABERT, Alberto Claudio; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. Processos de Separação por Membranas. Rio de Janeiro: Ed. E-papers, 2006. Cap. 1.

VON GOTTBERG, Antonia; PERSECHINO, Janet; YESSODI, Amiram. **Integrated Membrane Systems for Water Reuse**. Treviso: Ge Water&ProcessTechnologie, 2005. 6 p. Disponível em: <<https://www.gewater.com>>. Acesso em: 27 abr. 2015

A IMPORTÂNCIA DAS FERRAMENTAS DE CORTE COM TECNOLOGIA AGREGADA PARA A PRODUTIVIDADE EM OPERAÇÕES DE TORNEAMENTO

Jéssica Rossana Richel¹
Angela Beatrice Dewes Moura²

Palavras-chave: Usinagem. Ferramentas de Corte. Torneamento.

INTRODUÇÃO

A execução do processo de usinagem, com a aplicação correta das ferramentas de corte resulta em redução de custos para as indústrias na fabricação de peças, além de agregar valor ao produto final. A combinação otimizada dos parâmetros de corte reduz o tempo de usinagem e aumenta a disponibilidade da demanda, mas pode afetar a vida útil da ferramenta, interferindo nos custos.

Para que as indústrias empreguem o máximo dos seus recursos de usinagem e obtenham economia, a seleção da ferramenta adequada de corte é um dos fatores decisivos para o processo. Beneficiando este setor em expansão, a tecnologia avançou inovando as ferramentas de corte por meio de materiais com propriedades químicas, físicas e mecânicas avançadas, com geometrias de corte diferentes, ângulos positivos, fixações mais robustas, entre outros.

Segundo a Iscar (2015) as ferramentas de torneamento *standard* ISO (*International Organization for Standardization*) podem ser utilizadas na maioria das operações de usinagem da indústria de metalúrgica englobando tanto o desbaste quanto o acabamento. Entretanto, em relação às ferramentas *standard*, as ferramentas de corte inovadoras possuem um sistema de fixação mais rígido e pastilhas com arestas de corte radiais positivas, helicoidais e ângulos de ataque positivos, ou seja, uma combinação que reduz substancialmente as forças de corte. O desenvolvimento destas ferramentas leva em consideração os movimentos de usinagem, a influência dos parâmetros de corte, a vida útil

¹ Engenheira de Produção pela Universidade Feevale, aluna do Mestrado de Tecnologia de Materiais e Processos Industriais na Universidade Feevale, é engenheira de aplicação na Iscar do Brasil.

² Doutora em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atua como professora titular do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Feevale.

das ferramentas, seu comportamento e seu desgaste na operação que será realizada, as propriedades da matéria-prima.

Neste sentido, considerando a grande oferta de diferentes tipos de ferramentas atualmente desenvolvidas, se faz necessário o conhecimento destas e da confrontação com as ferramentas *standard* ISO já utilizadas nas operações de usinagem de torneamento. Em função destas percepções, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência das ferramentas de corte com tecnologia agregada e seus parâmetros na produtividade da usinagem (tempo de corte, taxa de remoção de material, potência e custos), em uma operação de torneamento de desbaste. Para isto será realizado um levantamento bibliográfico; um planejamento do experimento; testes de usinagem de torneamento de desbaste, coleta e análise dos seus resultados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A USINAGEM

De acordo com a NBR 6175 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6175:2015), que estabelece a nomenclatura, a definição e a classificação dos processos mecânicos de usinagem, e Ferraresi (1977), como processo mecânico de usinagem, entende-se o processo mecânico que, mediante a remoção do cavaco³ por determinada ferramenta, visa conferir a uma peça a forma, ou as dimensões ou o acabamento especificado, ou ainda uma combinação qualquer destes três itens. A essência da usinagem (Figura 1) é alcançar a perfeição da matéria, Marcondes (1990) contempla que o formato final aproximado da peça, antes da usinagem, é adquirido pelos processos de conformação (forjamento, laminação, trefilação, etc.) ou na própria fundição, deixando a usinagem cumprir seu papel de oferecer acabamento, precisão, qualidade e adequação do produto às necessidades emergentes.



Figura 1: Diversos tipos de usinagem (ISCAR 2015)

³ Cavaco é a porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular (ABNT NBR 6175:2015 e FERRARESI, 1977, p.XXV).

Ao caracterizar o processo de usinagem, Santos (2007) o divide em duas categorias, de acordo com a energia empregada, sendo a usinagem convencional e a não-convencional. Na usinagem convencional o material é retirado por cisalhamento devido à ação de uma ferramenta de corte⁴, como exemplos têm-se os processos de torneamento, fresamento, furação, alargamento, rosqueamento, retificação, mandrilamento, brochamento, serramento, etc. Já, a usinagem não-convencional emprega outras formas para remover o material, como ultra-som, *laser*, plasma, fluxo abrasivo, reações químicas ou eletroquímicas, feixe de elétrons, etc.

O TORNEAMENTO

A análise do processo examina o fluxo de material ou produto; a análise das operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador e pela máquina. Um exemplo típico é o corte do eixo em um torno: o eixo é furado, desbastado e recebe o acabamento final. Essa série de transformações é processo. O torno fura, desbasta e dá acabamento à superfície externa. Essa série de ações é a operação (SHINGO, 1996, p. 37).

A origem do torneamento está na mais remota antiguidade, sendo um processo comum e versátil que utiliza a máquina-ferramenta denominada torno e continua com o mesmo fundamento até hoje. O torneamento é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina, e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo (ABNT NBR 6175:215 E FERRARESI, 1977).

A FERRAMENTA

“O processo de usinagem baseia-se na remoção de material, utilizando como ferramenta um material mais duro e mecanicamente mais resistente que a peça” (MACHADO, 2011). Este autor observa que o surgimento de novos materiais e ligas estruturais com excelentes propriedades de resistência mecânica e elevada dureza contribuíram para o desenvolvimento de ferramentas mais resistentes para as operações de usinagem. Para tanto, o balanço dessas propriedades tornou-se um desafio para os fabricantes, já que dureza e tenacidade são duas propriedades distintas (normalmente alta

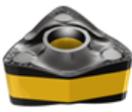
⁴ Ferramenta de usinagem mecânica é a ferramenta constituída de arestas cortantes destinadas à remoção do cavaco. No caso de a ferramenta possuir uma única superfície de saída, é chamada ferramenta monocortante; quando possuir mais de uma superfície de saída, é chamada ferramenta multicortante (ABNT NBR 6175:2015).

dureza se associa a baixa tenacidade e vice-versa). Os materiais das ferramentas de corte possuem diferentes combinações de dureza, tenacidade e resistência ao desgaste e são divididos em várias classes com propriedades diferentes.

METODOLOGIA

Para desenvolver este estudo, propõe-se uma metodologia de pesquisa qualitativa com o método experimental, a partir do levantamento bibliográfico e planejamento do experimento serão realizados ensaios de torneamento de desbaste em um torno universal CNC, marca DMG Mori, modelo ecoturn 510, utilizado o aço AISI SAE 1040 como corpo de prova, aplicando ferramentas standard ISO e conceituais com geometrias e raios de pontas diferentes, conforme a Tabela 1, objetivando avaliar seus parâmetros de avanço na produtividade da usinagem com a validação das medições de tempo de corte, taxa de remoção de material, potência e desgaste para determinação dos custos. Os procedimentos experimentais serão realizados no Centro de Tecnologia da DMG Mori em Caxias do Sul/RS, em parceria com o Laboratório de Mecânica da Universidade Feevale de Novo Hamburgo/RS, e com o apoio da Iscar do Brasil, Vinhedo/SP.

Tabela 1 - Ferramentas selecionadas para o teste (autor).

Imagem	Descrição da pastilha	di (mm)	S (mm)	r (mm)	fz (mín) (mm/z)	fz (máx) (mm/z)	ap (mín) (mm)	ap (máx) (mm)	Vc (mín) (m/min)	Vc (máx) (m/min)
	WNMX 080708-M4PW Classe: IC8250	12.70	6.78	0.80	0.25	0.60	1.50	5.00	200	300
	WNMX 080712-M4PW Classe: IC8250	12.70	6.78	1.20	0.30	0.80	2.00	5.00	200	300
	WNMX 080716-M4PW Classe: IC8250	12.70	6.78	1.60	0.30	1.00	2.00	5.00	200	300
	WNMG 080408-M3P Classe: IC8250	12.70	4.76	0.80	0.15	0.50	0.50	4.00	200	300
	WNMG 080412-M3P Classe: IC8250	12.70	4.76	1.20	0.18	0.60	0.80	4.00	200	300
	WNMG 080416-M3P Classe: IC8250	12.70	4.76	1.60	0.23	0.65	1.00	4.00	200	300

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na sequência do trabalho está prevista a finalização do planejamento experimental, a realização dos testes de usinagem objetivando a análise da potência de corte (P_c), da taxa de remoção de material (Q), do tempo de corte (T_c), do desgaste e da vida da ferramenta de corte; e por fim a discussão dos resultados encontrados sob o aspecto produtivo e econômico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6175**: usinagem: processos mecânicos. Rio de Janeiro, 2015.

DINIZ, Anselmo Eduardo. MARCONDES, Francisco Carlos. COPPINI, Nivaldo Lemos. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora. 2000. 244 p.

FERRARESI, Dino. **Usinagem dos metais**: fundamentos da usinagem dos metais. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 751 p.

ISCAR DO BRASIL. **Novos produtos**: torneamento & rosqueamento. Disponível em: <www.iscar.com.br>. Acessado em: 1 jun. 2015.

MACHADO, Álisson Rocha et al. **Teoria da usinagem dos materiais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 397 p.

MARCONDES, Francisco Carlos. **A história do metal duro**. São Paulo: CPA Consultoria de Projetos e Artes Ltda, 1990.

SANTOS, Sandro Cardoso. SALES, Wisley Falco. **Aspectos tribológicos da usinagem dos materiais**. São Paulo: Artliber Editora, 2007. 246 p.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 1996. 291 p.

STEMMER, Caspar Erich. **Ferramentas de corte I**. 6. ed. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 2005. 249 p.

TRENT, Edward Moor. WRIGHT, Paul Kenneth. **Metal cutting**. 4. ed. Estados Unidos da América: Butterworth-Heinemann, 2000. 446p.

ANÁLISE DE DESGASTE UTILIZANDO FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL EM UMA TURBINA DE JATEAMENTO A GRANALHA DE AÇO.

Charles Amaral de Jesus Cordeiro¹

Anderson Braun²

Eduardo Luis Schneider³

Palavras-chave: Turbina de Jateamento. Desgaste. Fluidodinâmica Computacional. Método de Elementos Finitos.

INTRODUÇÃO

Com a crescente disponibilidade de recursos de *hardware* (processadores, placas gráficas, redes de processamento, etc.), o uso de ferramentas de simulação de escoamentos multifásicos em geometrias complexas torna-se possível, visto que a capacidade de processamento necessária para resolver o problema é alta.

O uso de técnicas de simulação computacional para prever o desempenho de produtos e componentes é cada vez mais comum em pesquisa aplicada e na indústria. Na busca de um maior desempenho, maior disponibilidade de uso e redução de custos, métodos de predição de desgaste auxiliam na seleção de materiais, no projeto de máquinas e na escolha de aplicação dos processos de utilização.

O objetivo geral deste trabalho é o de realizar uma simulação de desgaste em uma turbina de jateamento, utilizando um modelo de escoamento multifásico (ar-granalha de aço) em uma turbina de jateamento. Como objetivos específicos elencam-se a realização da pesquisa bibliográfica sobre o tema, simulação de escoamento na turbina e avaliação dos resultados de desgaste nos componentes.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

“Na indústria, o desgaste por erosão pelo impacto de partículas reduz substancialmente a vida de tubulações, trocadores de calor e de máquinas rotativas”(Feng, 2008). “Material é

¹ Engenheiro Mecânico, aluno do Mestrado Prof. Em Tecnologia de Mat. e Processos na Universidade Feevale.

² Mestre em Tecnologia de Materiais e Processos, Professor de Ensino Superior na Universidade Feevale.

³ Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Professor de Ensino Superior na Universidade.

removido pelo impacto repetido de partículas e pode ser mais severo em um local particular, (devido à combinação de condições de escoamento e projeto do equipamento), levando a perda concentrada de massa, o que pode levar falhas abruptas”(Wang e Shirazi, 2003). É vital prever de maneira precisa a localização e a taxa de perda de massa para prevenir falhas. A previsão de desgaste também é crítica na caracterização de materiais e subsequente uso destes em aplicações industriais.

Diversos modelos de simulação podem ser utilizados para prever desgaste por erosão e são caracterizados por um número finito de parâmetros. Estes são dependentes das propriedades do material, mudanças de fluxo, macro e micro condições de exposição, cinética local de impacto e características geométricas do erodente. Os efeitos destes fatores são entrelaçados e o mecanismo de desgaste são complexos, podendo ocorrer por micro cortes, deformação plástica, fadiga, fratura frágil, fusão ou por uma combinação de fatores. (Levy, 1981; Meng e Ludema, 1995; Finnie, 1960; Sundararajan, 1991; Bitter, 1963)

METODOLOGIA

O campo de análise da fluidodinâmica computacional é baseado nas equações de conservação de massa, momento, energia (e concentração de espécies). Pela resolução de uma série de equações parciais diferenciais, resultados mais precisos podem ser encontrados, como por exemplo, comportamento transiente e transporte por difusão laminar ou turbulento. Precisão numérica e possibilidade de resolução são questões importantes e a definição de malha tem impacto direto na qualidade do resultado a ser obtido. Assim, foram testadas malhas com 538.087, 874.284, 1.134.858, 2.370.654 e 3.158.257 elementos, apresentando uma diferença de perda de carga de menos de 1% entre a entrada e saída do domínio, optando-se assim pela malha com 1.134.858 elementos. A Figura 1 mostra a geometria (a) e a malha utilizada (b).

Foi configurada uma simulação bifásica, constituída de ar (fração maior) e granalha de aço (fração menor). O ar foi configurado com temperatura de 25°C, isotérmico, fluido contínuo, com pressão de referência de 1 atm. O modelo de turbulência utilizado foi o k-epsilon, considerando empuxo e aceleração da gravidade de 9,8 m/s². A granalha de aço foi configurada com material de partícula de aço, partícula sólida transportada, com diâmetro de 2mm e pressão de referência de 1 atm. O empuxo foi configurado utilizando aceleração da gravidade de 9,8 m/s² e densidade de referência de 1,185 kg/m³. O modelo de erosão adotado foi o modelo de Finnie, considerando um fator de velocidade de 2 e uma velocidade de referência de 1 m/s. O acoplamento do fluido e das partículas utilizado foi o fortemente acoplado. A configuração de colisão das partículas foi habilitada, utilizando o modelo de

Sommerfield, com coeficiente de restituição de 1 e coeficiente de fricção estática e dinâmica de zero.

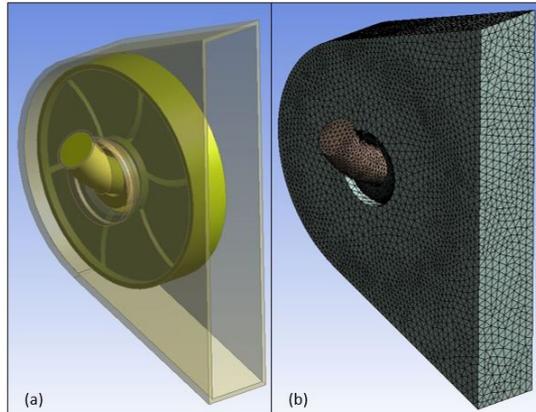


Figura 1 - Geometria e malha utilizadas na simulação
Fonte: Elaborado pelo autor

RESULTADOS

A simulação foi computada, totalizando 240 horas de processamento para um tempo total de simulação de 4 segundos. A Figura 2 mostra o resultado de desgaste para o rotor externo da turbina, componente que impulsiona a granalha, aumentando a velocidade das partículas. As regiões em vermelho indicam as áreas maior desgaste, em função do contato com a granalha de aço, para três pás do rotor. O desgaste se mostra localizado nas áreas mais externas e tem uma concentração maior na lateral esquerda. A entrada das partículas ocorre no lado direito, sendo estas conduzidas através dos componentes internos da turbina para o interior do rotor, forçando a granalha para o lado contrário, onde existe a maior incidência de desgaste.

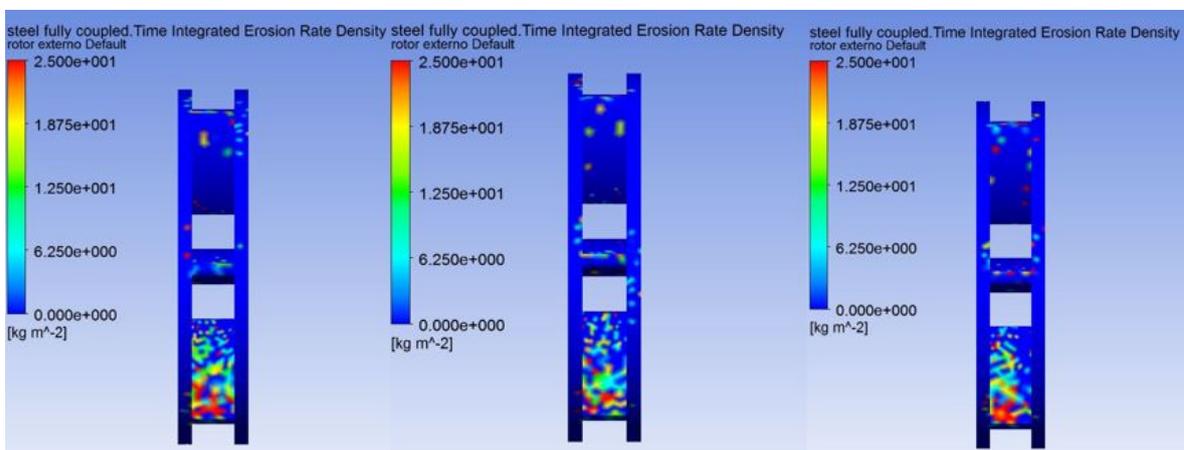


Figura 2 - Resultados de perda de massa [kg m²] para o rotor externo
Fonte: Elaborado pelo autor

DISCUSSÃO

A metodologia adotada para realização da análise seguiu as etapas indicadas no referencial teórico pesquisado, onde o conjunto foi simplificado, condições específicas de contorno foram aplicadas e uma malha foi gerada, sendo o resultado obtido pela resolução do problema pelo programa de elementos finitos. As condições de contorno aplicadas são coerentes com a situação real da turbina de jateamento. Os resultados de erosão mostram indícios de maior desgaste em área de mudança de fluxo de escoamento, o que é condizente com a teoria pesquisada. O resultado de desgaste é qualitativo, servindo como indicador das áreas onde existe uma maior possibilidade de falha do componente. Além do componente apresentado, foram avaliados os demais componentes da turbina, porém somente o rotor foi mostrado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo abordou uma avaliação de desgaste de uma turbina de jateamento utilizando análise de elementos finitos. Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o modelo de simulação bem como para orientar os procedimentos metodológicos adotados, atingindo o objetivo proposto inicialmente na realização dessa pesquisa. Foram realizadas as análises de escoamento bifásicas. Um modelo tridimensional foi simplificado, foram aplicadas condições de contorno para reproduzir o comportamento da turbina. Através do programa de análise, o modelo foi processado e foi realizada a análise dos resultados. Os resultados encontrados na simulação indicaram zonas de desgaste concentrado em regiões das pás do rotor. Faz-se necessário ampliar o estudo, considerando tempos maiores de simulação, para avaliação da erosão nos componentes virtuais. Para futuras comparações, estão em andamento testes com corpos de prova reais, para que seja possível comparar os resultados de simulação com resultados de bancada de teste.

REFERENCIAS

FERNG, Y.M. **Predicting local distributions of erosion–corrosion wear sites for the piping in the nuclear power plant using CFD models.** Annals of Nuclear Energy 35, 2008, pp. 304–313

WANG, J. SHIRAZI, S.A. **A CFD based correlation for erosion factor for long-radius elbows and bends.** ASME 125 (2003) 26–34.

LEVY A.V. **The solid particle erosion behavior of steel as a function of microstructure.** Wear 68 (3) (1981) 269–287.

MENG, H.C. LUDEMA, K.C. **Wear models and predictive equations: their form and Content.** Wear 181–183(Part 2) (1995) 443–457.

FINNIE I. **Erosion of surfaces by solid particles.** Wear 3 (2) (1960) 87–103.

SUNDARARAJAN, G. **A comprehensive model for the solid particle erosion of ductile Materials.** Wear 149 (1–2) (1991) 111–127.

BITTER, J.G.A. **A study of erosion phenomena part I,** Wear 6 (1) (1963) 5–21.

ANÁLISE DE PRÁTICAS DE GESTÃO AMBIENTAL EM INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE MATERIAL PLÁSTICO

Karin Luise dos Santos¹

Vanessa Theis²

Dusan Schreiber³

Vanusca Dalosto Jahno⁴

Palavras-chave: Gestão ambiental, meio ambiente, plástico.

INTRODUÇÃO

A revolução industrial, que ocorreu a partir de meados do século XVIII, provocou alterações no meio ambiente de forma tão significativa que já sinalizou, inclusive, a possibilidade da escassez dos recursos ambientais (DIAS, 2010). Nesta relação social do homem com a natureza, o meio ambiente passa a ser compreendido como objeto de consumo, uma vez que a natureza passa a ser percebida conforme sua utilidade específica (DERANI, 2008). Desta forma, temos o meio ambiente como fornecedor de recursos naturais (matéria-prima, energia, recursos hídricos), diretamente relacionado com a intervenção humana, que podem permitir ou não a sua subsistência.

Atualmente, estamos frente a diversos problemas ambientais gerados pelas indústrias, onde, dentre eles, podemos ainda destacar o alto índice de poluição proveniente do lançamento de dejetos industriais ao meio ambiente, sejam eles: sólidos, líquidos ou gasosos (SEIFFERT, 2009).

Albuquerque et.al. (2009) reportam que a organizações têm sofrido pressões originadas de 3 (três) fontes: mercado (por exemplo: nas novas oportunidades advindas da economia verde, produtos cada vez mais ecológicos, certificação em normas ambientais e demais vantagens econômicas advindas de produtos e serviços ecologicamente corretos); sociedade (a partir da pressão advinda de consumidores, comunidades locais, instituições

¹ Mestranda em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale e Bacharel em Engenharia Industrial Química pela Universidade Feevale.

² Doutoranda em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale.

³ Doutor em administração e Docente do Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade.

⁴ Doutora em Ciências da Saúde e Docente do Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade

financeiras, investidores, acionistas, empregados e demais stakeholders) e; regulação ambiental (leis e regulações, tais como a Lei Federal 6938/1981, que dispõe sobre a política nacional do meio ambiente e a NBR ISO 14001:2004, que dispõe sobre a implantação do sistema de gestão ambiental).

Portanto, de acordo com Souza (2012), o entendimento do Sistema de Gestão Ambiental como um agregado das funções gerenciadoras organizacionais, é importante para o desenvolvimento e programação para manutenção do foco da organização. Esse sistema se apresenta como um método que tem como objetivo a prevenção ou mesmo a resolução dos problemas ambientais, visando o desenvolvimento sustentável, sendo este, parte da estrutura da organização, através de suas práticas, responsabilidades e método de busca de objetivos.

Neste sentido, o objetivo geral desta pesquisa é analisar as práticas de gestão ambiental em uma indústria de artefatos de material plástico. A metodologia possui caráter exploratório e descritivo, onde o problema foi abordado de forma qualitativa, utilizando-se técnica de coleta de dados e entrevista previamente estruturada. Esses devem estar alinhados com a manutenção da política ambiental da empresa.

METODOLOGIA

A empresa que originou este estudo de caso atua na área de fabricação de artefatos de material plástico e conta com um quadro corporativo de 30 funcionários, na região da do Vale do Sinos/RS. A mesma executa a reciclagem de resíduos termoplásticos provenientes da indústria calçadista, transformando-os em novas matérias-primas, que podem ser reincorporadas nos processos que envolvem a fabricação de componentes para calçados. Possui a capacidade produtiva de até 300 toneladas e produtos, que são fornecidos em pellets ou pó.

A empresa recebe resíduos de aparas de contrafortes e palmilhas de diversas empresas calçadistas do Vale do Rio dos Sinos e também do pólo produtor de São Paulo. Também processa borras de material plástico provenientes de sobras de processos produtivos de diversas empresas fabricantes de materiais plásticos. Os resíduos de aparas são separados, classificados, moídos e extrusados, o que gera a formação de pellets. Já os resíduos de borras de material plástico são separados, classificadas, moídas e micronizados, processo que resulta na formação de um tipo de pó.

Para a realização deste estudo de caso, foi respondido o questionário elaborado conforme as questões apresentadas no Quadro 1, pelo responsável ambiental da empresa.

1	Quais os produtos/serviços realizados pela empresa?
2	Qual a capacidade de produção/comercialização mensal?
3	Quais são os insumos (matéria prima) utilizados durante as atividades da empresa?
4	Descreva brevemente os processos/atividades de produção/comercialização dos produtos?
5	Quais são os resíduos (sólido, líquido, atmosférico) gerados durante as atividades realizadas e qual sua destinação?
6	A empresa possui área/setor responsável pela gestão das questões ambientais?
7	A empresa possui um sistema de gestão ambiental? (Política ambiental, certificação ambiental, normas, cartilha específica)
8	Que tipo de mudança nos processos/atividades, produtos ou serviços foram tomadas para torna-los mais ecológicos? Ou para enquadramento em políticas públicas?
9	Como se deu a capacitação ou treinamento dos funcionários e/ou colaboradores para a gestão ambiental? Quais e onde?
10	Quais são as vantagens proporcionadas pela melhor gestão das questões ambientais? (Economia de insumos e na destinação de resíduos, competição em relação à concorrência).
11	Assinale as iniciativas tomadas pela empresa para minimizar o impacto ambiental gerado por sua atuação: <input type="checkbox"/> Redução, utilização e reciclagem de recursos; <input type="checkbox"/> Uso de fonte de energia renovável; <input type="checkbox"/> Aumento da eficiência energética ; <input type="checkbox"/> Redução do consumo de água ; <input type="checkbox"/> Redução da geração de resíduos sólidos; <input type="checkbox"/> Redução da geração de efluentes líquidos.

Quadro 1 - Questionário sobre as práticas de gestão ambiental da empresa

ANÁLISE DE RESULTADOS

O principal resíduo gerado através do processo produtivo é a desclassificação proveniente da atividade de separação, ou seja, aquilo que é recebido e não pode ser utilizado para fabricação de nenhum material e deve que ser descartado como rejeito. Além disso, no processo de extrusão também é gerado uma água residual de limpeza do equipamento.

A empresa atualmente não possui setor específico para gestão das questões ambientais, sendo inicialmente implementadas normas internas de controle, a fim de buscar manter o atendimento às exigências da licença de operação, minimização dos impactos ambientais e redução dos custos envolvidos com destinação final dos rejeitos e tratamento das águas residuais.

Os funcionários da empresa são constantemente treinados quanto à correta classificação de resíduos e melhor aproveitamento das matérias-primas que são recebidas, para que se otimize ao máximo o seu aproveitamento, minimizando o volume de rejeitos e, conseqüentemente, seja minimizado o passivo ambiental gerado. Além disso, a empresa vem buscando alternativas de reutilização da água residual, que vise reincorporá-la ao processo produtivo. Os resíduos de papel e plástico gerados na empresa são comercializados, o que faz com que desprendam maior enfoque sobre a correta separação e armazenamento temporário. Também está sendo reavaliado todo o sistema de iluminação da empresa, a fim de otimizar a utilização dos recursos energéticos.

CONCLUSÃO

É possível concluir através deste estudo que as práticas de gestão ambiental na indústria são de extrema importância, incluindo os setores responsáveis pela recuperação e reciclagem de resíduos sólidos. No caso da empresa estudada, é evidente que a utilização de ferramentas de gestão aumentaria a eficiência do processo produtivo, minimizando os impactos ambientais, reduzindo a utilização de recursos energéticos e hídricos. Estas ações, quando bem definidas, estruturadas e executadas são capazes de maximizar lucros e o capital de giro da empresa e, além disso, são o caminho para o desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente.

REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, J de L. (org.). **Gestão ambiental e responsabilidade social: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Ed. Atlas, 2009.

DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade e social e sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo:Atlas, 2010.

EISENHARDT, K. M. **Building Theories from Case Study Research.** *Academy of Management Review*. 14 (4), 522-550, 1989.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **Mercado de carbono e protocolo de Quioto: oportunidades de negócio na busca da sustentabilidade.** São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, R.S. **Evolução e Condicionantes da Gestão Ambiental nas Empresas.** Editora READ-Edição Especial, v.30,número 8, 2002

APLICAÇÃO DE ELETROOXIDAÇÃO NO TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO E AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE EM *ALLIUM CEPA* E *LACTUCA SATIVA*

Erlon Diego Lorenz de Oliveira¹

Rosângela Böeck²

Shaiane Pozzebon³

Cláudia Regina Klauck⁴

Luciano Basso da Silva⁵

Marco Antônio Siqueira Rodrigues⁶

Palavras-chave: Lixiviado. Toxicidade. Eletrooxidação. *Lactuca sativa*. *Allium cepa*.

INTRODUÇÃO

O processo de decomposição de resíduos sólidos gera um líquido escuro de composição variável e altamente tóxico, denominado lixiviado. Este efluente deve ser tratado antes de seu lançamento nos corpos receptores. Em virtude de sua composição, os tratamentos convencionais apresentam limitações. Entre as alternativas ao seu tratamento, surgem os processos oxidativos avançados. Estes processos são caracterizados por apresentarem alta eficácia na remoção de matéria orgânica e compostos de difícil degradação por tratamentos convencionais. Entretanto podem levar a formação de subprodutos de oxidação mais tóxicos que o composto inicial. Desta forma, estudos envolvendo a avaliação de toxicidade destes processos são fundamentais.

O presente trabalho teve por objetivo a avaliação de toxicidade de um lixiviado tratado pelo eletrooxidação.

¹ Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Feevale. Bolsista de Aperfeiçoamento Científico Feevale.

² Acadêmica de Ciências Biológicas na Universidade Feevale. Bolsista de Iniciação Científica Feevale.

³ Acadêmica de Engenharia Química na Universidade Feevale. Bolsista de Iniciação Científica Feevale

⁴ Mestre em Qualidade Ambiental Universidade Feevale. Bolsista de doutorado CAPES do PPGQA Feevale.

⁵ Doutor em Biologia Molecular UFRGS. Professor e pesquisador do PPGQA Universidade Feevale.

⁶ Doutor em Engenharia pelo PPGEM- UFRGS. Professor e pesquisador do PPGQA Universidade Feevale.

REVISAO BIBLIOGRÁFICA

Com a expansão populacional e a industrialização, a humanidade vem enfrentando diversos problemas ambientais, como a geração de resíduos, aferente ao maior consumo de produtos industrializados. Grande parte desses resíduos possui como destino final os aterros sanitários, que são considerados segundo ABRELPE, (2011) a maneira mais adequada para a sua disposição final. Contudo este tipo de aterro gera gases e um líquido escuro chamado lixiviado, que deve ser tratado antes de ser liberado em cursos d'água, devido sua grande toxicidade (MARTINNEN *et al.*, 2002; BAUN *et al.*, 2003; FOUL *et al.*, 2009). Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) estão sendo estudados como alternativa para tratamento deste tipo de efluente, já que os tratamentos convencionais não se mostram totalmente eficientes na eliminação de alguns elementos. Entre os POAS existentes, a eletrooxidação consiste na aplicação de uma corrente elétrica em eletrodos constituídos de óxidos para geração do radical hidroxila, apresentando grande eficiência na diminuição dos parâmetros físico-químicos e melhora da biodegradabilidade do efluente. Entretanto, a utilização de POAs para a degradação de complexos orgânicos, nem sempre resulta na mineralização completa dos compostos durante o tratamento, levando à formação de compostos intermediários que podem ser tanto quanto ou até mesmo mais tóxicos do que o composto inicial (RIZZO, 2011). Sendo assim, o monitoramento da toxicidade dos efluentes tratados por POAs torna-se imprescindível. Bioensaios são uma ferramenta simples, rápida e de baixo custo, que fornecem informações importantes a cerca da toxicidade, servindo como um complemento as análises físico-químicas convencionais (KWASNIEWSKA *et al.*, 2012). O presente trabalho investigou a toxicidade de um lixiviado tratado pelo eletrooxidação.

METODOLOGIA

Coleta de amostra: A coleta do lixiviado bruto foi realizada no outono de 2015, no ponto de entrada do da lagoa de tratamento biológico, de um aterro localizado na região do Vale dos Sinos. Foram coletado cerca de 150L de lixiviado, acondicionados em bombonas plásticas e transportados para o laboratório onde imediatamente após a coleta foram aplicados os tratamentos a seguir.

Aplicação de Eletrooxidação: Para o ensaio utilizaram-se 40 litros de lixiviado bruto. O tratamento consistiu em reator do tipo filtro prensa, composto por 10 eletrodos do mesmo material ($\text{Ti}/_{70}\text{TiO}_{2/30}\text{RuO}_2$), alternadamente, ligados a uma fonte de corrente (40A) por 20 horas.

Tratamento de absorção/adsorção: Visando uma melhora nos parâmetros físico-químicos das amostras, uma alíquota de 5L do efluente tratado por Eletrooxidação (EO) nas configurações descritas anteriormente, foi tratada adicionalmente com dois agentes de absorção/adsorção: carvão ativo (CA300) e zeólita (WatercelZS).

Análises físico-químicas: As amostras antes e após os tratamentos foram encaminhadas para análise quanto aos seguintes parâmetros: cloretos, condutividade, DQO, fósforo total, nitrato, nitrito, dureza, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl, pH, turbidez, cádmio, chumbo, cromo total, manganês e níquel. As análises físico-químicas do efluente antes e após o tratamento foram realizadas conforme *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Avaliação de toxicidade em *Allium cepa*: A metodologia consistiu na exposição de cinco bulbos de cebolas, com suas raízes previamente preparadas, às amostras de lixiviado bruto, tratado por eletrooxidação, por eletro + zé, e eletro + CA300. Para a exposição, todas as amostras foram testadas em 100% e diluídas em água proveniente de abastecimento público em 50%. Os bulbos ficaram expostos às amostras por um período de 48h (RANK & NIELSEN, 1997; RANK & NIELSEN 1998). Em todos os ensaios manteve-se um grupo controle negativo, com água de abastecimento público e todos os testes foram conduzidos em triplicata.

Avaliação de toxicidade em *Lactuca sativa*: O teste foi conduzido em triplicatas. Placas de Petri foram forradas com papel filtro, onde foi adicionado 20 sementes e 3 mL de efluente de lixiviado bruto, tratado por eletrooxidação, por eletro + zé e eletro + CA300, na concentração de 50% e 100%. Após essa etapa, as placas foram incubadas por 120 horas (5 dias). Ao final do período de exposição foram tomadas as medidas radiculares das plântulas. Em ambos os ensaios, avaliou-se o crescimento radicular em relação ao grupo controle, considerando-se como tóxico aquele tratamento cujo valor causou inibição de 50% ou mais no crescimento radicular em relação ao controle (ALMEIDA, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra as propriedades físico-químicas do lixiviado antes e após o tratamento por EO, bem como após o tratamento por EO seguido por carvão ativo F300 e zeólita. Observa-se que o tratamento isolado eliminou totalmente os parâmetros DQO, dureza e nitrogênio total Kjeldahl, reduzindo consideravelmente o nitrogênio amoniacal. O aumento de nitrato observado,

refere-se à conversão dos compostos nitrogenados, decorrente do processo oxidativo, resultados semelhantes aos que foram encontrados por Bertoldi *et al.* (2012) em seu estudo.

A DBO₅ aumentou em todos os tratamentos, indicando conversão de compostos para formas mais biodegradáveis. Os tratamentos com CA300 e zeólita, melhoraram boa parte dos parâmetros avaliados, evidenciando mais eficiência na redução de cloretos, no tratamento por zeólitas. Comparando todos os tratamentos com a resolução n°128/2006 do Consema, a DBO₅ e DQO encontram-se dentro dos valores legais, até mesmo o bruto. Já o nitrogênio amoniacal, mesmo reduzindo em todos os tratamentos, ficou dentro do permitido apenas no tratamento por zeólita. Este adsorvente, de acordo com especificação do fabricante, apresenta alta afinidade para a remoção de nitrogênio amoniacal de efluentes.

Tabela 1- Caracterização físico química das amostras antes e após tratamento e comparativo com a legislação ambiental vigente (Consema 128/2006)

Parâmetro	Bruto	Eletro	Elétro + CA F300	Elétro + Zeólita	Consema 128/2006	Metodologia
Cloretos - mg L ⁻¹	168,780	168,075	135,535	80,180	----	Cromatografia Iônica de Ânions
Nitrato - mg L ⁻¹ N em NO ₃	0,785	17,249	3,153	15,935	----	Cromatografia Iônica de Ânions
Nitrito -mg L ⁻¹	0,528	n.d.	0,490	n.d.	----	Cromatografia Iônica de Ânions
Condutividade - mS cm ⁻¹	----	2,51	2,41	2,78	----	Condutivimetria
DBO ₅ .mg O ₂ L ⁻¹	13,0	16,0	16	30,0	110	Manometria
DQO - mg O ₂ L ⁻¹	180,9	----	56,4	----	360*	Titulometria
Dureza - mgCaCO ₃ L ⁻¹	324,0	----	---	----	----	Titulometria
Fósforo Total - mg L ⁻¹	0,20	2,638	0,711	----	4*	Colorimetria
Nitrogênio amoniacal	151,96	35,68	35,8	n.d.	20*	Titulometria
Nitrogênio total Kjeldahl - mg L ⁻¹	159,03	----	----	----	20*	Titulometria
pH	----	5,98	8,08	9,79	6 a 9	Potenciometria
Turbidez - NTU	----	30,4	6,7	15,3	----	Nefelometria
Chumbo - mg Pb/L	----	0,069	0,032	0,068	0,2	EAAC
Cádmio - mg L ⁻¹	0,015	n.d.	n.d.	n.d.	0,1	EAAC
Cromo total - - mg L ⁻¹	0,012	0,014	0,011	0,016	0,5	EAAC
Ferro - mg L ⁻¹	----	2,407	n.d.	1,112	10	EAAC
Manganês - mg L ⁻¹	----	0,381	0,134	----	1,0	EAAC
Níquel - mg L ⁻¹	0,024	0,049	0,030	----	1,0	EAAC

*valor considerando-se a faixa de vazão entre 20 e 100m³ por dia.

Toxicidade em *Allium cepa*: A avaliação da toxicidade no bioensaio com *Allium cepa* indicou que apenas a amostra de lixiviado bruto e a amostra tratada por eletrooxidação em 100% obtiveram um crescimento reduzido (gráfico 1), mesmo assim não sendo consideradas tóxicas, por não inibirem 50% do crescimento radicular em comparação ao controle (ALMEIDA, 2013). Já os tratamentos com CA300 e zeólita desenvolveram um crescimento radicular muito próximo ao controle, indicando que o tratamento foi eficaz.

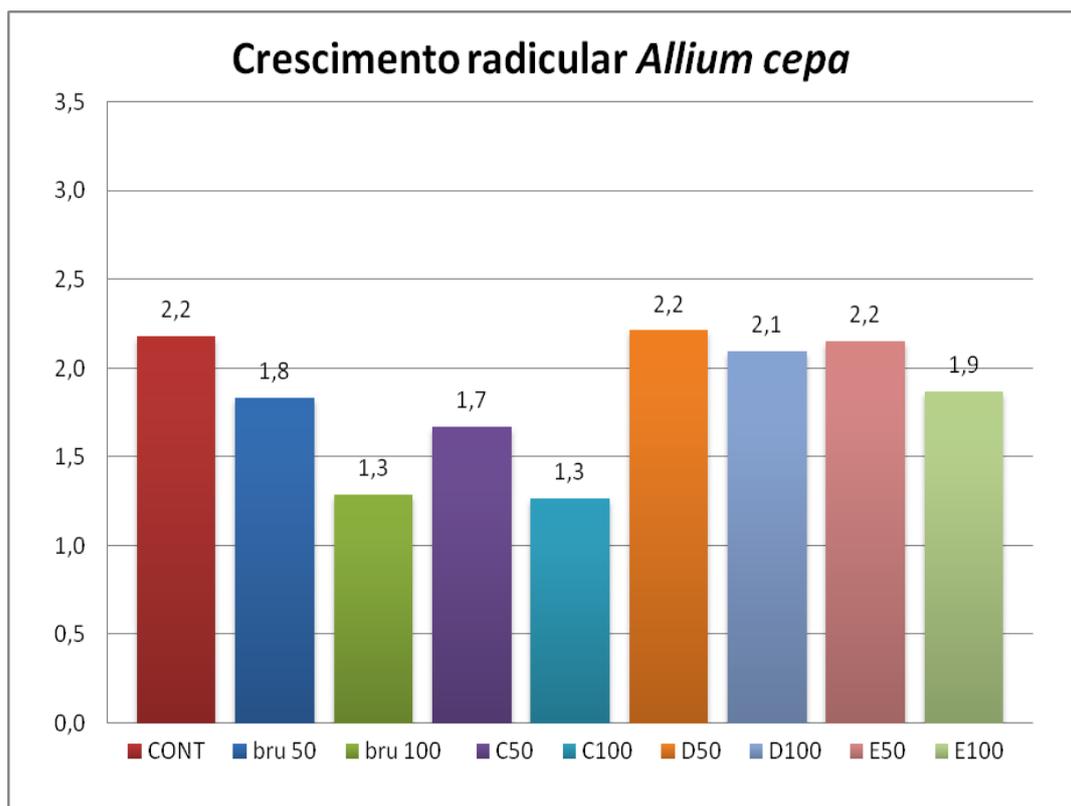


Gráfico 1 - Crescimento radicular *Allium cepa*, nos diferentes tratamentos do lixiviado

LEGENDA - Gráf. 1 - CONT (controle) // BRU50 (bruto em 50%) // BRU100 (bruto em 100%) // C50 (tratado por eletrooxidação em 50%) // C100 (tratado por eletrooxidação em 100%) // D 50 (tratado por elétrico + ZEO em 50%) // D100 (tratado por elétrico + ZEO em 100%) // E50 (tratado por elétrico + CA300 em 50%) // E100 (tratado por elétrico + CA300 em 100%).

Toxicidade *Lactuca sativa*: Nos ensaios utilizando *Lactuca sativa*, quando comparados com o grupo controle, apenas as amostras tratadas por eletrooxidação e eléto + zeólitas nas diluições de 50% e 100%, tiveram redução significativa no crescimento radicular (gráfico 2), isso pode ser explicado por Rizzo (2011), onde seu estudo aponta que um dos problemas decorrentes da aplicação de processos oxidativos em efluentes como o chorume, é a geração de subprodutos que podem ser mais tóxicos do que o inicial.

Crescimento radicular em *Lactuca sativa*

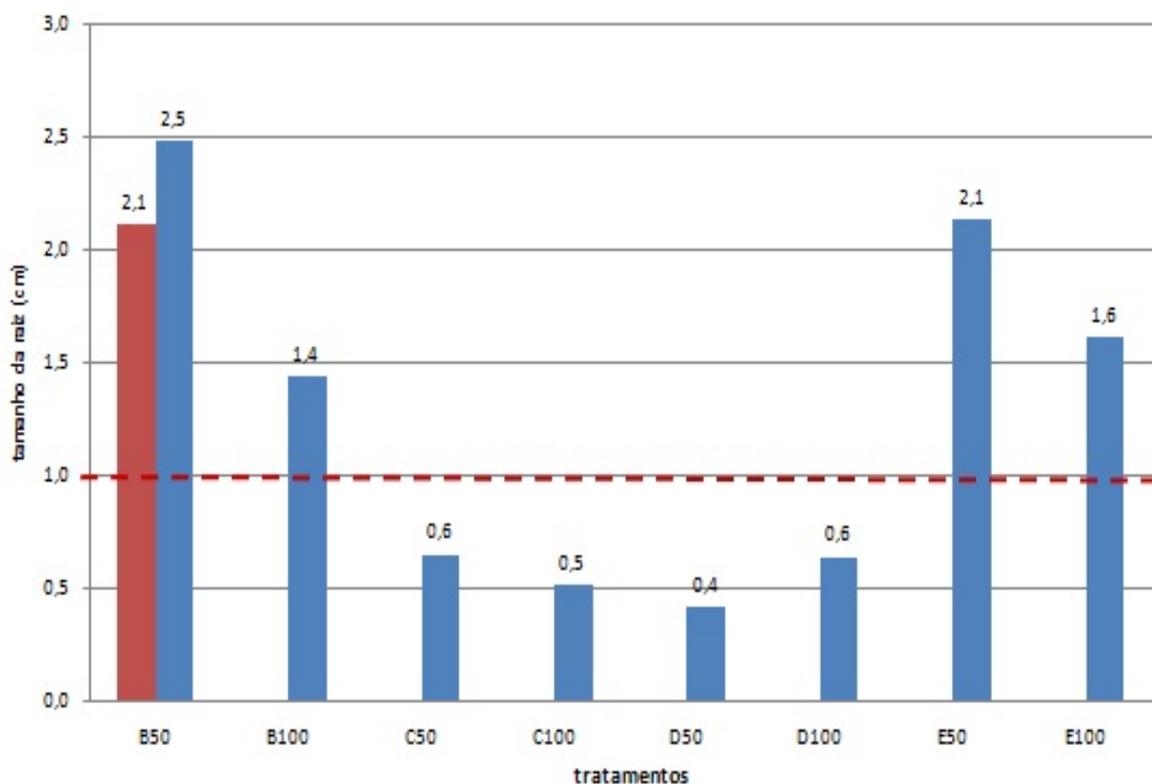


Gráfico 2 - Crescimento radicular em *Allium cepa*, nos diferentes tratamentos do lixiviado.

LEGENDA - Gráf. 2 - ■ (controle) // **BRU50** (bruto em 50%) // **BRU100** (bruto em 100%) // **C50**(tratado por eletrooxidação em 50%) // **C100**(tratado por eletrooxidação em 100%) // **D 50**(tratado por eléto + ZEO em 50%) // **D100**(tratado por eléto + ZEO em 100%) // **E50**(tratado por eléto + CA300 em 50%) // **E100**(tratado por eléto + CA300 em 100%).

O crescimento radicular da *Lactuca sativa*, frente ao tratamento com zeólita, foi o menor entre todos os tratamentos.

A alta especificidade da zeólita na remoção de nitrogênio amoniacal em detrimento de outros compostos, tais como sub produtos de oxidação potencialmente tóxicos, pode explicar este

resultado. Também nota-se um aumento de DBO_5 neste tratamento o que, de acordo com Silveira *et al.* (2003) pode causar uma interferência negativa sobre os organismos. Já o tratamento com carvão F300, mostrou-se o mais eficiente entre todos para a remoção de toxicidade, desenvolvendo um crescimento radicular normal, muito próximo do tratamento controle.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo em questão, conclui-se que o tratamento de lixiviado através do processo oxidativo avançado de eletrooxidação, juntamente do CA300 e zeólitas, mostraram-se moderadamente eficientes na configuração testada para redução dos parâmetros físico-químicos avaliados, e que o referido lixiviado apresentou potencial tóxico nos ensaios com *Lactuca sativa* nos tratamentos por eletrooxidação e eletro + zeo, atestando a necessidade de se realizar testes com diferentes organismos, já que com *Allium cepa* não foi verificada toxicidade em nenhum dos tratamentos.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** 2011. V.1, 186p, 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 th. Washington, DC: APHA, 2005.

ALMEIDA, E. J. R. de. Estudo de biorremediação dos azo corantes têxteis Acid Blue 161 e Procion Red MX-5B por fungos filamentosos em solução simples e solução binária associado a testes de toxicidade com *Lactuca sativa* e *Artemia salina*. 2013. 163 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/95020>>

BAUN, A.; LOTTE, A.; REITZEL, L. A.; LEDIN, A; CHRISTENSEN, T.; BJERG, P. L. Natural attenuation of xenobiotic organic compounds in a landfill leachate plume (Vejen, Denmark). **Journal of Contaminant Hydrology**. V. 65, p. 269-291, 2003.

BERTOLDI, K.; SPINDLER, C.; MOYSÉS, F.; VANZELLA, C.; LOVATEL, G.; ELSNER, V.; RODRIGUES, M.A.S.; SIQUEIRA, I.R. Effect of landfill leachate on oxidative stress of brain structures and liver from rodents: Modulation by photoelectrooxidation process. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. V. 84, p. 319-324, 2012.

BORTOLOTTI, T.; BERTOLDO, J.B.; ZANETTE DA SILVEIRA, F.; DEFAVERI, T.M.; SILVANO, J.; TRÖGER PICH, C. Evaluation of the toxic and genotoxic potential of landfill leachates using bioassays. **Environmental Toxicology and Pharmacology**.v.28, p.288-293, 2009.

CALGON CARBON CORPORATION • P.O. BOX 717 • PITTSBURGH, PA 15230-717 -PHONE 1-800-4CARBON. Disponível em <http://www.reskem.com/pdf/calgon-filtrisorbf300potable.pdf>. Acessado em 05/08/2015.

FOUL, A.; AZIZ, H.A.; ISA, M.H.; HUNG, Y-T. Primary treatment of anaerobic landfill leachate using activated carbon and limestone: batch and column studies. **Waste Management**, V. 4, p. 282–298, 2009.

KWASNIEWSKA, J.; NAŁĘCZ-JAWECKI, G.; SKRZYPCZAK, A.; PŁAZA, G.A.; MATEJCZYK, M. An assessment of the genotoxic effects of landfill leachates using bacterial and plant tests. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. V.75, p. 55-62, 2012.

MARTTINEN, S.K.; KETTUNEN, R.H.; SORMUNEN, K.M.; SOIMASUO, R.M.; RINTALA, J.A., Screening of physical–chemical methods for removal of organic material, nitrogen and toxicity from low strength landfill leachates. **Chemosphere**. v. 46, p. 851-858, 2002.

RANK, J.; NIELSEN, M.H. Genotoxicity testing of wastewater sludge using the *Allium cepa* anaphase-telophase chromosome aberration assays. **Mutation Research**. V. 418, p. 113–119, 1998.

RANK, J.; NIELSEN, M.H. *Allium cepa* anaphase-telophase root tip chromosome aberration assay on N-methyl-N-nitrosourea, maleic hydrazide, sodium azide and ethyl methane sulfonate. **Mutation Research**. V. 390, p. 121–127, 1997.

RENOU, S.; GIVAUDAN, J. G.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P. Landfill leachate treatment: review and opportunity. **Journal of Hazardous Materials**. V. 150, p. 468-493, 2008.

RIZZO, L. Bioassays as a tool for evaluating advanced oxidation processes in water and wastewater treatment. **Water Research**.v.45, p.4311-4340, 2011.

SILVEIRA, G. L.; SILVA, C. E.; IRION, C. A.; CRUZ, J.C.; RETZ, E. F. Balanço de cargas poluidoras pelo monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos em pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**; v.8, p.5-11, 2003.

APLICAÇÃO DE PROCESSO DE OSMOSE INVERSA PARA REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA INDUSTRIAL DE EMPRESAS PETROQUÍMICAS DO RIO GRANDE DO SUL

Iona Souza Lemmert; Carla D. Venzke; Cheila Viegas¹

Shaiane Pozzebon; Júlia Striving²

Luciana E. Bacher³

Marco Antônio Siqueira Rodrigues⁴

Palavras-chave: Processos de Separação por Membranas. Osmose Inversa. Reuso de água.

INTRODUÇÃO

O crescimento industrial é de fato muito importante para o desenvolvimento, entretanto, este crescimento vem acompanhado da geração de efluentes, da elevada captação de água. Porém, para a maioria das indústrias, o pensamento quanto aos efluentes líquidos é de “fim de tubo”, ou seja, espera-se o resíduo ser gerado para tratá-lo. Entretanto, os tratamentos convencionais (normalmente físico químico e biológico) utilizados pelas indústrias, possuem baixa eficiência na remoção de alguns parâmetros, reduzindo desta forma, a possibilidade de reuso na própria indústria.

Uma das alternativas, que vem sendo investigada é a aplicação de Processos Separação por Membranas (PSM), especificamente neste trabalho, o uso da Osmose Inversa (OI). A OI, baseia-se na utilização de membranas poliméricas, utilizadas para a separação do material contaminante presente na alimentação.

O objetivo deste trabalho foi investigar a aplicação da OI em água industrial oriunda do Polo Petroquímico do Sul, com a finalidade de reuso, bem como avaliar a melhor configuração quanto à pressão aplicada, consumo de energia e características físico químicas.

¹ Pós-graduandas no curso de Mestrado Profissional de Tecnologia de Materiais e Processos Industriais (Universidade Feevale).

² Graduanda do curso de Engenharia Química, bolsista de Iniciação Científica.

³ Mestre em Qualidade Ambiental (Universidade Feevale) e engenharia Química (UFRGS).

⁴ Pós Doutor em Eletroquímica (Universidade de Valência/Espanha), mestrado e doutorado em Engenharia (UFRGS), professor dos cursos de pós-graduação e graduação da Universidade Feevale.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A problemática quanto ao acesso à água depende da localização geográfica, concentração populacional e industrial e da contaminação deste líquido disponível. Devido a estes fatores, algumas regiões enfrentam escassez mais do que outras. O Brasil encontra-se em uma posição privilegiada quanto à disponibilidade, possuindo 12% da reserva mundial de água doce em seu território (WALBERT, 2013). Entretanto, somente 6,41% desta disponibilidade encontra-se na região sul com uma população de 15,05% (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA, 2005). A qualidade da água, impacta vários segmentos e os tratamentos convencionais utilizados pelas indústrias, normalmente tratamentos físico-químicos e biológicos, produzem lodos residuais, elevado consumo de energia e insumos e muitas vezes baixa remoção de contaminantes, reduzindo a possibilidade de reuso.

O Polo Petroquímico do Sul é um complexo industrial constituído de seis empresas, captando um volume em torno de 8500 m³/h de água para uso em todas as empresas na reposição de água de torres de resfriamento, mancais, geradores de vapor, gerando em torno de 59 m³/h de efluente que, após tratamento convencional, é aspergido sobre vegetação.

O elevado volume captado, assim como o exorbitante volume produzido de efluente, somado ao gasto empregado para a captação e tratamento, adicionado ao tratamento convencional físico químico (decantação, floculação, ajuste de pH, entre outros) e biológico (lagoas de estabilização) que não removem suficientemente alguns parâmetros, torna-se interessante um estudo de aplicação de tecnologias capazes de viabilizar o reuso deste efluente.

Os Processos de Separação por Membranas (PSM), são sistemas capazes de produzirem somente água e são caracterizados pela separação de partículas de pequenos diâmetros (contaminantes), dissolvidos na corrente líquida (alimentação), através membranas semipermeáveis (WAGNER, 2001 e MIERZWA E HESPANHOL, 2005). Estes processos podem ser utilizados para separação do sal da água do mar, tratamento de águas industriais e efluentes, tratamento para consumo humano, entre outros (CARVALHO et al., 2001, LUDWIG, 2010 e WANG e ZHOU, 2013). Os principais tipos de processos de SPM são: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa.

A Osmose Inversa (OI) é o processo capaz de reverter o processo natural de osmose (pressão osmótica), através de uma membrana semipermeável (permeáveis à água e impermeáveis ao contaminante), separando contaminantes, geralmente da água, produzindo duas correntes: rejeito (alta concentração de sais) e permeado (volume que permea a membrana e possui baixa concentração de sais).

Há muitas vantagens como: baixa necessidade de manutenção, de natureza modular, poluente orgânico e inorgânico pode ser removido simultaneamente, normalmente é operada a temperatura ambiente (GARUD et al, 2011 e ROTHBARTH, 2011).

METODOLOGIA

As cargas semanais, coletadas na Lagoa 8 da Superintendência de Tratamento de Efluentes Líquidos (SITEL), no período de dez/2014 e março/2015, com volume em torno de 10 m³, foram recebidos pela Universidade Feevale, onde procedeu-se com os ensaios descritos a seguir. As cargas foram armazenadas em tanque de fibra de vidro com capacidade de 15 m³, após 24 horas decantando, foram submetidas ao pré-tratamento (um filtro de areia e quatro de carvão ativado). O equipamento piloto de OI da marca PAM, com capacidade produtiva de 250 L/h e a membrana de poliamida, com área de 7,5 m², da marca DOW, podem ser visto na Figura 1.



Figura 1 - (A) Equipamento de OI. (B) Membrana de OI

Foram realizados testes de caracterização da membrana. A Compactação foi realizada fixando a pressão em 15 bar, medindo da vazão de permeado com proveta e cronômetro a cada 15 minutos, totalizando 180 minutos. Já a permeabilidade hidráulica, foi realizada com água da rede municipal de abastecimento, variando as pressões em 3, 5, 7, 10 e 15 bar, após 20 minutos em cada pressão mediu-se a vazão do permeado com proveta e cronômetro.

A OI foi testada com a pressão de 8 bar, a vazão de rejeito foi fixado em 10 L/min., mediu-se a vazão do permeado a cada 15 minutos, utilizando toda a carga recebida (torno de 10 m³), o teste foi realizado em duplicata. Alimentação e permeado foram caracterizados

quanto aos parâmetros: cloreto, sulfato, condutividade, DQO, dureza, pH, sólidos suspensos totais e ferro, realizados na Central Analítica da Universidade Feevale.

RESULTADOS

Os resultados das análises físico químicas obtidas até o momento, encontram-se no Quadro 1. Observa-se taxa de remoção acima de 95% para quase todos parâmetros com exceção da DQO, entretanto este parâmetro, assim como os demais, encontra-se dentro dos valores estabelecidos para reuso industrial.

Sulfato, condutividade, dureza e sólidos suspensos obtiveram remoção superior a 99%, DQO, obteve menor remoção (92,04%), atingindo o valor de 2,65 mg O₂/L, ferro obteve-se a remoção de 96,3% chegando à média de 0,019 mg/L, conforme demonstrado no Quadro 1.

A recuperação de permeado para a pressão de 8 bar e a vazão de rejeito de 10 L/min, foi em torno de 30%.

PARÂMETROS	Alimentação	Permeado 8 bar	Remoção (%)	Parâmetros para reuso
Cloretos (mg L-1)	88,33	1,20	98,64	44
Sulfato (mg L-1)	364,71	0,32	99,91	
Condutividade (uS cm-1)	1167	11,23	99,04	165
DQO (mg O ₂ L-1)	33,28	2,65	92,04	3,5
Dureza (mg L-1)	150,87	n.d.	100	30
pH	7,49	6,12	xxx	7 a 8
Sólidos Susp. Totais (mg L-1)	27,43	n.d.	100	2
Ferro (mg L-1)	0,512	0,019	96,29	0,1

Quadro 1 – Resultados físico químicos parciais

DISCUSSÃO

Wang et al. (2006) encontraram valores para remoção de sulfato de 99,5%, enquanto que a redução para este parâmetro no presente trabalho foi mais efetiva, tendo remoção superior a 99,97%. Schoeman e Steyn (2002) encontraram uma redução para sólidos suspensos totais de 98%, sendo que este trabalho apresentou 100% de remoção para este parâmetro.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos tiveram remoções, na sua maioria, superiores a 99%, enquadrando praticamente todos os parâmetros dentro da qualidade de água para reuso, com

exceção do pH, que deverá passar por um ajuste antes da água industrial ser reutilizada. Os demais parâmetros encontram-se satisfatórios para serem reutilizados nos sistemas de resfriamento das empresas do Polo Petroquímico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho encontra-se em desenvolvimento e na sequência serão investigadas diferentes pressões e vazões de rejeito para obter maior percentual de recuperação de permeado, bem como avaliar o consumo de energia para cada pressão aplicada.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, R. B. de, BORGES, C. P., NOBREGA, R. **Formação de Membranas Planas Celulósicas por Espalhamento Duplo para os Processos de Nanofiltração e Osmose Inversa**. Programa de engenharia Química, COPPE, UFRJ, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 11, nº 2, p. 65-75, 2001.

GARUD, R.M., KORE, S.V., KULKARNI, G.S. **A short review on Process and Application os Reverse Osmosis**. Universal Journal of Environmental Research and Technology , vol. 1, pág. 233-238, 2011.

LUDWIG, H. **Energy consumption of reverse osmosis seawater desalination – possibilities for its optimisation in design and operation of SWRO plants**. Desalination and water Treatment, pag. 13-25, January, 2010

MMA- Ministério do Meio Ambiente . **Consumo Sustentável: Manual de Educação**. Brasília, 2005. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>> Acessado em 01 de maio de 2014.

MIERZWA, José Carlos. HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: uso racional e reuso**. Oficina do texto. São Paulo, 2005

ROTHBARTH, Arno. **As tecnologias para tratamento de água**. Ano X, edição nº 50, 2011. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=1249> Acessado em: 12 março de 2014.

SCHOEMAN, J.J.; J. J.; STEYN, A. **Nitrate removal with reverse osmosis in a rural area in South Africa**. Desalination 155 (2003) 15-26.

WAGNER, J. **Membrane Filtration Handbook Practical Tips and Hints**. 2ed. Osmonics, 2001.

WALBERT, Allan. **ONU aponta carência e má distribuição de água para uso**. Disponível em: < <http://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2013/03/onu-aponta-carencia-e-ma-distribuicao-de-agua-para-uso>> Acessado em 29 de abril de 2014.

WANG, Zhi; FAN, Zhifeng; XIE, Lixin; WANG, Schichang. **Study of integrated membrane systems for the treatment of wastewater from cooling towers**. Desalination, v.191, 117-124, 2006.

WANG, H., ZHOU, H. **Understand the basics od Membrane Filtration**. American Institute os Chemical Engineers, april, 2013.

APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS DO LICOR PIROLENHOSO

Kelly Valadares¹

Luciane Tais Führ²

Guilherme Eisinger Cezar³

Magali Petry⁴

Angela Beatrice Dewes Moura⁵

Palavras-chave: Licor pirolenhoso. Carvão vegetal. Vinagre da madeira.

INTRODUÇÃO

A necessidade de buscar por novas fontes de energia, novas linhas de pesquisas vêm sendo feitas sobre biomassa, sendo levada em consideração devido ao cenário atual em que se encontra o mundo. Devido a essa necessidade, a motivação para essa mudança de postura é a necessidade de redução do uso de derivados do petróleo e a dependência do consumo.

Neste contexto, a pirólise da madeira, que é a degradação térmica controlada de biomassa rica em material celulósico, se destaca como alternativa para obtenção de energia direta e também para a obtenção de subprodutos de valor comercial significativo, como o carvão vegetal. Embora ainda haja resistência quanto a produção do carvão por perceber-se como uma atividade marginalizada e quanto aos impactos gerados pelo desmatamento e as emissões de fumaça, o carvão vegetal, graças a sua condição renovável quando oriundo de áreas de reflorestamento, traz um balanço positivo do consumo de carbono, e aparece como potencial substituto do carvão mineral (ANTAL (2003), ÁVILA *et al* (2013), MIYSAKA *et al*, (2001)).

¹ Engenheira Industrial Química pela Universidade Feevale, aluna do Mestrado de Tecnologia de Materiais e Processos Industriais na Universidade Feevale, é coordenadora administrativa na Universidade Feevale.

² Mestre em Tecnologia dos Materiais e Processos Industriais, doutoranda na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atua como professora assistente do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Feevale.

³ Engenheiro Industrial Mecânico pela Universidade Feevale, aluno do Mestrado de Tecnologia de Materiais e Processos Industriais na Universidade Feevale, é analista de logística na Gerdau Aços Longos S/A.

⁴ Engenharia Mecânica pela Universidade Feevale, atua como técnica de operação plena do Petróleo Brasileiro - PETROBRÁS

⁵ Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atua como professora titular do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Feevale.

Pequenas propriedades carvoeiras instaladas nos Vales dos rios dos Sinos, Taquari e Caí, na região Leste do Rio Grande do Sul, sustentam sua economia na agricultura, não sendo a produção de carvão sua principal fonte de renda. O processo produtivo do carvão vegetal nestas propriedades é bastante rudimentar, com baixa tecnologia e sem preocupação com parâmetros de processo ou mesmo com os resíduos gerados. Como a tecnologia é primitiva, o controle operacional dos fornos de carbonização é pequeno e não se pratica o controle qualitativo e quantitativo da produção. O rendimento do processo de carbonização é em torno de 30 a 40%; ou seja, menos da metade do total da biomassa é convertido em carvão vegetal. O restante é liberado na forma de gases e vapores, que acabam causando um grande problema de poluição atmosférica, que deve ser reduzida (ÁVILA *et al* (2013), FROEHLICH *et al* (2011)).

Em países como a China e Índia há relatos que indicam o uso de pirolise de madeira para a obtenção de licor pirolenhoso para uso na agricultura há milênios, enquanto que no século XVII na Inglaterra era utilizado como insumo na produção de alcatrão. O estudo aplicado acerca do licor pirolenhoso inicia no Japão, por volta do final do século XIX. Entretanto, o Oriente é pioneiro na pesquisa e aplicação do licor pirolenhoso, visando principalmente as suas propriedades combustíveis graças à presença de oxigênio, e principalmente sendo aplicado na agricultura como pesticida orgânico (FROEHLICH *et al* (2011), MAEKAWA (2002), SOUZA *et al* (2012)).

OBTENÇÃO DO LICOR PIROLENHOSO

O licor pirolenhoso é composto, em sua maior parte, por água e mais de 200 compostos químicos, entre os quais ácido acético, álcoois, cetonas, fenóis, e alguns derivados de lignina, cuja composição varia de acordo com a espécie vegetal utilizada, temperatura de coleta e sistema de obtenção (STEINER *et al* (2008), WEI *et al* (2010)).

O tipo de biomassa utilizado na carbonização também é outro fator que, aliado com o controle da temperatura, produz variações na composição do licor pirolenhoso de acordo com a tabela 1 que traz as características do licor obtido a partir da biomassa carbonizada. Nesse sentido, a pirólise também funciona como uma alternativa positiva para o tratamento de resíduos sólidos da agricultura e indústrias afins, como a de construção civil (CUTIÑO *et al* (2009)).

De acordo com a biomassa que dá origem ao licor pirolenhoso, bem como as características que o licor obtido apresentar, a aplicação deste pode variar desde aplicação na agricultura, como também em uso medicinal, fertilizantes, biocidas, pesticida entre outras

aplicações (MAEKAWA (2002), MIYSAKA *et al* (2001), MIYSAKA *et al* (1999), OASOAA *et al* (2001)).

Tabela 1 - Principais compostos do licor pirolenhoso de acordo com a biomassa carbonizada e diversas referências

Biomassa utilizada	Forno	Principais compostos presentes no licor
Genérico	Diversos	Água, ácidos orgânicos (principalmente o acético), álcoois, cetonas, aldeídos, fenóis, éteres, ésteres, compostos nitrogenados e compostos multifuncionais.
Acácia Negra (Acacia mollissima Willd.)	Forno tradicional	Ácido acético (0,06%), metanol (0,025%) aromáticos (0,035%), fenólicos (0,03%), aldeídos (0,01%).
Bagaço de cana	Escala laboratorial	Água (73.6%), ácido acético (31.5%), ácido butírico (1,19%), fenol (0.95%), ácido fórmico (0,80%), metanol (0.68%).
Casca de café		Água (74.7%), ácido acético (20.3%), ácido butanóico(1.15%), phenol (0.92%), metanol (0.98%).
Resíduos de fumo		Água (83%), ácido acético (8.7%), amônio (4.7%), acetamida (1%), nicotina (0.96%), 2-pirrolidinona(0,62%), ácido butírico (0,57%).

Fonte: adaptado de MAEKAWA (2002), MIYSAKA *et al* (1999), OASOAA (2001), QIANG (2009), STEINER (2008).

A carbonização em escala industrial utiliza fornos tecnologicamente mais desenvolvidos, com possibilidades de controlar melhor a queima, condensar a fumaça de forma fracionada com maior facilidade. Assim, pode-se obter com mais rendimento e melhor aproveitamento compostos específicos do licor pirolenhoso (ANTAL (2003), TA *et al* (1997)).

PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO LICOR PIROLENHOSO

A utilização do licor pirolenhoso na agricultura é recente, no Brasil, e vem sendo divulgada e incentivada há algumas décadas pelo pesquisador Dr. Shiro Miyasaka, que realiza pesquisas no Japão, obtendo resultados promissores como fertilizante orgânico com base em resultados de pesquisas com produtos principalmente ligados a agricultura natural, que estão utilizando o licor pirolenhoso na produção hortifrutigranjeira e como insumo agrícola natural. Na agricultura natural é conhecido e utilizado como condicionador de solo, bioestimulante vegetal, indutor de enraizamento, repelente de insetos e contribui com a diminuição do uso de agroquímicos na agricultura convencional, desde que nas concentrações ideais, pois o licor pirolenhoso em alta concentração pode exercer efeito reverso (MIYSAKA *et al* (2001), MIYSAKA *et al* (1999)).

Segundo os estudos de Miyasaka *et al* (2001), a aplicação do licor pirolenhoso no solo possibilita a observação das melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas favorecendo a assimilação dos nutrientes pela planta. De acordo com Pangnakorn (2008), a aplicação do licor em diluições adequadas acelera o crescimento das raízes, caules, tubérculos, folhas, flores e frutos, contudo se aplicado em altas concentrações ou volumes inadequados inibe o desenvolvimento das mesmas.

Conforme exposto na maioria dos trabalhos disponíveis na literatura, a utilização e a recuperação do licor pirolenhoso, bem como sua correta utilização, poderá reduzir o impacto ambiental oriundo da liberação dos gases na atmosfera bem como gerar novos produtos e subprodutos com aplicação nas mais diversas áreas, criando alternativas de emprego e incentivando a reciclagem de resíduos (FROEHLICH *et al* (2011)).

CONCLUSÃO

O licor pirolenhoso apresenta composição distinta dependendo do tipo de matéria-prima utilizada, assim como as condições de obtenção de temperatura de carbonização e tipo de forno. Por se tratar de uma substância com muitos compostos orgânicos diferentes, apresenta potencial para utilização em inúmeras áreas, como agrícola, florestal, fitossanitária, remediação ambiental, aplicação no setor de energia a partir da produção de biocombustíveis e produção de hidrogênio, contudo os principais estudos concentram-se para aplicação na agricultura e não é amplamente estudado para aplicação industrial, tendo inclusive um número restrito de bibliografia acerca do assunto.

Percebe-se que a união da pesquisa e desenvolvimento junto aos produtores de carvão, incentivando a produção do licor pirolenhoso e também demonstrando as possibilidades de aplicação incrementará o mercado, inserindo o subproduto do carvão na linha comerciável dos produtores.

Além, disso, a partir desse artigo pretende-se mostrar que esse subproduto é um insumo com características muito interessantes, com utilização pouco explorada e com elevado potencial para emprego em várias soluções tecnológica em diferentes áreas.

REFERÊNCIAS

- ANTAL, M. Gronli, M. The art, science, and technology of charcoal production. *Ind. Chem. Res.* (42). P.1619-1640, 2003.
- ÁVILA, N. Moura, A.B.D. Avaliação da ativação de carvão de Ácacia Negra. P.13 -34. 2013.
- CUTIÑO, E.M. MEDINA, M.P. ORTEGA, G. GUILARTE, Y.B. CAMPO, A. S. Cromatogramas Gram-Schmidt del ácido piroleñoso obtenido em la pirolisis de diferentes biomassas vegetales. *Tecnología Química*. V. XXIX, nº3, 2009.
- FROEHLICH, P. MOURA, A.B.D. Estudo dos Processos de obtenção do carvão vegetal no Vale do Rio dos Sinos. *Dissertação*. P.33- 41. 2011.
- MAEKAWA, K. Curso sobre produção de carvão, extrato pirolenhoso e seu uso na agricultura (APAN – Associação dos produtores de Agricultura natural). 2002. Apostila.
- MIYASAKA, S. OHKAWARA, T. NAGAI, K. YAZAKI, H. SAKITA, M.N. Técnicas de produção e uso de fino de carvão e licor pirolenhoso In: *I ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS: Controle ecológico de pragas e doenças*. Resumos. Botucatu, SP. P. 161-176, 2001.
- MYASAKA, S. OHKAWARA, T. UTSUMI, B. Ácido pirolenhoso: uso e fabricação. *Boletim AgroEcológico*, nº 14, dezembro de 1999.
- OASOAA, A. PEACOCKE, C. A guide to physical property characterization of biomass-derived fast pyrolysis liquids. *VTT Energy*. Volume 450. P. 65-99, 2001.
- PANGNAKORN, U. Utilization of Wood Vinegar By-product from Iwate kiln for Organic Agricultural System In: *Technology and Innovation for Sustainable Development Conference*. Resumos. Phitsanulok, Thailand. P. 17-19, 2008.
- QIANG, L. WEN-ZHI, L. XI-FENG, Z. Overview of fuel properties of biomass fast pyrolysis oils. *Energy Conversion and Management*, V.50 p.1376–1383, 2009.
- STEINER, C. DAS, K.C. GARCIA, M. FORSTER, B. ZECH, W. charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic Ferralsol. *Pedobiologia*, volume 51. P. 359-366, 2008.
- SOUZA, J. RE-POPPIAAND, N. RAPOSO, J. Characterization of Pyrolygneous Acid used in Agriculture by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 23, No. 4, P. 610-617, 2012.
- TA, M. AGBLEVOR, F. DAVIS, M. DEUTCH, S. JOHNSON, D. A review of chemical composition of fast pyrolysis oils. *Developments in thermochemical biomass conversion*. Blackie Academic & Professional. P. 409–24, 1997.
- WEI, Q. MA, X. DONG, J. Preparation, chemical constituents and antimicrobial activity of pyrolygneous acids from walnut tree branches. *J. anal. Appl. Pyrolysis*, volume 87. P. 24-28, 2010.

ARGAMASSAS À BASE DE RESÍDUO DE CARVÃO VEGETAL (RCV)

Fernando Volpatto Ramos¹

Alexandre Silva de Vargas²

Palavras-chave: Resíduo. Carvão vegetal. Argamassas.

INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais, entre eles Areia (agregado miúdo) e Brita (agregado graúdo).

Com a crescente restrição da extração de areias de rios, ocorrida no RS nos últimos anos há necessidade de buscar novas fontes alternativas. Uma alternativa é a substituição parcial, em volume, desses agregados por resíduos de outros setores de forma sustentável.

Nesta pesquisa foi utilizado o resíduo proveniente do setor carvoeiro, que gera em torno de 10% de um particulado denominado aqui de resíduo de carvão vegetal (RCV).

O Rio Grande do Sul (RS) é um grande produtor de carvão vegetal. Em 2011 foram produzidas 43.973 t, com destaque às cidades de Presidente Lucena (450 t) e Lindolfo Collor (575 t) (IBGE, 2011).

TEMA

Argamassas à base de cimento Portland com aproveitamento e utilização sustentável de resíduos de carvão vegetal (RCV) em substituição de parte da areia. A pesquisa visa a caracterização tanto do RCV quanto das argamassas contendo o resíduo. Esta caracterização avalia as características físicas, químicas e morfológicas do RCV e as propriedades mecânicas, físicas e microestruturais das argamassas.

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Será que o RCV pode ser utilizado como agregado para produção de argamassas leves?

¹ Mestrando em Tecnologia dos Materiais e Processos Industriais Universidade Feevale (2015); Especializado em Engenharia de Segurança do Trabalho UCS RS (2004); Especializado em Produtividade e Qualidade PPGEP UFRGS (1996); Bacharel em Engenharia Mecânica PUC RS (1991) .

² Orientador. Professor da Feevale.

JUSTIFICATIVA DO TEMA

A produção de carvão vegetal, na maioria, ainda é realizada de forma tradicional. Esta produção gera um resíduo sólido com dimensões menores de 12 mm sem valor comercial. Em 2011 foram gerados no RS aproximadamente 4.400 t deste resíduo, que são depositados nas propriedades dos produtores.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica do emprego do resíduo de carvão vegetal (RCV), como agregado leve, em substituição parcial (em volume) da areia, em argamassas à base de cimento Portland.

Os objetivos específicos é de investigar a trabalhabilidade das argamassas, avaliar a influência do RCV na resistência à compressão, na absorção, no índice de vazios e na massa específica das argamassas, determinar o comportamento da resistência à compressão ao longo do tempo e caracterizar as argamassas sobre o aspecto morfológico (MEV).

DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Este trabalho foi delimitado em função das especificidades da pesquisa, como o prazo e os custos de ensaios. Foi utilizada apenas uma amostra de RCV, proveniente do carvão de acácia, obtida em um produtor na cidade de Presidente Lucena/RS.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Agregados são materiais granulares, com dimensões características e propriedades adequadas ao uso na construção civil. Os agregados são classificados quanto a sua origem (naturais e artificiais), quanto à dimensão das partículas (miúdo e graúdo) e quanto a sua massa específica (leve, normal ou pesado). Os agregados leves ($g < 2,0 \text{ kg/dm}^3$), tema deste trabalho, podem ser classificados em naturais ou artificiais. Normalmente, os agregados leves são utilizados para a produção de elementos construtivos não estruturais, visando características como baixo peso específico, melhor isolamento térmico e/ou acústico (NAZARI, 2012). Maycá (2008) comenta que os agregados leves podem ser utilizados a partir da substituição total ou parcial dos agregados tradicionais em argamassas e concretos.

Vários trabalhos foram desenvolvidos na busca de aplicação de argamassas com estes resíduos, podemos citar o RCD utilizado por Heineck (2012), o PET utilizado Hannawi et al (2010), o PVC utilizado por Kou et al (2009), o farelo de couro Wet Blue utilizado por Porfirio (2011) e o PU/EVA utilizado por Trein, et al. (2015), a borracha de estireno-

butadieno, ésteres poliacrílicos e acetato de vinilo-etileno utilizados por Ramli et al. (2012), entre outros.

METODOLOGIA

A metodologia adotada foi à caracterização dos materiais e das argamassas. As argamassas foram preparadas utilizando o cimento Portland tipo V- ARI de alta resistência inicial (ABNT 5733:1991), que apresentou $\varnothing_{\text{médio}} = 8,6 \mu\text{m}$. A areia utilizada foi a do rio Jacuí como *agregado natural miúdo*, com módulo de Finura (MF) de 2,85 e diâmetro máximo de 2,36 mm (ABNT NM 248:2003). A massa específica determinada através do uso do Frasco de Chapman é de $2,64 \text{ g/cm}^3$. O RCV utilizado foi proveniente de uma carvoaria de Presidente Lucena/RS, adotando os passantes na abertura de malha de 4,75mm como agregado miúdo (ABNT NBR 7211:2009). O módulo de Finura (MF) foi determinado e é de 3,62 e o diâmetro máximo do agregado é de 2,36 mm (Norma ABNT NM 248:2003). A massa específica aparente é $d_{\text{RCV}} = 0,51 \text{ g/cm}^3$ (ABNT NBR NM 45: 2006). A massa específica real ou relativa $\gamma_{\text{RCV}} = 1,12 \text{ g/cm}^3$ determinada adaptando-se o uso do frasco volumétrico de Le Chatelier, pois com o uso do frasco de Chapman havia muito material sobrenadando.

Foram preparadas argamassas de referência (0% de RCV) de 1:3 (cimento:areia) e relação a/c de 0,48 (ABNT NBR 7215:1996) e com teores de 5, 10, 15, 20 e 30% de RCV, em substituição em volume da areia. Foram adotados dois traços para cada teor de RCV: Traço I, onde se ajustou a relação a/c para manter o índice de consistência no valor de $180 \pm 20\text{mm}$. Traço II, onde se manteve a relação a/c de 0,48. As argamassas foram lançadas em moldes conforme NBR 7215:1996. A cura foi realizada em temperatura ambiente. Foram realizados ensaios de resistência à compressão, massa específica, índice de vazios e absorção nas idades de 7, 28, 63 e 91 dias. A caracterização morfológica (MEV) e mineralógica (DRX) das argamassas foi realizada na idade de 7 dias. Com o auxílio da análise estatística ANOVA foram analisados os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando os percentuais de queda na resistência à compressão pode-se concluir que as argamassas com 5% de RCV não foram influenciadas de forma significativa. A partir de 10% de RCV houve queda significativa. Não houve diferença significativa entre as argamassas 10% e 15% de RCV, neste caso, independente da relação a/c, os percentuais médios de queda na resistência à compressão, quando comparados aos valores das argamassas

referência, ficaram entre 25 e 30%. Para as argamassas contendo 20% de RCV, o intervalo médio de queda na resistência à compressão ficou entre 30 e 40%, independente da relação a/c. Argamassas contendo 30% de RCV, o intervalo médio de queda na resistência à compressão ficou entre 50 e 60%, independente da relação a/c. Teores maiores de 5% de RCV apresentaram aumento da relação a/c para manter o índice de consistência de 180 ± 20 mm;

Argamassas com teores de 5% de RCV, em volume, não apresentaram diferenças significativas na resistência à compressão e nem na massa específica em relação à referência. O aumento do teor para 10% de RCV, em volume, teve uma redução da massa específica em torno de 5%. Aumentando o teor a partir dos 10% de RCV, em média, a cada 5% de substituição a mais, de RCV há redução da massa específica das argamassas em torno de 2%. Há aumento proporcional de 14% no volume de poros para cada 10% de substituição da areia pelo RCV. Argamassas com teor de 30% de RCV tiveram redução da sua massa em 10%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, o teor de 5% de RCV não apresentou diferença significativa nem na redução da massa específica nem na redução da resistência à compressão. Teores a partir de 10% de RCV sofrem queda significativa. Não há diferença significativa entre as argamassas 10% e 15% de RCV. Teor de 20% de RCV sofre queda na resistência de 30 e 40%, mas superiores a 18 MPa, independente da relação a/c; e apresentaram redução da sua massa aparente em 7% em relação às argamassas referência. Teor de 30% de RCV sofre queda na resistência de 50 e 60%, mas superiores a 12 MPa independente da relação a/c e apresentaram redução da sua massa aparente em 10% em relação às argamassas referência.

Conclui-se então que o RCV apresenta potencial com agregado leve para uso em argamassas pela indústria da construção. Contudo, devem-se realizar ensaios de durabilidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5733: Cimento Portland com Alta Resistencia Inicial. 5p. Rio de Janeiro, 1991.

_____.NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. 2 p. Rio de Janeiro, 2009.

_____.NBR 7215: Resistência à compressão do Cimento Portland. 8 P. Rio de Janeiro, 1996.

_____.NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 8 p. Rio de Janeiro, 2006.

_____.NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. 6 p. Rio de Janeiro, 2003

HANNAWI, Kinda; at al., **Physical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates**. Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique (LGCGM), France. Waste Management 30, p. 2312–2320. 2010.

HEINECK, Simone; **Desempenho de Argamassas de Revestimento com Incorporação da Fração Miúda da Britagem de Concreto**; Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, Fevereiro de 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**; p. 53, 2011;

KOU, S.C.; at al. **Properties of lightweight aggregate concrete prepared with PVC granules derived from scraped PVC pipes**. Department of Civil and Structural Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Hong Kong, Waste Management 29, p. 621–628, 2009.

MAYCÁ, Jeferson; **Contribuição ao Estudo da Argila Expandida Nacional como Alternativa de Agregado Graúdo para Concretos Leves Estruturais (CLE)**; Departamento de Engenharia Civil – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2008. 16p.

NAZARI, Ali; KHALAJ, Gholamreza; **Prediction compressive strength of lightweight geopolymers by ANFIS**; Department of Materials Science and Engineering, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran; Revista Ceramics International 38 (2012) p.4501–4510.

PORFIRIO, Wagner Agnelo; at al.; **Caracterização do Farelo de Couro Wet Blue e seu Potencial de uso em Argamassas de Cimento Portland**. Engenharia Estudo e Pesquisa, Feevale. v. 11; n. 1; p. 36-42; jan./jun. 2011.

RAMLI, Mahyuddin; TABASSI, Amin Akhavan; **Effects of polymer modification on the permeability of cement mortars under different curing conditions: A correlational study that includes pore distributions, water absorption and compressive strength**; School of Housing, Building and Planning, Universiti Sains Malaysia (USM), 11800 Penang, Malaysia; Construction and Building Materials 28; p. 561 – 570; 2012.

TREIN, Fabiano André; **Influência do Uso de Resíduos de Eva e de Têxteis Recobertos com Poliuretano como Agregado Leve em Argamassas Álcali-Ativadas**. Linha de Pesquisa: Tecnologias e Intervenção Ambiental; Tese de Doutorado; Universidade Feevale; 191 p. 2015.

AVALIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Sheila Maria Leuck

Prof. Dr. Marco Antônio Siqueira Rodrigues

Palavra-chave: Tratamento de esgoto. Processo aeróbio. Processo anaeróbio. Reator UASB.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto é de suma importância para a diminuição da poluição das bacias hidrográficas e das doenças causadas pelo lançamento inadequado destes despejos. O crescimento populacional principalmente em países como Brasil, China, Índia deve ser tratado com grande importância pelo governo, pois com este aumento populacional a quantidade de esgoto gerado aumenta e com isso a poluição também caso este esgoto não for tratado, pois volta para os rios. Sendo que dos rios é coletado água para produção de água potável.

Os dados apresentados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2013) mostram que 82,5% são atendidos pelo abastecimento de água tratada, 48,6% da população tem acesso à coleta de esgoto e apenas 39% dos esgotos do país são tratados. No Rio Grande do Sul o saneamento básico tem os seguintes dados: rede de água 84,06%, coleta de esgoto 29,15%, tratamento de esgoto 12,58% e perdas de água 37,23% (Sistema Nacional de informações sobre Saneamento (SNIS, 2013).

Diante deste cenário, o desenvolvimento de investigações que abordam a eficiência de sistemas de tratamento é de suma importância. Neste trabalho se realizou a avaliação do sistema de tratamento de esgoto de uma Universidade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A palavra esgoto costumava ser usada para definir tanto a tubulação condutora das águas servidas de uma comunidade, como também o próprio líquido que flui por estas canalizações. Hoje, este termo é usado quase que apenas para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, industrial, as de utilidade pública, de áreas agrícolas, de superfície, pluviais, e outros efluentes sanitários (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

Os processos anaeróbios são os responsáveis pela degradação da matéria orgânica particulada ou dissolvida no esgoto. A digestão anaeróbia de compostos orgânicos complexos é normalmente considerada um processo de dois estágios. No primeiro estágio, um grupo de bactérias facultativas e anaeróbias, denominadas formadoras de ácidos ou fermentativas, convertem os orgânicos complexos em outros compostos. Compostos orgânicos complexos como carboidratos, proteínas e lipídios são hidrolizados, fermentados e biologicamente convertidos em materiais orgânicos mais simples, principalmente ácidos voláteis (CHERNICHARO,1997).

Entre os reatores que operam em regime anaeróbico, o reator UASB, é o mais empregado. Este reator consiste em um processo de tratamento de alta taxa, com capacidade de reter grandes quantidades de biomassa no sistema. A biomassa tem um crescimento disperso no meio líquido e apresenta elevada capacidade de absorção de substrato. Normalmente o lodo se apresenta na forma de grânulos, com diâmetros médios variando de 1 a 5 mm (ÁVILA, 2005).

De acordo com Von Sperling, (1996), entre os processos de tratamento de esgoto a utilizarem a aeração artificial encontra-se as lagoas aeradas, os lodos ativados e suas variantes, os biofiltros aerados e alguns outros processos mais específicos. Dentre os processos de tratamento do lodo, a digestão aeróbia utiliza também a aeração artificial.

No processo aeróbio são empregadas microorganismos para oxidar o restante da matéria orgânica proveniente da etapa anaeróbia com o uso de oxigênio molecular.

As formas de se produzir a aeração artificial são aeração por ar difuso e aeração superficial ou mecânica.

O biofiltro aerado submerso é constituído por um tanque preenchido com um material poroso, através do qual esgoto e ar fluem permanentemente. Na quase totalidade dos processos existentes, o meio poroso é mantido sob total imersão do fluxo hidráulico. O biofiltro é, portanto, um reator trifásico, composto por fase sólida, fase líquida e fase gasosa (VON SPERLING, 2005).

METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada a avaliação do sistema existente de rede coletora e de tratamento da universidade. A identificação da vazão máxima e mínima de esgoto enviada para a estação de tratamento foi medida diretamente na calha parchal instalada na saída da estação de tratamento. O sistema hidráulico, os reservatórios e as caixas de passagem foram avaliadas a fim de identificar entradas de pluvial existentes no sistema. A estação de

tratamento de esgoto possui um sistema de gradeamento seguida de um reator UASB e um reator aeróbio com volume total dos reatores de 120 m³. A amostragem e análise para determinação de DBO₅, DQO, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal, pH, coliformes fecais estão sendo executadas na Central Analítica da Universidade Feevale.

RESULTADOS

Com a avaliação da vazão foi possível identificar que em determinados períodos do dia a vazão está muito acima da vazão de projeto. Isto faz com que o esgoto não tenha tempo de detenção suficiente e com isso não consiga fazer o processo de nitrificação/ desnitrificação do esgoto para a remoção de nitrogênio amoniacal.

Com o levantamento hidráulico foi identificado entrada de pluvial nas caixas de passagem. Isso causa o aumento da vazão e arraste de lodo do sistema em dias de chuva. Estas caixas foram arrumadas a fim de não enviar mais pluvial para a estação de tratamento.

O reator aeróbio passou por uma manutenção em maio/2015 e após esta manutenção os resultados de nitrogênio amoniacal foram monitorados. A figura 1 apresenta os resultados de nitrogênio amoniacal após manutenção.

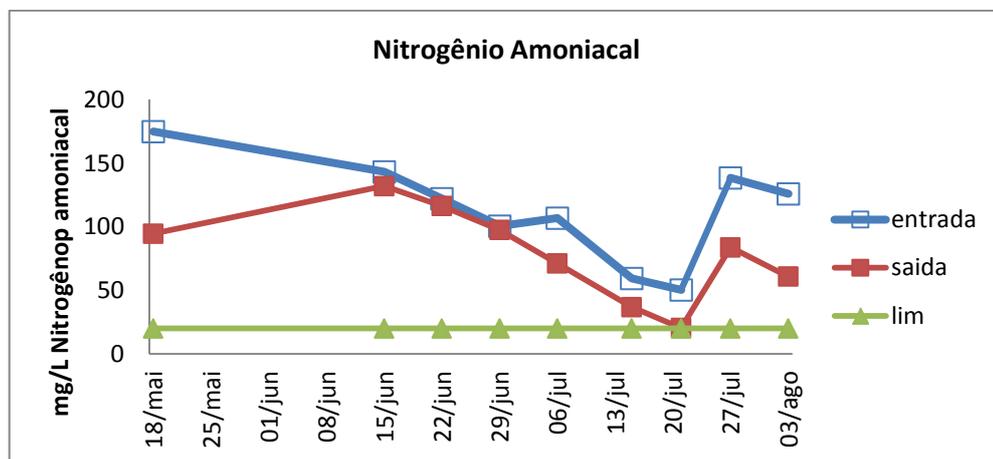


Figura 1 - Resultados de nitrogênio amoniacal após manutenção do sistema

Pode-se observar que os valores apresentados em maio estavam elevados e após a manutenção do sistema os resultados diminuíram até chegar ao limite máximo estabelecido. Estes resultados também podem ter interferência do período de férias, pois no mês de junho diminui a vazão de esgoto em função da diminuição de usuários no Campus e conseqüentemente o tempo de detenção do esgoto nos reatores é aumentado.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos até o momento mostram que com a retirada dos pluviais do sistema e a manutenção do sistema de aeração foram obtidos bons resultados.

O sistema existente não possui boa eficiência para remoção de nitrogênio amoniacal. Segundo o projeto do sistema a remoção de nitrogênio amoniacal é de 50%. Em algumas coletas o valor de nitrogênio amoniacal da entrada apresenta resultados muito elevados.

É necessário continuar a avaliação a fim de identificar os pontos que podem estar contribuindo para o aumento do nitrogênio amoniacal no esgoto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta avaliação foi possível identificar problemas no sistema hidráulico, caixas de inspeção, sistema de aeração. A cada detecção de problema foram feitas ações corretivas para a adequação do sistema e posterior avaliação através de coletas e análises em laboratório.

A remoção de nitrogênio amoniacal no sistema em operação, de acordo com o projeto tem eficiência de 50%, mas os dados apresentados após avaliação são de 31%. Em nove coletas, apenas duas obtiveram valores acima de 50% de eficiência na remoção de nitrogênio amoniacal.

É importante identificar quais os pontos de geração de esgoto em todo o sistema e executar ações corretivas para eliminar os causadores do aumento de nitrogênio na estação de tratamento de esgoto.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, Renata Oliveira de. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. XIV, 166p Tese –Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2005.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbios**. 1ª Ed. Belo Horizonte, MG: DESA – UFMG, 2000. 245 p. (Princípios de Tratamento Biológicos de Águas Residuárias; volume 5)

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014. vixx, 1087 p.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** [1. ed.] Belo Horizonte, MG: UFMG, 1996. 211 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 2)

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte, MG: DESA - UFMG, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias ; v. 1) Disponível em:
<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>. Acessado em julho de 2015.

AValiação DAS PROPRIEDADES ELETROQUÍMICAS DE MEMBRANAS ION SELETIVAS HETEROGÊNEAS PARA APLICAÇÃO EM ELETRODIÁLISE

Graciela M. da Silveira¹
Felipe T. Nascimento²
Joana Corte³
Naiara Martins⁴
Michel Flach⁵
Fabrício Celso⁶
Ricardo M. de Martins⁷
Marco Antonio Siqueira Rodrigues⁸
Vanusca D. Jahno⁹

Palavras-chave: Membrana. Eletrodiálise. Reuso de água.

INTRODUÇÃO

A constante busca por soluções alternativas e novas tecnologias para a obtenção de água potável se torna cada vez mais importante devido, à escassez causada pelas mudanças climáticas e à motivação proveniente da necessidade de redução de efluentes e resíduos industriais, visando principalmente o reuso da água [1].

O emprego da eletrodiálise em grande escala para tratamento de efluentes ainda é recente e o fato de as membranas íon seletivas não serem fabricadas no Brasil torna o

¹ Autora principal. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Química pela Universidade Feevale e Técnica em Química pela FETLSVC.

² Autor. Mestrando em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Químico pela Universidade Feevale.

³ Autora. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Química pela Universidade Feevale.

⁴ Autora. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais pela Universidade Feevale, Eng. Química pela UFRGS e Técnica em Química pela FETLSVC.

⁵ Autor. Mestre em Qualidade Ambiental e Eng. Industrial Químico pela Universidade Feevale.

⁶ Autor. Doutor em Ciência dos Materiais pela UFRGS, Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais pela UFRGS e Eng. de Plásticos pela ULBRA.

⁷ Autor. Doutor e Mestre em Química pela UFRGS e Químico Bacharel e Licenciado pela UFRGS.

⁸ Autor. Doutor e Mestre em Engenharia de Materiais pela UFRGS e Químico Industrial e Bacharel pela UFRGS.

⁹ Autora e Orientadora. Química Industrial e Licenciada em Química pela PUCRS. Mestrado em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS e Doutorado em Medicina e Ciências da Saúde pela PUCRS.

processo oneroso, em função do alto custo envolvido na importação destes materiais. Sendo assim, este trabalho vem contribuir para a ampliação dessa técnica no país, tendo como objetivo desenvolver membranas aniônicas heterogêneas para tal aplicação.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em função das limitações dos métodos convencionais normalmente utilizados para o tratamento de efluentes e da necessidade de reutilizar a água no processo industrial para a viabilidade e competitividade de tal processo, a eletrodialise (ED) apresenta-se como uma alternativa mais eficiente na remoção de íons presentes nos efluentes industriais e nas águas dos rios, proporcionando uma alta qualidade da água e do efluente tratado, permitindo o seu lançamento novamente nos recursos hídricos e o seu reuso na indústria, diferentemente dos tratamentos convencionais. A ED baseia-se na migração seletiva de íons em solução através de membranas de troca iônica pela aplicação de eletricidade (força motriz) entre dois eletrodos [2,3].

As membranas íon seletivas heterogêneas utilizadas em ED são compostas efetivamente por resinas de troca iônica dispersas em uma matriz polimérica, produzidas na forma laminar e apresentam a característica de permitir a migração seletiva de íons [4]. Durante os últimos 50 anos, esse tipo de membrana vem evoluindo de escala laboratorial para produtos industriais com impacto técnico e comercial significativos. O principal motivo que leva ao uso cada vez maior da ED a nível mundial é o desenvolvimento alcançado na fabricação de membranas, buscando o compromisso entre a vida útil, capacidade de separação e consumo de energia elétrica. A evolução deste tipo de membrana, não só torna o processo mais limpo e energeticamente mais eficiente, mas também recupera efluentes úteis, até então tratados como resíduos, colaborando para a construção de uma sociedade sustentável [5,6].

METODOLOGIA

A membrana aniônica obtida é composta por uma resina aniônica Purolite®, na proporção de 40% na mistura, e pelo polímero SEBS, na proporção de 60%. A amostra foi produzida através do método de dissolução e evaporação do solvente, também conhecido como processo *casting*, que consiste em dispersar as partículas de resina em solução de matriz polimérica e posterior evaporação do solvente a fim de obter o filme. Neste caso, o polímero foi dissolvido com um solvente adequado, em banho-maria a 50°C e a resina posteriormente dispersa nesta solução. A mistura foi vertida em molde de vidro para completa evaporação do solvente e formação da membrana, na temperatura ambiente.

Durante os ensaios, a membrana experimental foi comparada com a membrana aniônica HDX200, utilizada como padrão de referência, por ser uma membrana comercial, já validada no mercado para a aplicação em eletrodialise. As membranas foram então caracterizadas, tendo seu desempenho avaliado através dos ensaios descritos a seguir.

Absorção de Água

No método aplicado, as membranas foram equilibradas em água destilada à temperatura ambiente e sua massa foi medida. Após a secagem em estufa, a massa foi medida novamente. A quantidade de água absorvida pela membrana foi determinada pela diferença entre as massas úmida e seca. A média de absorção de água é expressa em porcentagem [7].

Capacidade de Troca Iônica (CTI)

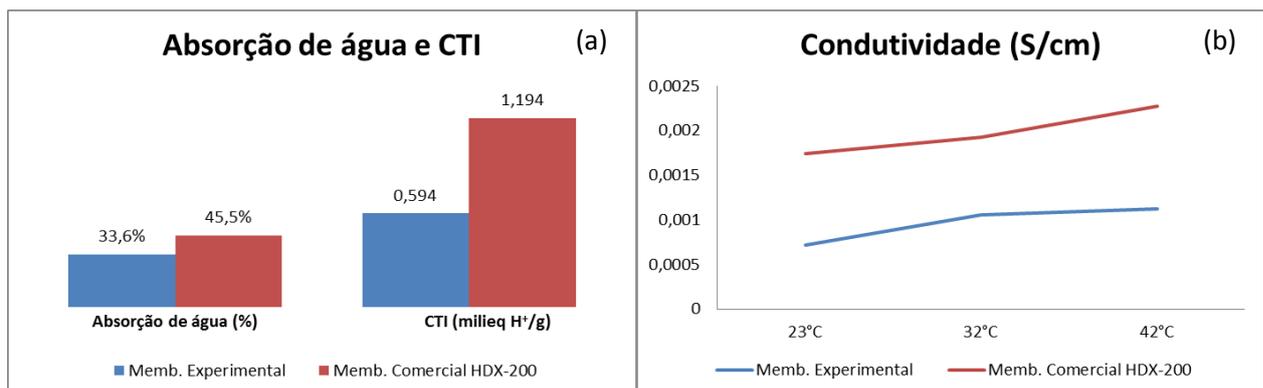
No intuito de avaliar a CTI das membranas, estas foram secas em estufa e suas massas foram determinadas. Posteriormente, foram imersas em água destilada e, na sequência, foram imersas em solução de KOH 1M. Após lavagem com água destilada, as membranas foram imersas em solução de HCl 0,02M. A CTI foi determinada por titulação com NaOH 0,005M, em duplicata [7, 8].

CONDUTIVIDADE IÔNICA

A condutividade das membranas foi calculada a partir de medidas de resistividade, que foram realizadas em uma amostra retangular de membrana inserida em uma célula eletroquímica com medida no sentido longitudinal, utilizando um potenciostato AUTOLAB modelo PGSTAT1230302 com módulo/software FRA versão 4.9.007, em modo de varredura de frequências entre 1 Hz e 30 Hz, temperatura determinada e 100% de umidade relativa [9].

RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaio de absorção de água, CTI e condutividade iônica podem ser observados na Figura 1.



DISCUSSÃO

Através dos resultados obtidos no ensaio de absorção de água, observados na Figura 1(a), verifica-se que a membrana aniônica experimental apresentou menor absorção de água quando comparada à membrana comercial HDX200. O resultado prático apresentou-se coerente com a referência teórica disponibilizada pelo fornecedor da membrana HDX200, na qual a absorção de água encontra-se na faixa de 30 a 45%. É importante destacar que a capacidade de inchamento da membrana é um parâmetro de grande importância na aplicação final, uma vez que influencia não somente a sua estabilidade dimensional, mas também a seletividade, resistência elétrica e permeabilidade hidráulica, e deve ser avaliada em conjunto com os demais resultados. Na determinação de CTI, a membrana experimental exibiu a metade do desempenho da comercial, conforme se observa também na Figura 1(a). Em ambos os ensaios, a variação dos resultados em relação à membrana comercial pode ser explicada pelo fato de que estes parâmetros dependem e aumentam de forma proporcional à quantidade de grupos funcionais (resina de troca iônica) presente na composição das membranas aniônicas, conforme evidenciado também em diversos estudos publicados [10-13].

No que tange ao conjunto de dados da condutividade iônica, evidentes na Figura 1(b), observa-se, analisando a declividade das curvas no gráfico, que a condutividade mostrou-se dependente da temperatura, com desempenho semelhante (mesma ordem de grandeza) à membrana comercial HDX200. A condutividade iônica se destaca como um parâmetro fundamental na avaliação de membranas íon seletivas, uma vez que impacta diretamente no desempenho, eficiência e consumo energético do processo de eletrodialise.

Com base nos resultados obtidos, observa-se que o desempenho da amostra produzida em laboratório relativo à absorção de água tenha sido inferior ao da membrana comercial, a relação entre os resultados está coerente, pois uma maior absorção de água da membrana deve ocasionar maiores CTI e condutividade. No entanto, considera-se ainda a necessidade de se conhecer o desempenho da membrana obtida em sua totalidade, na célula de eletrodialise que é a aplicação final para qual a membrana é destinada. Assim, a membrana experimental mostrou-se promissora nos resultados obtidos, pois embora tenha apresentado desempenho menos eficiente do que a comercial no teste de CTI, apresentou resultado similar no ensaio de condutividade. Por esta razão, trabalhos futuros são considerados no intuito de determinar o seu desempenho na aplicação final a que se destina.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos ensaios realizados, foi possível obter uma membrana aniônica com desempenho promissor em relação à comercial, o que valida a matriz de SEBS e a resina Purolite A400 como materiais promissores no desenvolvimento de membranas aniônicas heterogêneas para aplicação em ED. O desenvolvimento e a fabricação de membranas nacionais permitirão que as indústrias brasileiras possam utilizar a ED em grande escala, com um custo compatível, no intuito de contribuir e amenizar o cenário atual, de escassez de água no país, já em situação muito crítica em alguns estados brasileiros.

REFERÊNCIAS

- C. Kunrath *et al.* in Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, 2013.
- M. A. S. Rodrigues, F. D. R. Amado *et al.* *Journal of Cleaner Production* 2008, 16, p 605-611.
- V. Coman; B. Robotin. *Resources, Conservation and Recycling* 2013, 73, p 229-238.
- F. D. R. Amado, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- F. Müller; C. A. Ferreira *et al.* in Anais do 11º Congresso Brasileiro De Polímeros, São Paulo, 2011.
- S. C. S. Jucá; P. C. M. Carvalho. Métodos de Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos: Aplicações em Dessalinização. 1º edição. Duque de Caxias, 2013.
- F. Müller, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.
- G. Hwanga; H. Ohya. *Journal of Membrane Science* 1998, 140, p 195-203.
- F. Celso *et al.* in Anais do 12º Congresso Brasileiro de Polímeros, Florianópolis, 2013.
- V. Punita; B. Shah *et al.* *Reactive & Functional Polymers* 2000, 44, Elsevier, p 101-110.
- R. Nagarale; G. Gohil *et al.* *Advances in Colloid and Interface Science* 2006, 119, p 97-130.
- J. Schauer *et al.* *Journal of Membrane Science* 2012, 401-402, p 83-88.
- H. Strathmann; A. Grabowski *et al.* *Industrial & Engineering Chemistry Research* 2013, 52, p 10364-10379.

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ELETRODIÁLISE NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Luciana Ely Bacher¹

Carla Denize Venzke²

Cristiano de Oliveira³

Iona Souza Lemmert⁴

Aline Bauer Lacerda⁵

Marina Allgayer⁶

Marco Antônio Siqueira Rodrigues⁷

Palavras-chave: Eletrodiálise reversa. Membranas íons-seletivas.

INTRODUÇÃO

O Rio dos Sinos é a principal fonte de abastecimento de água na região do vale dos Sinos, cerca de 1,2 milhões de habitantes. Entretanto, atualmente, este é considerado o rio mais poluído do Estado - RS (FEPAM, 2009). Nesta região o abastecimento é garantido através da empresa COMUSA- Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. O tratamento é realizado de forma convencional (físico- químico), no entanto, com o agravamento da poluição do Rio dos Sinos, evidencia-se o uso de tecnologias alternativas para promover a qualidade da água necessária para o abastecimento público.

Para este estudo, utilizou-se a tecnologia de separação por membranas (SPM), eletrodiálise reversa (EDR). Este é um processo na qual a força motriz aplicada é um potencial elétrico, onde os íons são transportados pelas membranas catiônicas e aniônicas, formando duas soluções, uma mais diluída e outra mais concentrada. Isto ocorre, através de

¹ Luciana Ely Bacher, Possui graduação em Engenharia Química pela UFRGS. Mestrado em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale.

² Carla Denize Venzke, Graduada em Gestão Ambiental (IFSul), Especialista em Gestão da Qualidade para o Meio Ambiente (PUCRS) e Mestranda em Tecnologia dos Materiais e Processos Industriais na Universidade Feevale.

³ Cristiano de Oliveira, graduando de Farmácia na Universidade Feevale.

⁴ Iona Souza Lemmert, Mestranda em Tecnologia dos Materiais e Processos Industriais na Universidade Feevale. Engenheira Industrial Química pela mesma Universidade.

⁵ Aline Bauer Lacerda, Mestranda em Tecnologia dos Materiais e Processos na Universidade Feevale, Graduada em Engenharia Química na Ulbra.

⁶ Marina Allgayer, graduanda de Gestão Ambiental na Unisinos.

⁷ Marco Antônio Siqueira Rodrigues, Pós-Doutor em Eletroquímica (Universidade Politécnica de Valência – Espanha), docente nos programas de pós-graduação em Qualidade Ambiental (mestrado e doutorado).

uma corrente elétrica contínua, onde os ânions migram pela membrana aniônica em direção ao ânodo e os cátions migram para o cátodo pelas membranas catiônicas (BERNARDES *et al.*, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2008; TANAKA, 2009).

A vantagem da EDR para a convencional eletrodialise (ED) reside na capacidade de inversão da polaridade dos eletrodos (tempo de reversão), reduzindo assim a concentração de polarização e eventuais incrustações das membranas (ALLISON, 1991; ASTOM 2010; GOODMAN *et al.*, 2013).

Este trabalho tem como escopo, avaliar o desempenho da EDR aplicada na água filtrada da estação de tratamento, realizado com o uso de um sistema piloto de EDR. Neste trabalho serão apresentados os resultados desta aplicação, através da extração percentual dos parâmetros cloretos, fluoreto, nitrato, nitrito, sulfato, cálcio, magnésio, potássio e sódio, em relação a água filtrada tratada por tratamento convencional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos experimentos foi utilizado um sistema piloto de EDR da HidroDEX, modelo EDR 0,25-100 1E 1s1e. O *stack* contém 100 membranas, 50 catiônicas e 50 aniônicas. O sistema foi instalado na COMUSA- Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo em fevereiro de 2015, realizado em processo contínuo, sendo monitorado diariamente.

Foram avaliados três amostras (A, B e C) do fluxo do diluído, após o tratamento da EDR (AEDR) representadas na Tabela 1, em três distintas configurações. Cada amostra foi analisada nos seguintes parâmetros: cloretos, fluoreto, nitrato, nitrito, sulfato, cálcio, magnésio, potássio e sódio. As amostras foram analisadas por cromatografia iônica no equipamento Dionex – ICS 5000. Para as quantificações dos metais foi utilizada a técnica de absorção atômica, no equipamento Spectra AA 110, Varian.

Tabela 1 - Amostras (A, B e C) da AEDR avaliadas em três distintas configurações

Amostras AEDR	Potencial (V)	Densidade de Corrente (mA.cm ⁻²)	Recirculação no diluído	Vazão do diluído (L.h ⁻¹)
A	190	0,04	com	200
B	185	0,05	sem	180
C	255	0,05	sem	200

As amostras de AEDR foram avaliadas em relação a água filtrada anterior ao tratamento de EDR (AFI). O equipamento de EDR utilizado na COMUSA está representado na Figura 1.



Figura 1 - Sistema piloto EDR 0,25-100 1E 1s1e

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Gráfico 1 encontram-se as extrações percentuais (Ep%) avaliadas nas três configurações demonstradas na Tabela 1, para cada parâmetro indicado.

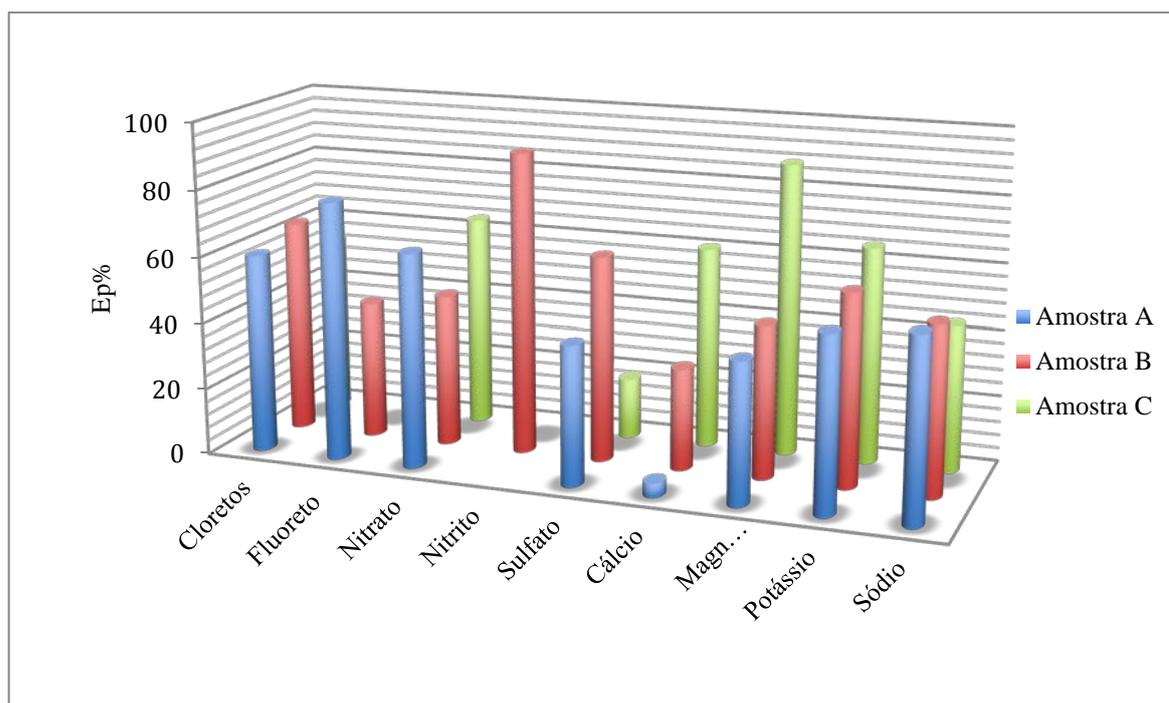


Gráfico 1 - Avaliação das Ep% dos parâmetros cloretos, fluoreto, nitrato, nitrito, sulfato, cálcio, magnésio, potássio e sódio, para amostras A, B, C.

Observa-se que as Ep% para cada parâmetro foram variadas nas três amostras para cada configuração. Na amostra B, com um potencial de 185V e com uma corrente de $0,05\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$, obteve-se a Ep% do nitrito, com 90,60%. Na amostra C, com um potencial de 255V e vazão de $200\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$, evidencia-se a extração do magnésio, com 87,73%. No entanto, percebe-se que para a configuração da amostra B, com 185 V e vazão de $180\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$, obteve-se maiores extrações para os demais parâmetros, ressaltando-se cloretos, sulfato e potássio, com uma Ep% de 64,16%; 61,80% e 57,69%, respectivamente. Percebe-se que com uma vazão menor e com um potencial menor, consegue-se resultados mais eficientes. Pois com uma vazão menor, aumenta-se o tempo que o fluxo permanece no *stack* aumentando-se a extração iônica.

CONCLUSÕES

A partir destes resultados, percebe-se que utilizando-se um potencial menor (185V), com uma vazão do diluído menor ($180\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$), obtém-se melhores resultados, ressaltando-se para o nitrito com uma redução de 90%. No entanto, ainda será necessário novas avaliações para certificar-se do melhor desempenho da EDR.

REFERÊNCIAS

ALLISON, R.P. Surface and Wastewater Desalination by Electrodialysis Reversal. American Water Works Association Membrane Technology Conference, Orlando, Florida, march 1991.

ASTOM CORPORATION. <http://www.astom-corp.jp/en/index.html>. Acesso em 05/05/2015.

BERNARDES, A.M., DALLA COSTA, R.F., FALLAVENA, V.L.V., RODRIGUES, M.A.S., TREVISAN M.D., FERREIRA, J. Z. Electrochemistry as a clean technology for the treatment of effluents: The application of electrodialysis. **Metal Finishing**. v. 98, p. 52-58, 2000.

BERNARDES, A.M.; RODRIGUES, M.A.S.; FERREIRA, J. Z. **Electrodialysis and Water Reuse**. Porto Alegre e Novo Hamburgo: Springer, 2014. 144 p.

FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental, RS. Relatório da Qualidade da Água, 2009. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade>

GOODMAN, Nigel B. et al. A feasibility study of municipal wastewater desalination using electrodialysis reversal to provide recycled water for horticultural irrigation. **Desalination**, v. 317, p.77-83, 2013.

RODRIGUES, M.A.S., AMADO, F.D.R., XAVIER, J. L. N., STREIT, K. F., BERNARDES, A. M., FERREIRA, J. Z. Application of photoelectrochemical-electrodialysis treatment for the recovery and reuse of water from tannery effluents. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 605-611, 2008.

TANAKA, Y. A computer simulation of continuous ion exchange membrane electrodialysis for desalination of saline water. *Desalination*, p. 809-821, 2009.

AVALIAÇÃO DO TRASPORTE IÔNICO DE MEMBRANAS ÍON SELETIVAS HETEROGÊNEAS APLICADAS EM ELETRODIÁLISE

Graciela M. da Silveira¹
Felipe T. Nascimento²
Joana Corte³
Naiara Martins⁴
Michel Flach⁵
Fabrício Celso⁶
Ricardo M. de Martins⁷
Marco Antonio Siqueira Rodrigues⁸
Vanusca D. Jahno⁹

Palavras-chave: Membrana. Eletrodiálise. Reuso de água.

INTRODUÇÃO

A constante busca por soluções alternativas para a obtenção de água potável se torna cada vez mais importante devido, entre outros fatores, à escassez causada pelas mudanças climáticas [1]. Adicionalmente, a redução de efluentes e resíduos industriais também é uma preocupação mundial e tem sido uma motivação para a demanda de novas tecnologias para tratamento de efluentes, visando principalmente o reuso da água.

¹ Autora principal. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Química pela Universidade Feevale e Técnica em Química pela FETLSVC.

² Autor. Mestrando em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Químico pela Universidade Feevale.

³ Autora. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Química pela Universidade Feevale.

⁴ Autora. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais pela Universidade Feevale, Eng. Química pela UFRGS e Técnica em Química pela FETLSVC.

⁵ Autor. Mestre em Qualidade Ambiental e Eng. Industrial Químico pela Universidade Feevale.

⁶ Autor. Doutor em Ciência dos Materiais pela UFRGS, Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais pela UFRGS e Eng. de Plásticos pela ULBRA.

⁷ Autor. Doutor e Mestre em Química pela UFRGS e Químico Bacharel e Licenciado pela UFRGS.

⁸ Autor. Doutor e Mestre em Engenharia de Materiais pela UFRGS e Químico Industrial e Bacharel pela UFRGS.

⁹ Autora e Orientadora. Química Industrial e Licenciada em Química pela PUCRS. Mestrado em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS e Doutorado em Medicina e Ciências da Saúde pela PUCRS.

Este trabalho vem contribuir para a ampliação do uso da técnica de eletrodiálise no Brasil, tendo como objetivo desenvolver membranas aniônicas heterogêneas utilizadas em eletrodiálise.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os métodos convencionais normalmente utilizados para o tratamento de efluentes apresentam algumas limitações que dificultam o descarte em razão dos recursos hídricos e impossibilitam o reuso da água, gerando ainda um lodo resultante do processo que é classificado como resíduo perigoso para sua disposição final [2]. Este cenário caracteriza um problema de ordem ambiental e econômico para as empresas envolvidas. Dessa forma, a possibilidade de reutilizar a água no processo industrial já é um fator de grande importância para a viabilidade e competitividade de tal processo.

O processo de eletrodiálise (ED) apresenta-se como uma alternativa mais eficiente, quando comparado aos métodos tradicionais de tratamento de efluentes. A ED baseia-se na migração seletiva de íons em solução através de membranas de troca iônica pela aplicação de eletricidade, que atua como força motriz, entre dois eletrodos [3,4]. O emprego da eletrodiálise em grande escala para tratamento de efluentes ainda é recente e o fato de as membranas para eletrodiálise não serem fabricadas no Brasil torna o processo oneroso, devido ao alto custo envolvido na importação destes materiais.

As membranas íon seletivas heterogêneas utilizadas em eletrodiálise são sistemas sólidos eletrocarregados química ou fisicamente, oriundos da fixação de cargas em matrizes poliméricas. Essas membranas são compostas efetivamente por resinas de troca iônica dispersas em uma matriz polimérica, produzidas na forma laminar e apresentam a característica de permitir a migração seletiva de íons [5].

METODOLOGIA

A membrana aniônica obtida é composta por uma resina aniônica Purolite®, na proporção de 40% na mistura, e pelo polímero SEBS, na proporção de 60%. A amostra foi produzida através do método de dissolução e evaporação do solvente, também conhecido como processo *casting*, que consiste em dispersar as partículas de resina em solução de matriz polimérica e posterior evaporação do solvente a fim de obter o filme. Neste caso, o polímero foi dissolvido com um solvente adequado, em banho-maria a 50°C e a resina posteriormente dispersa nesta solução. A mistura foi vertida em molde de vidro para completa evaporação do solvente e formação da membrana, na temperatura ambiente.

Durante os ensaios, a membrana experimental foi comparada com a membrana aniônica HDX200, utilizada como padrão de referência, por ser uma membrana comercial, já validada no mercado para a aplicação em eletrodialise. As membranas foram então caracterizadas, tendo seu desempenho avaliado através dos ensaios descritos a seguir.

Eletrodialise

Os ensaios foram realizados em uma célula de bancada de cinco compartimentos, com eletrodos de $TiRuO_2$, como ânodo e cátodo, e à temperatura ambiente. A área das membranas avaliadas em eletrodialise é de $16cm^2$ e a densidade de corrente aplicada foi de $2 mA/cm^2$. As soluções utilizadas foram Na_2SO_4 1g/L nos compartimentos centrais (concentrado de cátions, concentrado de ânions e efluente) e Na_2SO_4 4g/L nos compartimentos de eletrodos.

RESULTADOS

Os resultados dos ensaios realizados na ED são apresentados na Figura 1, em termos de condutividade iônica e na Figura 2, em termos de extração percentual de condutividade iônica.

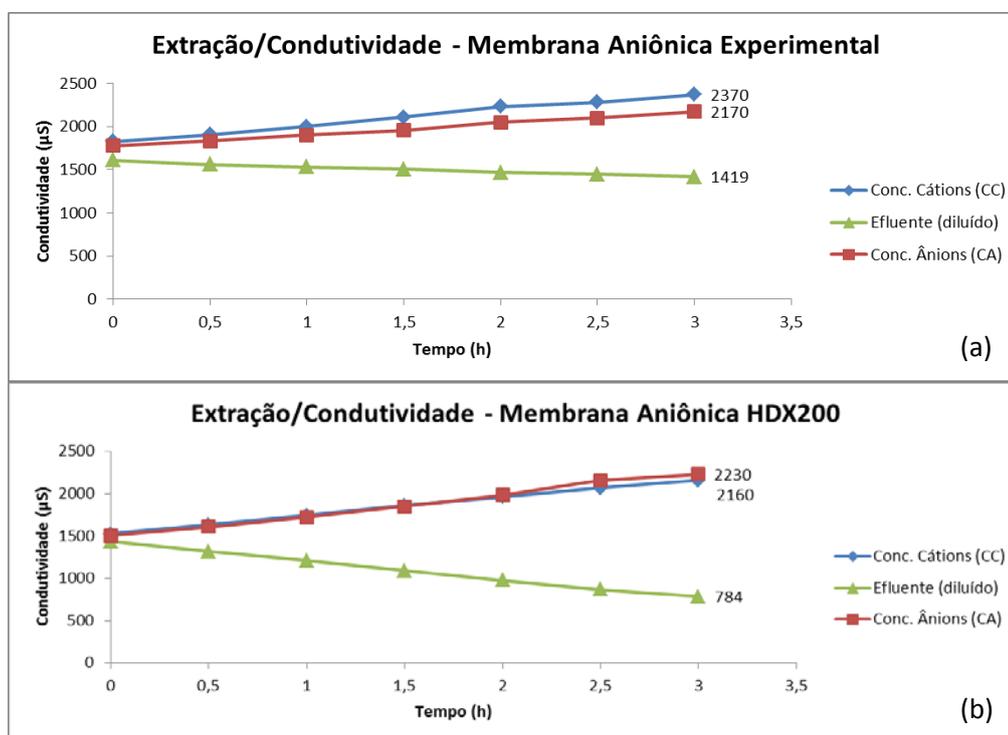


Figura 1 - Resultados de extração em termos de condutividade iônica

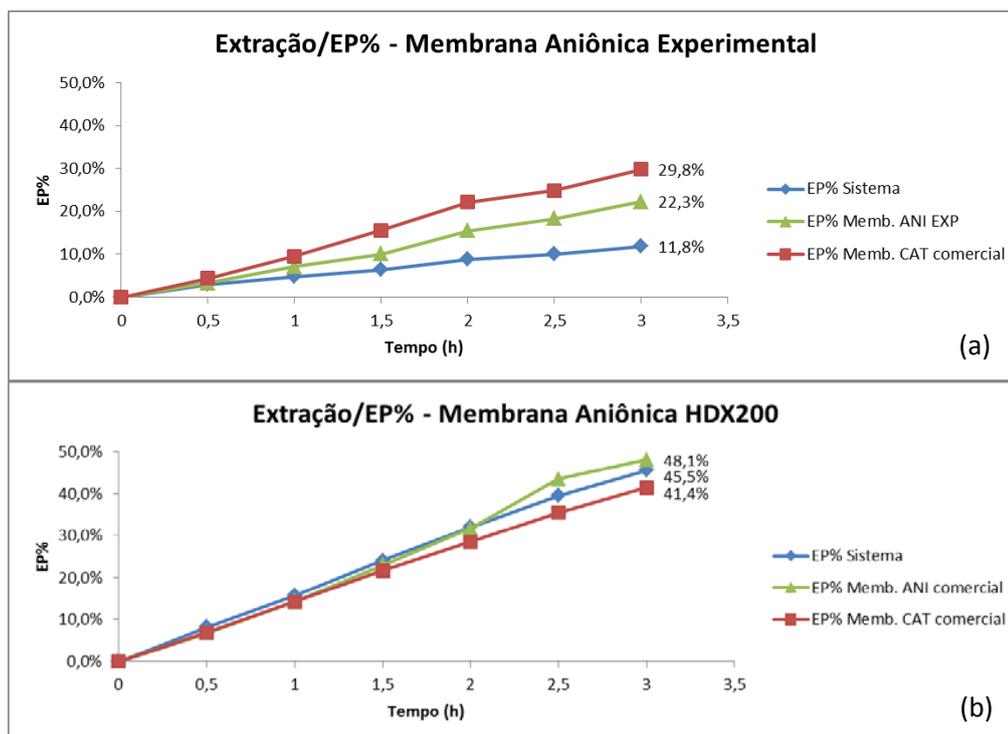


Figura 2 - Resultados de extração em termos de extração percentual

DISCUSSÃO

Através dos resultados obtidos no ensaio de ED, em termos de condutividade iônica, apresentados na Figura 1 (a) e (b), observa-se que as inclinações das retas estão coerentes e mostram que o processo ocorreu conforme o esperado [6]. Em ambos os casos houve uma diminuição na condutividade do efluente e um aumento nas condutividades dos concentrados de cátions e ânions. Esse comportamento indica que a membrana experimental apresentou permeabilidade a ânions e permitiu o transporte iônico quando submetida a testes na célula de eletrodialise. Além disso, observou-se que a membrana comercial proporcionou uma redução mais acentuada na condutividade do efluente, quando comparado ao sistema contendo a membrana experimental.

Portanto, analisando a Figura 2 (a) e (b), que evidencia os resultados da eletrodialise, em termos de extração percentual, confirma-se que a membrana experimental apresentou permeabilidade a ânions e permitiu o transporte iônico na célula de eletrodialise. Comparativamente, em relação ao desempenho da membrana comercial (48,1%) nas mesmas condições, a membrana experimental mostrou-se inferior (22,3%), nas mesmas condições de teste, mas muito promissora para continuação do desenvolvimento, com ajustes na composição e propriedades. Adicionalmente, os resultados também mostram que o desempenho da membrana catiônica e do sistema também ficaram inferiores no teste da

membrana aniônica experimental, o que pode ser uma consequência do desempenho desta em substituição à comercial no *stack*. Novos trabalhos, produzindo membranas contendo maiores proporções de resina de troca iônica, ou seja, com maior quantidade de grupos funcionais disponíveis, se encontram em andamento, aliando a composição com as propriedades e espessura das membranas, a fim de atingir desempenho similar ou superior ao apresentado pela membrana comercial HDX200, utilizada como referência nesse estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos ensaios realizados, foi possível obter uma membrana aniônica com desempenho inferior em relação à comercial, o que valida a matriz de SEBS e a resina Purolite A400 como materiais promissores no desenvolvimento de membranas aniônicas heterogêneas para aplicação em ED. O desenvolvimento e a fabricação de membranas nacionais permitirão que as indústrias brasileiras possam utilizar a ED em grande escala, com um custo compatível, no intuito de contribuir e amenizar o cenário atual, de escassez de água no país, já em situação muito crítica em alguns estados brasileiros.

REFERÊNCIAS

- C. Kunrath *et al.* in Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, 2013.
- T. Benvenuti *et al.* in Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Bento Gonçalves, 2013.
- M. A. S. Rodrigues, F. D. R. Amado *et al.* *Journal of Cleaner Production* 2008, 16, p 605-611.
- V. Coman; B. Robotin. *Resources, Conservation and Recycling* 2013, 73, p 229-238.
- F. D. R. Amado, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- K. F. Streit. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

COMPARATIVO DAS CONDIÇÕES DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO EM MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO VALE DO RIO DOS SINOS

Anamélia Stoffel¹

José Humberto de Toledo²

Everton Luis Kupssinski³

Palavras-chave: Micro e pequena empresa. Segurança do Trabalho. Legislação.

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como tema central a gestão da saúde e segurança do trabalho, sendo delimitado ao estudo comparativo do nível de atendimento às legislações vigentes, para o caso das indústrias de micro e pequeno porte do Vale do Sinos.

A pesquisa se justifica pelas poucas tratativas de gestão da saúde e segurança do trabalho observadas e, pela importância do segmento em estudo na economia.

Micro e pequenas empresas tem papel fundamental na economia brasileira. De acordo com SEBRAE (2015) estas empresas foram responsáveis por 27% do PIB nacional em 2011. Ainda de acordo com SEBRAE (2014) os micro e pequenos negócios geraram em 2013, 17,1 milhões de empregos, o que representa 52,1% dos postos de trabalho totais do Brasil.

No geral, micro e pequenas empresas possuem reduzido número de funcionários, o que, de acordo com Stoffel (2015), faz com que tenham seus programas de saúde e segurança elaborados por profissionais terceirizados, visto a não obrigatoriedade de constituição do SESMT. Ainda assim estas empresas devem obedecer a regulamentações relativas à saúde e segurança dos seus trabalhadores.

CESIT (2005) e Stoffel (2015) mostram que micro e pequenas empresas algumas vezes enfrentam dificuldades no cumprimento das regulamentações de segurança do trabalho. Com base nestas pesquisas a problemática deste trabalho está em verificar se a diferença de

¹ Engenheira Industrial Química. Pós Graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UNISUL.

² Mestre em Educação. Professor dos cursos de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenharia Civil e Matemática.

³ Mestre em Administração. Coordenador do MBA em Gestão da Qualidade, Professor dos cursos de Administração e Gestão da Produção Industrial da Universidade Feevale.

porte das micro e pequenas empresas do setor industrial do Vale do Rio dos Sinos impactam nas tratativas de saúde segurança do trabalho das mesmas.

Tendo em vista o problema de pesquisa define-se como objetivo principal do trabalho verificar as diferenças existentes entre micro e pequenas empresas nas tratativas de saúde e segurança do trabalho.

FUNDAMENTAÇÃO

De acordo com o SEBRAE (2014), no ramo industrial, são definidas como micro empresas aquelas que possuem até 19 funcionários e pequenas empresas as que possuem entre 20 e 99 funcionários.

Segundo CESIT (2005) visando garantir boas condições de trabalho aos funcionários, nas quais os riscos tenham propostas para sua mitigação, a legislação brasileira exige que todas as empresas elaborem programas de gerenciamento da saúde e segurança do trabalho.

O PPRA, Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, definido pela NR-09, tem como objetivo garantir a saúde e integridade do trabalhador por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos oriundos dos agentes físicos, químicos e biológicos existentes no ambiente de trabalho. (NR-09). O PCMSO, Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, por sua vez deve ser elaborado a partir dos riscos verificados no PPRA, visando promover e preservar a saúde do trabalhador, através da realização de exames de admissionais, periódicos e demissionais que possibilitem acompanhar as condições de saúde dos funcionários. (NR-07).

Entre os riscos que devem ser controlados por meio do PPRA encontram-se aqueles que asseguram ao trabalhador o adicional de insalubridade ou de periculosidade. O adicional de insalubridade, de acordo com a NR-15, é devido ao trabalhador que executa atividades que o expõem a agentes nocivos à saúde acima de concentrações nocivas à saúde. O adicional de periculosidade, por sua vez, segundo a NR-16, é devido a trabalhadores que executam atividades que podem causar risco a sua vida e à integridade física.

Nos casos em que a mitigação completa dos riscos não é possível, ou quando as medidas para mitigação de riscos encontram-se em implantação a NR-06 define a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI). De acordo com esta norma, o EPI é um dispositivo que tem como finalidade proteger o trabalhador de riscos à saúde e segurança sendo destinado a utilização individual.

Compete aos profissionais do Serviço Especializado de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) conduzir os programas da saúde e segurança do trabalho. O

SESMT tem sua obrigatoriedade regulamentada pela NR-04, que define o dimensionamento do mesmo a partir do grau de risco da empresa e do número de funcionários. (NR-04) Segundo Stoffel (2015) micro e pequenas empresas muitas vezes não possuem SESMT constituído devido ao seu reduzido número de funcionários, que não atingi os limites mínimos definidos como obrigatórios para a constituição deste.

Além do SESMT, a responsabilidade pela saúde e segurança dos trabalhadores dentro de uma empresa, é responsabilidade também da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA). A CIPA é regulamentada pela NR-05, a qual a define como um grupo de trabalhadores escolhidos para tornar compatíveis trabalho, prevenção da vida e promoção da saúde, por meio da prevenção de acidentes e doenças do trabalho.

Como sistemática obrigatória para a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores é definida também, pela a NR-23, a tomada de medidas de prevenção e proteção contra incêndios. No Rio Grande do Sul essas medidas são regulamentadas por meio da Lei Complementar N° 14.376, de 26 de dezembro de 2013, a qual define que toda a instalação deve possuir um alvará de prevenção e proteção contra incêndio (APPCI).

METODOLOGIA

Essa pesquisa foi realizada a partir de levantamento junto a 30 empresas participantes do Projeto Extensão Produtiva e Inovação, uma parceria da Agência Gaúcha de Desenvolvimento e Promoção do Investimento e da Universidade Feevale, com a aplicação de um questionário de participação anônima e opcional por meio da ferramenta de questionários do Google Drive. Como procedimento técnico também foi utilizada a pesquisa bibliográfica.

A pesquisa se caracteriza por ter natureza básica, visto que busca gerar subsídio para pesquisas mais avançadas sobre a saúde e segurança do trabalho em micro e pequenas empresas. Quanto aos objetivos a pesquisa se caracteriza como descritiva, visto que descreve a população de empresas participantes do projeto.

RESULTADOS

Foram avaliadas respostas de 30 empresas, sendo 21 delas micro e 9 de pequeno porte. Todas as empresas as empresas analisadas possuíam alvará de prevenção e proteção contra incêndios.

As respostas obtidas no questionário aplicado às empresas são apresentadas na Tabela 1. É possível notar, que de modo geral as empresas de pequeno porte apresentam um maior número de atendimento à legislação.

	Microempresa		Empresa de Pequeno Porte	
	Sim	Não	Sim	Não
Possui SESMT constituído	4	18	6	3
Possui CIPA constituída	2	20	2	7
Elaborou PPRA	13	9	9	0
Elaborou PCMSO	7	15	9	0
Realiza exame admissional	22	0	9	0
Realiza exame periódico	19	3	9	0
Realiza exame demissional	22	0	9	0
Possui atividades insalubres	8	14	9	0
Possui atividades perigosas	1	21	5	4
Fornece EPIs aos funcionários	21	1	9	0

Tabela 1 – Resultados obtidos
Fonte: a pesquisadora

DISCUSSÃO

Analisando-se os dados das empresas é possível observar que o problema de pesquisa é comprovado através dos resultados obtidos. Ou seja, de maneira geral, o porte, na avaliação entre micro e pequenas empresas, impacta no atendimento das legislações de saúde e segurança do trabalho. Tal fato se comprova principalmente para questões obrigatórias a todas as empresas, independente do seu número de funcionários, como a elaboração de PPRA, PCMSO e a realização de exames relacionados ao PCMSO.

No que se refere ao número de pessoas vinculadas aos programas de saúde e segurança do trabalho, observa-se que, proporcionalmente as empresas de pequeno porte apresentam uma melhor estrutura neste sentido, possuindo em um maior número de respostas para a presença de CIPA e SESMT constituído. As empresas de pequeno porte, contudo, apresentam, proporcionalmente, um maior índice de atividades insalubres ou perigosas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado foi possível verificar que de maneira geral as empresas analisadas cumprem as legislações básicas de saúde e segurança do trabalho. Identificou-se também que o porte das empresas impacta no atendimento à legislação, o que pode ser devido em alguns casos, aos custos relativos aos procedimentos. É importante salientar que este estudo é uma inicial para futuras pesquisas relacionadas ao tema, que possam auxiliar as micro e pequenas empresas na melhoria de suas condições de saúde e segurança do trabalho, visando garantir o atendimento das leis pertinentes ao assunto e garantir condições adequadas ao trabalhador.

REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério do Trabalho. **Atividades e Operações Insalubres**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 15.

Brasil. Ministério do Trabalho. **Atividades e Operações Perigosas**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 16.

Brasil. Ministério do Trabalho. **Comissão Interna de Prevenção de Acidentes**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 05.

Brasil. Ministério do Trabalho. **Equipamentos de Proteção Individual - EPI**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 06.

Brasil. Ministério do Trabalho. **Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 07.

Brasil. Ministério do Trabalho. **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 09.

Brasil. Ministério do Trabalho. **Proteção Contra Incêndio**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 23.

Brasil. Ministério do Trabalho. **Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 – NR 04.

Rio Grande do Sul. **Lei Complementar Nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013**. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/0001leiincendio14376261213.pdf. Acesso em 06 de junho de 2015.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Boletim de Estudos e Pesquisas – Nº 41**. Disponível em: http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Boletim%20Estudos%20e%20Pesquisas_maio%202015.pdf. Acesso em 05 de agosto de 2015.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa - 2014**. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario-do%20trabalho-na%20micro-e-pequena%20empresa-2014.pdf>. Acesso em 05 de agosto de 2015.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Critérios de Classificação de Empresas: EI – ME – EPP**. Disponível em: <http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>. Acesso em 05 de agosto de 2015.

STOFFEL, Anamélia. **Diagnóstico da Gestão da Saúde e Segurança do Trabalho de Micro e Pequenas Empresas do Vale do Rio dos Sinos**. 2015. 100p. Trabalho de Conclusão de Curso, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, UNISUL, Florianópolis, SC, 2015.

Segurança e Saúde do Trabalhador nas Micro e Pequenas Empresas: Racionalização dos Programas de Gerenciamento de Risco. Disponível em:
<http://www.cesit.net.br/cesit/images/stories/TextoParaDiscussao15.pdf>. Acesso em: 07 de agosto de 2015.

DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS REGENERATIVAS TECIDUAIS PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE LESÕES DE PELE

Leisle Daniela Mallmann¹

Ellen Seibt²

Kevin Brandon Villa³

Fernando Dal Pont Morisso⁴

Vanusca Dalosto Jahno⁵

Palavras-chave: Biomaterial. Polissacarídeos. Quitosana. Carragenana. Membrana regenerativa.

INTRODUÇÃO

A pele desempenha importantes funções na homeostasia, como a regulação da temperatura corporal e a proteção contra a desidratação, constituindo-se da primeira barreira de defesa do organismo. Lesões extensas e profundas da pele, como as provocadas por queimaduras, podem causar destruição da derme e dos elementos epidérmicos, resultando em um processo de reparo lento e sujeito a complicações. As queimaduras são um grave problema de saúde global.

Neste contexto, peles artificiais podem servir como substitutos temporários, recobrando a lesão e reduzindo a perda de fluidos e a ocorrência de infecções. É neste cenário que surge um novo campo da biotecnologia – a Engenharia de Tecidos – que consiste em um conjunto de conhecimentos e técnicas para a reconstrução de novos órgãos e tecidos, baseada em conhecimentos das áreas de ciência, engenharia de materiais, biológica e médica.

¹ Graduada em Engenharia Química (2015) - Universidade Feevale. Mestranda do Mestrado profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais da Universidade Feevale.

² Graduanda em Engenharia Química - Universidade Feevale.

³ Graduando em Engenharia Química - Universidade Feevale.

⁴ Dr. em Química e docente do Mestrado profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais da Universidade Feevale.

⁵ Dr^a em Ciências da Saúde e docente do Mestrado profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais da Universidade Feevale.

O desenvolvimento de curativos bioativos constituídos de polissacarídeos biocompatíveis pode representar uma alternativa viável para o tratamento de lesões de pele. O presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver membranas regenerativas teciduais a base de derivados de polissacarídeos destinados à regeneração tecidual cutânea em caso de queimaduras.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Vários estudos têm sido realizados no sentido de encontrar uma substância que reduza os efeitos da contaminação e inflamação e favoreça o processo cicatricial. A bioengenharia tecidual tem por objetivo criar e aprimorar novas terapias e/ou desenvolver novos biomateriais que mimetizam da forma fidedigna possível às propriedades físico-químicas e estruturais, de modo a restaurar, melhorar ou impedir o agravamento da função comprometida (OLIVEIRA, 2010; ORÉFICE, PEREIRA e MANSUR, 2012; VASCONCELOS et al, 2014).

A seleção do material a ser usado na preparação do suporte é um dos primeiros e mais importantes passos para a reconstrução de um órgão ou auxílio na sua regeneração. Os polímeros oferecem a maior versatilidade para fabricação dos curativos dérmicos (MANO, 1991; SMITH, 1998; CANEVAROLO, 2002). Blendas poderão ser úteis para incorporar fármacos, aumentar estabilidade e evitar degradação rápida (VILLANOVA, ORÉFICE e CUNHA, 2009). De acordo com a literatura revisada é possível concluir que o curativo ideal é aquele que não necessite troca, ou seja, fácil remoção e que mantenha o leito da ferida úmido, que controle o crescimento microbiano, estimule a cicatrização, que seja de fácil aplicação e que apresente um bom custo/benefício. Baseado nos itens descritos até o momento optou-se por aprofundar os estudos em biomateriais biodegradáveis a base de polissacarídeos, como fonte de substituição aos materiais existentes.

A quitosana é um polissacarídeo derivado da quitina e por possuir características como elevada biocompatibilidade, biodegradabilidade, propriedades de absorção e adsorção e, capacidade de acelerar a cicatrização pode ser utilizada na confecção de curativos dérmicos (BELLINI, 2012; ORÉFICE, PEREIRA e MANSUR, 2012). Existem vários biopolímeros extraídos de algas marinhas que são cada vez mais aplicados à biotecnologia. Apesar das inúmeras aplicações do ágar e da carragenana, são poucos os estudos relacionados à sua utilização para a preparação de membranas para uso em queimaduras. Estes ficocolóides são polissacarídeos com poder de formar géis (COSTA e SANTOS, 2011; SOARES, 2012).

Blendas a base de polissacarídeos tem sido propostas para aumentar a biocompatibilidade, a eficiência mecânica e a eficiência de encapsulamento (DA SILVA

ABREU, 2008). Um dos fatores que permite o desenvolvimento de biomateriais usando k-carragenana e quitosana é a sua capacidade de formar complexo polieletrólíticos por ligações iônicas, pela interação entre os grupos sulfônicos da carragenana e amina da quitosana, formando uma matriz tridimensional, conhecida como gel reticulado (VIEIRA, 2009).

METODOLOGIA

Foram preparadas soluções de quitosana com concentrações entre 0,7% p/v, pela dissolução em solução de ácido acético 0,5M sob agitação magnética a 45°C por 2 h. O preparo das membranas de quitosana seguiu de acordo com a técnica de neutralização e evaporação de solvente. Para preparo da membrana de quitosana-k-carragenana foi realizada a mistura na proporção 1/1 de solução de quitosana com solução de carragenana com água 1,7 % (p/v), sob agitação constante por 48 horas, com ajuste permanente do pH em 6 com adição de NaOH. Foram dispostos em placa de petri e submetidos a processos de resfriamento e aquecimento de forma cíclica e posterior evaporação de solvente.

As amostras das membranas foram analisadas pela técnica de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e a estrutura química por espectroscopia no infravermelho (IV).

RESULTADOS

Foi possível verificar que em aproximadamente pH 6,0 a interação entre a quitosana e carragenana foi maximizada e obteve-se melhores resultados para obtenção das membranas. Como as membranas serão aplicadas em curativos cutâneos os resultados obtidos são positivos para aplicação em pH fisiológico. A membrana de quitosana-k-carragenana apresentou aspecto gelatinoso e bastante flexível. Nas micrografias apresentadas na figura 1 foi possível verificar que a membrana preparada somente de quitosana apresenta menor rugosidade.

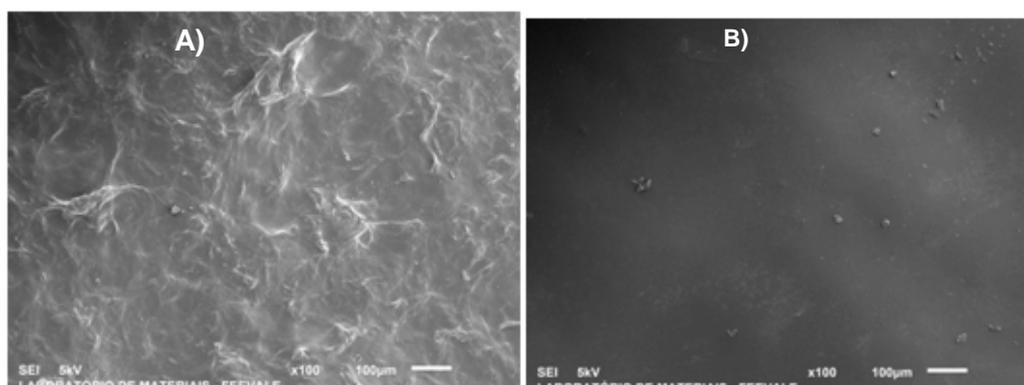


Figura 1: Micrografias das membranas 100X: quitosana-k-carragenana (A), quitosana (B)

Podemos inferir que houve coacervação efetiva entre as cadeias de carragenana e as de quitosana, pela observância das bandas características dos dois espécimes de polissacarídeos nos espectros de infravermelho. Podendo concluir pela análise térmica que houve boa miscibilidade entre os polímeros pela ocorrência de apenas uma Tg, pois na análise de DSC a membrana de quitosana-k-carragenana apresentou um pico em aproximadamente 50°C, que é atribuído a fusão, e outro em 130°C devido a desidratação. Este deslocamento se deve a mistura dos polissacarídeos. O PEC proporcionou ainda um retardamento na temperatura de desidratação quando comparado à membrana de quitosana não reticulada.

DISCUSSÃO

Os resultados de pH corroboram com Fernandes (2009), que cita que a quitosana apresenta seus grupos amino carregados positivamente em pH inferior a 6,5, tendo a capacidade de interagir com materiais negativamente carregados. O valor ajustado ficou intermediário aos valores de pKa da quitosana e da carragenana, garantindo que a quitosana esteja potencialmente protonada e a carragenana desprotonada (Gonçalves, 2011).

Foi possível evidenciar que a membrana se torna mais maleável após neutralização dos grupos amino da quitosana, o que vem de encontro com os resultados apresentados no trabalho de obtenção e caracterização de membranas multicamadas de quitosana e alginato apresentado por Gonçalves de Paiva (2009). Segundo Lima (2007), a melhora na flexibilidade das membranas está diretamente ligada à diminuição das forças intermoleculares ao longo da rede tridimensional devido ao aumento da absorção de água na estrutura.

Os resultados de MEV corroboram com Carvalho (2012) que verificou que as partículas de quitosana apresentam superfície relativamente lisa. Conforme Veiga (2009), as membranas de PEC se mostraram rugosas devido ao maior intumescimento gerado em função das ligações cruzadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas blendas de quitosana e carragenana testadas houve coacervação efetiva entre as cadeias. O PEC proporcionou um retardamento na temperatura de desidratação do material sugerindo uma maior estabilidade térmica. Os materiais mostraram-se flexíveis, hidrófilos em pH fisiológico, possibilitando uso para encapsulamento de fármacos. Assim, de acordo com o objetivo proposto para este trabalho, os filmes de quitosana reticulado e PEC's apresentaram características compatíveis para que sejam seguidos estudos adicionais visando sua utilização

como biomembranas. Necessitam prosseguir estudos, como testes in vitro e in vivo, para validação destes materiais como biomateriais.

REFERÊNCIAS

BELLINI, M. Z. **Desenvolvimento de membranas lamelares e porosas de xantana e quitosana para aplicação no tratamento de lesões de pele.** Unicampo. 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?view=000845130>> Acesso em 02 de março de 2014.

CANEVAROLO, S. V. **Ciência dos polímeros.** Editora Liber. São Paulo, 2002.

CARVALHO, Elaine Aparecida Santos. **Formulação e caracterização de biocatalisadores com núcleo magnético a partir de polímeros naturais.** UENF. Campos dos Goytacazes / RJ, 2012. Disponível em: <<http://uenf.br/pos-graduacao/engenharia-de-materiais/files/2013/07/tese-final-oficial.pdf>> Acesso em 02 de outubro de 2014.

COSTA, E. S. e SANTOS, J. P. **Botânica no Inverno 2012.** Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2012.

DA SILVA ABREU, F. O. **Síntese e caracterização de hidrogéis biodegradáveis à base de quitosana com morfologia controlada com potencial aplicação como carregadores de fármacos** - Dissertação (Doutorado Engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, 2008. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15030/000675683.pdf?sequence=1>> Acesso em 06 de abril de 2014.

FERNANDES, L. L. **Produção e caracterização de membranas de quitosana e quitosana com sulfato de condroitina para aplicação biomédica** - Dissertação (Bacharel Engenharia Materiais) Universidade Federal Rio de Janeiro. 2009. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003532.pdf>> Acesso em 01 de março de 2014.

GONÇALVES, A. D. **Diferentes estratégias para a reticulação de quitosana.** Quím. Nova vol.34 no.7 São Paulo, 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422011000700021> Acesso em 29 de março de 2014.

GONÇALVES DE PAIVA, Rafael. **Obtenção e caracterização de membranas multicamadas de quitosana e alginato contendo cobre.** 2009.

GONZAGA, Virgínia de Alencar Muniz. **Desacetilação assistida por irradiação de ultrassom de alta intensidade aplicada a quitinas extraídas de gládios de lulas.** Dissertação (Mestrado em Ciências). São Carlos, 2012.

LIMA, Aline Margarete. **Influência da adição de plastificante e do processo de reticulação na morfologia, absorção de água e propriedades mecânicas de filmes de alginato de sódio.** Quím. nova vol.30 no.4. São Paulo, 2007. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-40422007000400014&script=sci_arttext>

Acesso em 18 de setembro de 2014.

MANO, H. B. **Polímeros como materiais de engenharia.** Editora Edgar Blücher LTDA. São Paulo, 1991.

OLIVEIRA, L. S. **Biomateriais com aplicação na regeneração óssea – método de análise e perspectivas futuras** - Artigo de revisão - Revista de Ciências Médicas e Biológicas. 2010.

Disponível em <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/1560/1/3503.pdf>> Acesso em 01 de março de 2014.

ORÉFICE, R. L., PEREIRA, M. d. e MANSUR, H. S. **Biomateriais: fundamentos e aplicações.** Cultura Médica. Rio de Janeiro, 2012.

SMITH, W. F. **Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais.** 3. Ed. Editora McGraw-Hill.1998

SOARES, M. P. **Análise em vitro da biocompatibilidade de três membranas bioabsorvíveis.** Dissertação (Mestrado Odontologia) Universidade Federal Uberlândia. Minas Gerais, 2012. Disponível em:

<<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/2615/1/AnaliseInVitroBiocompatibilidade.pdf>> Acesso em 16 de março de 2014.

VASCONCELOS, Luisa Queiroz Et al. **Utilização de nanobiomateriais na regeneração óssea: uma revisão baseada em ensaios clínicos.** Artigo de revisão. Revista de Ciências Médicas e Biológicas.2014. Disponível em

<<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cmbio/article/viewFile/12948/9352>> Acesso em 02 de agosto de 2015.

VEIGA, Itiara Gonçalves. **Uso de xantana em substituição ao alginato em membranas coacervadas de quitosana projetadas para a cicatrização de lesões de pele.** Dissertação (Mestre em Engenharia Química) Unicamp. 2009. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000445978>> Acesso em 16 de outubro de 2014.

VIEIRA, D. C. **Imobilização da enzima B-Galactosidase de Kluyveromyces fragilis em ágarosa e quitosana utilizando diferentes protocolos de ativação.** Dissertação (Mestre Engenharia Química) Universidade Federal de São Carlos. SP, 2009. Disponível em

<http://www.bdtf.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2262> Acesso em 15 de abril de 2014.

VILLANOVA, J. C., ORÉFICE, R. L. e CUNHA, A. S. **Aplicações Farmacêuticas de Polímeros.** Polímeros: Ciência e Tecnologia , pp. vol. 20, nº 1, p. 51-64. 2010.

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA CASCA DA BANANA VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Joana Farias Corte¹

Tatiana de Oliveira Magalhães da Silva²

Palavras-chave: Biodiesel. Óleo. Banana. Resíduo. FTIR.

INTRODUÇÃO

O cultivo da banana gera quantidades expressivas de resíduos, desde a colheita da fruta até o consumidor. Reverter o conceito de resíduo para matéria-prima utilizada na produção de novos materiais é uma alternativa para aperfeiçoar a eficiência do agronegócio e reduzir o impacto ambiental deste setor.

A composição do extrato da casca da banana e o método mais adequado de extração para cada tipo de aplicação vêm sendo estudados por diversos autores com objetivo de encontrar novas aplicações deste material dentro da indústria. Este trabalho tem como objetivo avaliar a extração da casca da banana pelo método sohxlet para utilizar na produção de biodiesel.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A banana é uma fruta cultivada em mais de 125 países no mundo (EPAGRI, 2013), se destacando como fonte de renda e geração de emprego.

No Brasil, esta fruta é cultivada em todas as regiões com crescimento constante do consumo, sendo a produção distribuída durante todo o ano, fato que é favorecido pelas condições climáticas do país (EPAGRI, 2013; MAPA, 2013; EPAGRI, 2008).

A colheita da banana gera como resíduos o pseudocaule, folhas e o engaço (GONÇALVES FILHO, 2011; CORDEIRO; 2010). Além destes resíduos, também ocorrem perdas da fruta *in natura*, em torno de 30 a 40%, desde a colheita até a mesa do consumidor (CLARKE et al., 2007; FOLEGATTI; MATSUURA, 2004; MEDINA; PEREIRA, 2004; EMBRAPA, 2003).

¹ Autora. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Química pela Universidade Feevale.

² Autora e Orientadora. Química Industrial e Licenciada em Química pela PUCRS. Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais pela PUCRS e Doutorado em Engenharia e Tecnologia de Materiais pela PUCRS. Professor adjunto e coordenadora da central analítica da Universidade Feevale

A industrialização da banana pode apresentar uma alternativa de forma a minimizar as perdas pós-colheita, utilizando as bananas rejeitadas, que não tenham a qualidade da polpa comprometida (FOLEGATTI; MATSUURA, 2004; ZHANG et al., 2004).

Com a industrialização da fruta, dois novos resíduos são produzidos: rejeitos de frutas de má qualidade e descarte de cascas, que representam cerca de 50% em peso da fruta madura (GONÇALVES FILHO, 2011; MEDEIROS, 2005). A casca de banana, que é o principal resíduo da industrialização, pode provocar transtornos como, por exemplo, proliferação de mosquitos se for lançado no campo. Este resíduo apresenta teores de amido, açúcares totais, umidade, cinzas, lipídios e proteínas com valores energéticos e nutritivos. Por essa razão, aliada à minimização do impacto ambiental causado pelo excesso de resíduos, observa-se um aumento nas pesquisas envolvendo a utilização de cascas de banana em diferentes aplicações como, por exemplo, a compostagem, a produção de biogás, de bioetanol, de pastilhas de freio em substituição ao amianto, de adsorventes de íons de Cr(VI) em efluente industrial, de cogumelo comestível e medicinal, alimentos, doces, etc. (NATHOA; SIRISUKPOCA; PISUTPAISAL, 2014; IDRIS et al., 2013; SOUZA, 2012; OLIVEIRA, 2009; SILVA; VIDAL; SILVA, 2009; MEMON et al., 2008; BORGES; WISBECK, 2005).

O estudo da composição química da casca de frutas foi realizado por Godim e colaboradores (2005) com objetivo de incentivar o reaproveitamento de alimentos que normalmente são desprezados. Os resultados obtidos mostram que a cada 100g de casca de banana in natura, a umidade representa 89,47g e o teor de lipídeos 0,99g.

Apesar da casca da banana apresentar um baixo teor de óleo em sua composição, é importante ressaltar que a importância desse trabalho está na reutilização de um resíduo.

METODOLOGIA

As cascas utilizadas neste trabalho foram doadas pela Distribuidora de Bananas Torrense de Novo Hamburgo. As cascas foram submetidas a uma secagem natural, ao sol, e posteriormente foi realizada uma secagem em estufa de circulação e renovação de ar à temperatura de 60°C, durante 15 horas.

A extração foi realizada pelo método *soxhlet* com éter de petróleo conforme o procedimento para determinação de lipídeos, descrito por Carvalho (2002). Para a extração, foram utilizados 200 mL de éter de petróleo P.A. da marca Qhemis e aproximadamente 30g de amostra triturada seca, a qual foi envolvida em um cartucho de papel filtro e inserida no extrator. O aquecimento do solvente foi realizado através de mantas de aquecimento da marca Fisatom. A caracterização do óleo extraído da casca de banana foi realizada através de

análises de espectrometria de infravermelho e percentual de acidez, utilizando como comparativo o óleo comercial da banana que é obtido por prensagem a frio da polpa da fruta.

O percentual de acidez foi calculado através do índice de acidez, que é definido como o número de miligramas de hidróxido de sódio (NaOH) necessário para neutralizar os ácidos livres de um grama (1g) da amostra de gordura ou óleo vegetal (CARVALHO, 2002). As análises de infravermelho foram realizadas no equipamento da marca Perkin Elmer e modelo Spectrum Two com acessório Universal ATR sample base plate Diamond, que foi regulado para realizar uma varredura na faixa de 400 à 4.000 cm^{-1} e utilizando 16 scans.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento médio obtido para a extração soxhlet foi de 7,5% considerando em base seca. Os rendimentos obtidos neste trabalho apresentam valores abaixo dos encontrados por Essien, Akpan e Essien (2005), que obtiveram 11,6% de rendimento em seus estudos sobre produção de biomassa através de resíduos de casca de banana. Essa diferença pode estar associada à quantidade de amostra colocada em excesso no cartucho do soxhlet, que pode ter diminuído o rendimento, à variedade das bananas e aos parâmetros da extração como, temperatura, tempo de extração, entre outros. Com esses resultados, se pode concluir que a extração pode ser otimizada, para que melhores rendimentos sejam obtidos. Com a extração soxhlet foi possível obter um extrato sólido a temperatura ambiente, com aparência de gordura.

Através da análise de FTIR, pode-se observar bandas e regiões características dos grupos funcionais presentes no extrato da casca da banana e no óleo comercial da polpa da banana. A interpretação dos espectros foi realizada com base nos dados citados pelos autores Silverstein, Webster e Kiemle (2007).

No espectro de absorção no infravermelho do extrato de casca de banana, se observou bandas em 2920 cm^{-1} e 2852 cm^{-1} , e sinais em 1457,4 cm^{-1} e 1375 cm^{-1} , que se referem aos constituintes triglicérides CH_2 e CH_3 . Uma absorção na região 1733 cm^{-1} também foi verificada, e é característica da deformação axial do grupo $\text{C}=\text{O}$ de ácidos graxos. Observou-se uma banda adicional na região de 1733 cm^{-1} , podendo ser uma evidência da formação de produtos da rancidez oxidativa. O aparecimento de bandas adicionais próximo de 1750 cm^{-1} , devido ao estiramento da ligação $\text{C}=\text{O}$, é um indício da formação de aldeídos, cetonas ou ácidos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1998 apud HAMILTON, 1983).

O estiramento $\text{C}=\text{C}$, normalmente aparece com uma banda de intensidade moderada ou fraca na região de 1667 – 1640 cm^{-1} , e foi possível verificar no espectro da amostra uma

banda de intensidade muito fraca na região de 1643 cm^{-1} , que pode se referir à insaturações das moléculas (CASTILHO-ALMEIDA et al., 2012). A ligação C-C (=O)-O dos ésteres alquílicos saturados apresenta banda na região de $1210\text{ cm}^{-1} - 1663\text{ cm}^{-1}$, que também foi evidenciada na região de 1172 cm^{-1} .

No espectro de absorção no infravermelho do óleo comercial da banana, verificou-se uma banda bem característica da ligação C-H de hidrocarbonetos alifáticos insaturados, na região de $3011,2\text{ cm}^{-1}$, caracterizando a presença de ácidos graxos insaturados. Segundo Castilho-Almeida et al. (2012), a banda próxima a 3000 cm^{-1} sofre aumento de intensidade proporcional ao número de insaturações presentes na molécula do éster metílico. Verificou-se no espectro da amostra uma banda de intensidade muito fraca na região de 1650 cm^{-1} , que se refere às insaturações dos ácidos graxos (CASTILHO-ALMEIDA et al., 2012)

A acidez é um parâmetro importante para a escolha do tipo de catalisador utilizado na transesterificação. Segundo Knothe e colaboradores (2006), para que se obtenha valores de rendimentos máximos é necessário que o óleo tenha níveis de acidez inferiores à 0,5%, mas até o nível de 5% a reação ainda pode ser realizada com catalisadores alcalinos se uma quantidade adicional de catalisador for adicionada.

Os testes de Acidez do óleo comercial de banana e do extrato de casca de banana apresentaram resultados de 0,88% e 3,42% respectivamente. Conforme resultados, o óleo da casca da banana apresenta % de acidez cerca de 5 vezes maior que o óleo comercial da banana, mas os dois valores estão abaixo de 5% indicando que a transesterificação pode ser realizada com catalisadores alcalinos

A acidez pode representar o teor de ácidos graxos livres, resultantes da rancidez hidrolítica do óleo, ou da rancidez oxidativa, pois conforme o óleo oxida, ocorre a formação de ácidos orgânicos, aumentando a acidez (SILVA, 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados obtidos nos espectros é possível afirmar que o óleo comercial de banana possui ésteres alquílicos saturados e insaturados, o que pode explicar seu estado líquido em temperatura ambiente, enquanto o extrato da casca de banana possui maior quantidade de ésteres alquílicos saturados, pois não apresentou a banda característica de hidrocarbonetos alifáticos insaturados em acima de 3000 cm^{-1} , e apresentou bandas adicionais na região de 1750 cm^{-1} , podendo indicar a presença de produtos da oxidação.

A rancidez oxidativa, conforme evidenciado na análise de infravermelho pode ser uma das causas da acidez do extrato da casca de banana ser mais elevado que a do óleo de banana, enquanto a acidez do óleo de banana pode ser devido ácidos graxos livres.

É possível considerar que o processo de extração utilizado neste trabalho não apresentou resultados satisfatórios pois pode ter causado a decomposição de parte dos ácidos graxos insaturados presentes no extrato da casca de banana, devido aquecimento por um longo período de tempo.

REFERÊNCIAS

BORGES, Gisele Martini; WISBECK Elisabeth. Aproveitamento de resíduos da cultura da banana para a produção de *Pleurotus ostreatus*, cogumelo comestível e medicinal. In: Congresso de Ecologia do Brasil. 7. 2005. Caxambu. Trabalhos científicos. Caxambu: CEB. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiceb/resumos/514a.pdf>> Acesso em 01 de setembro, 2014.

CARVALHO, Heloisa Helena. **Alimentos: Métodos Físicos e Químicos de Análise**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 180 p.

CASTILHO-ALMEIDA, Eduardo W. et al. Estudo teórico e experimental de espectros infravermelho de ésteres de ácido graxo presentes na composição do biodiesel de soja. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 35, n. 9, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000900009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 12 Nov. 2014.

CLARKE, W.P. et al. Digestion of waste bananas to generate energy in Australia. **Waste management**. v. 28, n. 3, p. 527–533. 2008.

CORDEIRO, Edna M. S. et al. Extração e caracterização de nanocelulose de fibras pseudocaule da bananeira. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 5., 2010, Maceió. **Artigos**. Maceió: Connepi, 2010. p. 1 - 7. Disponível em: <<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1286/828>>. Acesso em: 04 set. 2014.

EMBRAPA – **Sistema de produção de banana para o Estado do Pará**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaPara/index.htm>> Acesso em: 30 de agosto, 2014.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2012-2013**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2013. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/sintese_2013.pdf> Acesso em: 30 de agosto, 2014.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2007-2008**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2008. Disponível em: <http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/sintese_2008.pdf> Acesso em: 30 de agosto, 2014.

ESSIEN, J.p.; AKPAN, E.j.; ESSIEN, E.p.. Studies on mould growth and biomass production using waste banana peel. **Bioresource Technology**, v. 96, p.1451-1456. 2005.

FOLEGATTI, Marília Ieda da Silveira; MATSUURA, Fernando Cesar Akira Urbano. Processamento. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S.. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. Cap. 8. p. 232-244. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro_Banana_Cap_13ID-PA3643xufd.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2014.

GODIM, Jussara A. Melo et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* v 25. n 4. p. 825 – 827. Out./dez. 2005.

GONÇALVES FILHO, Luiz Carlos. **Utilização do pseudocaulo de bananeira como substrato da fermentação alcoólica**: avaliação de diferentes processos de despolimerização. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2011. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http://univille.edu.br/community/mestrado_ep/VirtualDisk.html?action=downloadFile&file=Dissertacao_Luiz_Carlos_Goncalves_Filho.pdf&qt=2FDissertacoes_Turma_III&ei=qkIVOvWPNDegTploIw&usq=AFQjCNESxq08eueaplnv74zfcwNlbZKMBw&sig2=02Cor dN5BU7miz-IY_A4Qg&bvm=bv.74649129,d.eXY>. Acesso em: 04 set. 2014.

IDRIS, U.D. et al., Eco-friendly asbestos free brake-pad: Using banana peels. **Journal of King Saud University – Engineering Sciences** .2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2013.06.006>> Acesso em: 12 Nov 2014

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio** : Brasil 2012/2013 a 2022/2023. Brasília: MAPA/ACS, 2013.

MEDEIROS, Vanessa P. Q. et al. Determinação da composição centesimal e do teor de minerais da casca e polpa da banana pacovã (musa paradisíaca l.) produzida no estado do rio grande do norte. In: Reunião Anual da SBPC. 57. 2005. Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: SBPC, 2005. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/57ra/programas/senior/RESUMOS/resumo_603.html>. Acesso em: 30 de agosto, 2014.

MEDINA, V. M.; PEREIRA, M. E. C. Processamento. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S.. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. Cap. 12. p. 209-231. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro_Banana_Cap_12ID-ZU0HVGp1W7.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2014.

MEMON, Jamil R. et al. Banana peel: A green and economical sorbent for the selective removal of Cr (VI) from industrial wastewater. *Colloids And Surfaces B: Biointerfaces*, n. 70, p.232-237, 2008.

NATHOA, Chananchida; SIRISUKPOCA, Ubonrat; PISUTPAISAL, Nipon. Production of Hydrogen and Methane from Banana Peel by Two Phase Anaerobic Fermentation. **Energy Procedia**, v. 50, p.702-710, 2014.

OLIVEIRA, Lenice Freiman. Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa: avaliação da qualidade. **Alim. Nutr.** v. 20. n. 4. p. 581 – 589. out./dez., 2009.

SILVA, Francisca A. de M.; VIDAL, Thais C. de M.; SILVA, Reginaldo B. Compostagem de resíduos das agroindústrias da banana e Pupunha no Vale do Ribeira – SP. Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos. 2009. Vitória. **Trabalhos**. Vitória :CBRO. Disponível em: <<http://www.fundagres.org.br/biossolido/icbro/cbro/Artigos/COMPOSTAGEM/Compostagem%20de%20res%C3%ADduos%20das%20agroindustrias%20da%20banana%20e%20pupunha%20no%20Vale%20do%20Ribeira%20SP.pdf>> Acesso em: 01 de setembro, 2014.

SOUZA, Ozair et al. Energia alternativa de biomassa: Bioetanol a partir da casca e da polpa de banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 16. n. 8. p. 915 – 912. 2012

ZHANG, P. et al. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility— a review. **Carbohydrate Polymers**. v. 59, p. 443-458. 2004.

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO PROCESSO DE ELETRODIÁLISE

Cheila Viegas¹

Carla Denize Venzke²

Camila de Paula Macedo³

Marco Antônio Siqueira Rodrigues⁴

Palavras-chave: Eletrodiálise. EDR. Otimização.

INTRODUÇÃO

A eletrodiálise (ED) surgiu com a necessidade de se obter processos mais eficientes para dessalinizar a água salobra e por mais de 50 anos vem sendo utilizada para este fim. Com a evolução desta técnica novas aplicações foram surgindo, sendo empregada em grande escala na indústria química, de alimentos e, mais recentemente, no tratamento de efluentes industriais. O uso da ED no tratamento de efluentes promove, não somente o reuso das águas, mas a recuperação de sais e íons metálicos. Por este motivo o estudo desta técnica se faz importante para o cenário hídrico e econômico. Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência e a estabilidade dos diferentes modos de operação de uma unidade piloto de eletrodiálise reversa (EDR).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os processos de separação por membranas (PSM) têm como objetivo separar, concentrar ou purificar componentes de uma solução. Para tanto as membranas utilizadas devem permitir o transporte de determinadas espécies químicas, que compõem a solução de alimentação, em preferência a outras. (MULDER, 1996; FORTINO, 2012). A eletrodiálise é um PSM eletroquímico que emprega membranas seletivas para separação de espécies iônicas, onde a diferença de potencial elétrico atua como força motriz. Na eletrodiálise, íons em

¹ Engenheira Industrial Química, Mestranda do programa de pós graduação da Universidade Feevale.

² Gestora Ambiental, Mestranda do programa de pós graduação da Universidade Feevale.

³ Bolsista de Iniciação Científica, Graduanda de Biomedicina da Universidade Feevale.

⁴ Doutor em Ciência dos Materiais, integrante o corpo docente da Universidade Feevale.

solução migram através da membrana em um campo elétrico. (DLUGOLE et al, 2008; LEE et al, 2013.)

Em uma célula de ED as membranas íons-seletivas são dispostas de maneira alternada entre os eletrodos, conforme Figura 1. A solução a ser tratada entra no sistema e percorre o caminho entre uma membrana catiônica e outra aniônica. Com a aplicação do campo elétrico, as partículas carregadas negativamente seguem em direção ao ânodo do sistema enquanto as partículas positivas são atraídas para o cátodo. As membranas funcionam como barreiras seletivas, permeáveis a um tipo de íon e impermeáveis a outro, os cátions migram pela membrana catiônica, mas são retidos pela membrana aniônica, o mesmo ocorre com os ânions que passam pela membrana aniônica e são retidos pela catiônica. Originando duas correntes paralelas: a corrente de concentrado de íons e a corrente de diluído, com uma concentração inferior de íons. (NOBLE, STERN, 1995, BACHER, 2011) Este sistema de membranas alternadas com eletrodos situados nas extremidades, conhecido como stack, é o mais utilizado. (RODRIGUES et al, 2001; BENVENUTI, 2012).

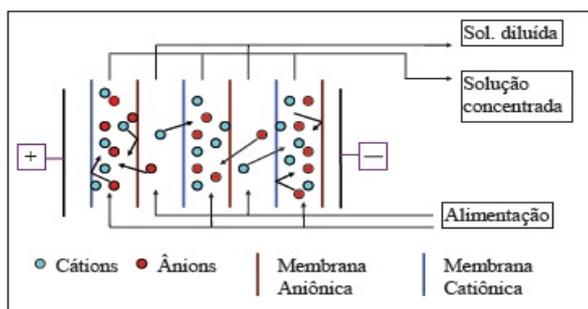


Figura 1 - Princípio da Eletrodialise
Fonte: Barakat, 2011

METODOLOGIA

Para a realização dos experimentos foi empregada uma solução de NaSO_4 500 g L^{-1} , uma unidade piloto, modelo EDR 2,0 – 300 1E 1s 2e, Hidrodex ®. A unidade possui dois stacks, cada um é composto por 75 membranas aniônicas, MA40 Hidrodex ®, e 75 membranas catiônicas, MC 40 Hidrodex ®, 150 espaçadores de polipropileno e dois eletrodos de titânio/platinizado. Nesta unidade piloto, a reversão da polaridade dos eletrodos pode ser programada por um CLP. Para estes experimentos a reversão ocorre a cada 15 minutos de operação, a este período denomina-se ciclo. (Hidrodex, 2014). TIRAR ESTA REFERENCIA

Os experimentos foram realizados com recirculação total, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Planejamento dos experimentos

Experimentos	Modo	voltagem (v)	Vazão do produto (Lh ⁻¹)	Vazão do rejeito (Lh ⁻¹)	Recirculação do produto (%)	Recirculação do rejeito (%)
1	1 stack	50	1200	200	0	25
2	série	50	1200	200	0	25
3	paralelo	50	1200	200	0	25
4	série	150	600	200	0	25
5	paralelo	150	1200	200	0	25
6	série	250	600	200	0	25
7	paralelo	250	1200	200	0	25
8	série	150	600	200	25	25
9	paralelo	150	1200	200	25	25

Fonte: Próprio autor

Os Experimentos tiveram a duração de 420 min. A condutividade e a corrente elétrica dos stacks foram monitorados nos cinco ciclos iniciais e, novamente, nos cinco ciclos finais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios com solução salina proporcionaram avaliar as vantagens e desvantagens das diferentes configurações possíveis para a unidade piloto utilizada, bem como as limitações, estabilidade e eficiência de cada sistema.

Na Figura 2 pode-se acompanhar as variações de condutividade do diluído ao longo dos cinco ciclos iniciais do experimento 1 e 2. Observa-se que a condutividade diminui ao longo do ciclo sofrendo um leve aumento ao final do mesmo. Esse aumento pode ser explicado pela alta concentração de sais na corrente do concentrado ou pelo acúmulo de sais na superfície das membranas.

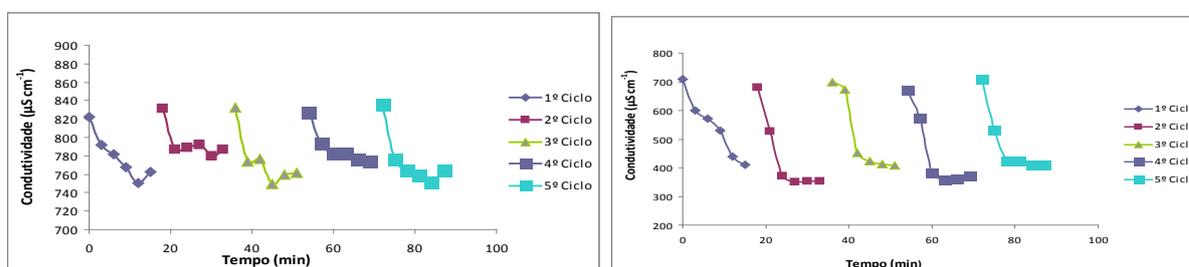


Figura 2 - Condutividade do diluído nos ciclos iniciais- experimento 1 (esquerda) e 2 (direita)
Fonte: Próprio autor

Após 4 horas de operação, os cinco ciclos finais foram monitorados para analisar o comportamento da condutividade em função do tempo. O comportamento permaneceu estável

após o tempo de ensaio para todos os experimentos, demonstrando a viabilidade dos sistemas com um stack, dois stacks em série e dois stacks em paralelo. Porém, nos experimentos com 150 e 250 v, foi observada uma grande quantidade de bolhas no sistema. Conforme a literatura, estes são gases provenientes das reações dos eletrodos. (TANAKA, 2007; BENVENUT, 2012).

A corrente gerada é decorrente da voltagem aplicada ao sistema, para todos os experimentos foi observada uma variação de corrente ao longo do ciclo de operação da unidade piloto de eletrodialise. Na Tabela 2 observa-se os intervalos de densidade de corrente para os experimentos com 50 v aplicados, houve uma grande variação de corrente no stack 1 o que pode interferir na eficiência de remoção de condutividade.

Tabela 2 - Densidade de corrente resultante para as diferentes configurações

	Densidade de corrente (mA.cm ⁻²) ²⁾	
	Stack 1	Stack 2
1 stack (mA.cm-2)	1,24 - 0,98	
2 stacks em série (mA.cm-2)	0,93 - 0,62	0,62 - 0,52
2 stacks em paralelo (mA.cm-2)	1,03 - 0,62	0,93

Fonte: Próprio autor

Na Figura 3 tem-se um comparativo entre as variações de densidade de corrente e as variações de condutividade ao longo dos ciclos. Observa-se na Figura 3 (a) que o segundo e quarto ciclos apresentam uma redução de corrente, nos mesmos ciclos da Figura 3 (b) os valores de condutividade foram superiores, mostrando a influência deste comportamento na eficiência dos sistemas.

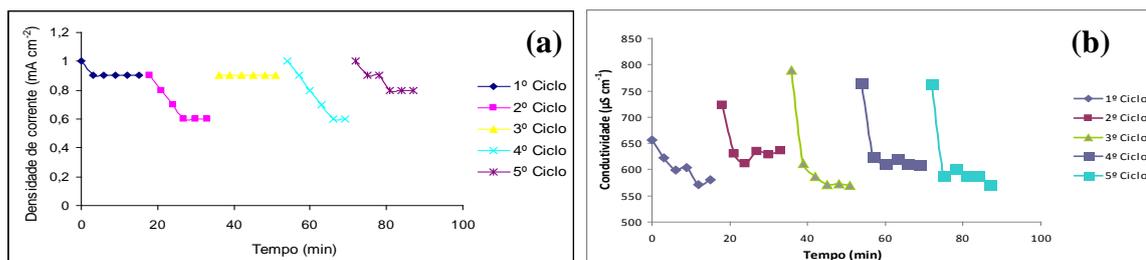


Figura 3 – Comparativo entre as densidades de corrente (a) e a condutividade (b)

Fonte: Próprio autor

Os experimentos mostraram que os sistemas em série possuem uma eficiência de remoção superior aos demais sistemas, Figura 4. Observa-se que os sistemas com 150 v e recirculação de diluído e os sistemas com 250 v apresentaram uma eficiência equivalente, tanto nos modos em série como em paralelo.

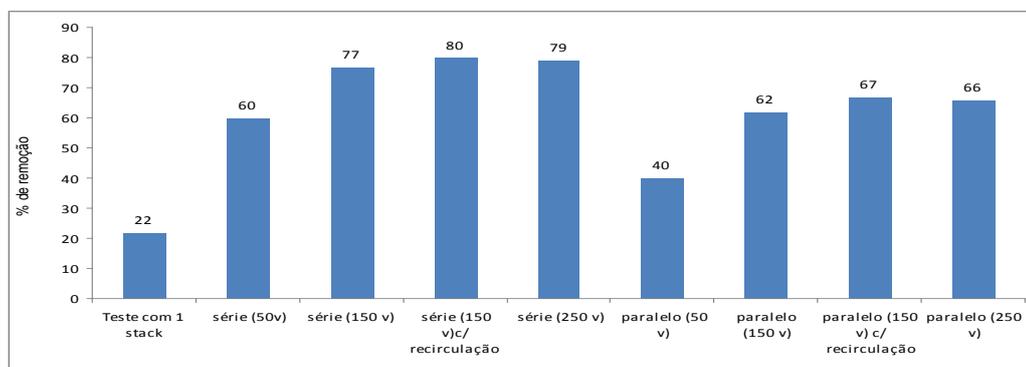


Figura 4 – Eficiência dos sistemas.

Fonte: Próprio autor

O Experimento 4 (ver Tabela 1) com 150 v, apresentou um percentual de remoção apenas 3% inferior aos sistemas com maior eficiência. Os sistemas sem recirculação de diluído apresentam um menor impacto a unidade e devem ser preteridos aos demais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A unidade piloto de EDR se mostrou estável nos diferentes modos de operação, apesar dos gases apresentados nos sistemas de 150 e 250 v. A densidade de corrente resultante nos stacks mostrou grande variação ao longo dos ciclos e dos experimentos.

Conclui-se que o experimento em série com 150 v aplicados apresentou um resultado mais satisfatório, pois utiliza uma voltagem intermediária sem recirculação de diluído.

REFERÊNCIAS

BACHER, Luciana Ely. **Purificação da glicerina gerada na produção de biodiesel por eletrodiálise**. 2011. 89 f. Dissertação. Mestrado em Qualidade Ambiental - Feevale, Novo Hamburgo-RS, 2011 Disponível em: <http://biblioteca.feevale.br/Dissertacao/DissertacaoLucianaBacher.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2011.

Barakat, M.A. (2011) **New trends in removing heavy metals from industrial wastewater**. Journal of Chemistry, Arabian, v. 4, pp.361-377.

BENVENUTI, Tatiane. **Avaliação da eletrodialise no tratamento de efluentes de processos de eletrodeposição de níquel.** 2012. 130 f. Dissertação. Mestrado em engenharia na área de concentração em Ciência e Tecnologia dos Materiais. UFRGS. Porto Alegre, 2012.

DLUGOLE, CKI, P.E.; NIJMEIJER, K.; METZ, S.J.; WESSLING, M.. **Current status of ion exchange membranes for power generation from salinity gradients.** Journal of Membrane Science v. 319, p. 214-222. 2008.

FORTINO, Patrícia. **Pós tratamento de efluente têxtil usando oagulação/floculação combinado com processos de separação por membranas.** Dissertação. Mestrado em Engenharia Química. UFRGS. Porto Alegre, 2012.

LEE, Hong-Joo; HONG, Min-Kyoung; HAN, Sang-Don; CHO, Seung-Hee; MOON, Seung-Hyeon. **Fouling of an anion exchange membrane in the electro dialysis desalination process in the presence of organic foulants.** Water Research. v. 4, p. 1289-1298. 2013.

MULDER, M. **Basic Principles of Membrane Technology.** 2 ndEd. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p. 564, 1996.

NOBLE, R. D.; STERN A.S. **Membrane separations technology – principles and applications,** Elsevier Science B.V., p. 213-277, 1995.

RODRIGUES, M. A. S.; DALLA COSTA, R. F.; BERNARDES, A. M.; ZOPPAS FERREIRA, J. **Influence of ligand exchange on the treatment of trivalent chromium solutions by electro dialysis.** Electrochimica Acta, v. 47, p. 753-758. 2001.

TANAKA, Y. **Ion exchange membrane: Fundamentals and applications.** Membrane Science and Technology, v. 278, p. 321-381, 2007.

REMOVAL OF DICLOFENAC FROM AQUEOUS SOLUTION USING POTATO PEEL WASTE BASED ACTIVATED CARBON

Sara Rodrigues¹

Maria Bernardo²

Isabel Fonseca³

Nuno Lapa⁴

Keywords: Potato peel. Biomass wastes. Activated carbon. Diclofenac.

INTRODUCTION

Pharmaceutical compounds are emerging contaminants of aquatic media with potential hazardous effects on biota and human health. On the other hand, biomass wastes provide an important source of feedstock that can be transformed into carbon materials able to play an important role in the solution of this environmental problem. Potato peel is a major waste of potato processing industry which is discarded, composted or used as low value animal feed.

Diclofenac is a widely used non-steroidal anti-inflammatory agent for which the information available indicates that they may pose a significant risk to or via the aquatic environment.

In the present work, potato peel waste was used as precursor of activated carbon and applied to the removal of sodium diclofenac from aqueous medium in parallel with a commercial activated carbon. PPW-based activated carbon was obtained by chemical activation with K_2CO_3 and submitted to textural and chemical characterization. Diclofenac adsorption experiments were carried out and the optimization of several parameters was performed.

¹ MSc in Chemical Engineering by Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Universidade Nova de Lisboa (UNL), Department of Chemistry, FCT-UNL, Portugal.

² PhD in Energy and Bionergy by FCT-UNL, Post-Doctoral Researcher, Department of Chemistry, FCT-UNL, Portugal

³ PhD in Chemical Engineering by FCT-UNL, Associate Professor at FCT-UNL, Department of Chemistry, FCT-UNL, Portugal

⁴ PhD in Environmental Engineering by FCT-UNL Assistant Professor at FCT-UNL, Department of Science and Technology of Biomass, FCT-UNL, Portugal

THEORETICAL CONSIDERATIONS

Diclofenac (DCF) is a widely used non-steroidal anti-inflammatory drug for oral or topical application, being the last one the main source of diclofenac contamination into water [1].

Pharmaceutical compounds are able to be readily removed by adsorption processes. Adsorption processes offer the possibility of using low-cost and easily available precursors to synthesize adsorbents, such as biomass wastes from agrofood industries [2].

Potato is one of the most produced and consumed carbohydrates all over the world.

Around 3.4% of the total potato production is directed to processing industry and about 15-40% (m/m) of potato peel wastes (PPW) can be generated, being the major waste from this industry followed by starch [3]. The volumes of PPW are too high to be sustainably and economically disposed of. Additionally, the potential contamination of PPW with side streams poses difficulties with disposal along with the rapid microbial spoilage of this wet waste. Therefore, the conversion of PPW into added-value products such as activated carbon is a potential pathway for its valorisation, although there are very few reports concerning the use of this waste as precursor of carbon adsorbents [4-6].

In the present work, activated carbon from PPW was obtained by chemical activation with potassium carbonate (K_2CO_3) and applied to the removal of sodium diclofenac from synthetic effluents. To authors' knowledge, this is the first study dealing with diclofenac adsorption using PPW-based activated

METHODOLOGY

POTATO PEEL WASTE (PPW)

PPW was collected from a potato processing industry and was submitted to elemental, proximate and thermogravimetric analysis. Mineral content was determined through microwave-assisted acidic digestion followed by quantification of several metals and metalloids by atomic absorption spectrometry (AAS).

PPW ACTIVATED CARBON

PPW activated carbon (CPPW) was obtained by chemical activation of the PPW with K_2CO_3 , using the wet impregnation method at 1:1 weight ratio. The impregnated sample was carbonized in a quartz reactor placed in a vertical furnace: heating to 700 °C, at 10 °C/min, during 1 h under a N_2 flow of 150 ml/min. After cooling the sample was washed with deionised water up to pH 7 and dried at 100 °C. A commercial activated carbon, Norit

GAC1240 (GAC), was used for comparison purposes. The activated carbons were submitted to elemental analysis and ash content determination. The point of zero charge (pH_{PZC}) was also evaluated [8]. The textural properties of the carbons were evaluated by adsorption N_2 adsorption at 77 K and by Scanning Electron Microscopy (SEM).

DICLOFENAC (DCF) ADSORPTION EXPERIMENTS

Batch experiments were conducted with 0.01 g of adsorbent and 25 ml of adsorbate stirred at a speed of 150 rpm in an orbital shaker at 20 ± 2 °C. After the stirring period, the mixture was separated by filtration and the concentrations of DCF were determined by UV-VIS spectrophotometry at 276 nm, from a calibration curve.

The effect of pH on DCF adsorption was evaluated with an initial pH range of 5-12. The activated carbons were mixed with 50 and 100 mg/L DCF solutions, and stirred for 24 h. The initial pH of DCF solutions were adjusted by using NaOH 0.1 M and HCl 0.1 M. The effect of contact time in the uptake of DCF was assessed for stirring periods ranged from 0 to 48 h, with concentrations of 50 and 100 mg/L. Adsorption isotherms were obtained for a concentration range of 10-150 mg/L.

RESULTS AND DISCUSSION

PPW presented an ash content of 5.65% (w/w) composed mainly by silicon and potassium. The high content of silicon was not expected but it may be attributed to inert contaminants from soils. As expected from a biomass, the alkaline and earth-alkaline elements were also present in significant concentrations.

Concerning the activated carbon samples, the pH_{PZC} of CPPW was 7 and GAC was of basic nature (pH of 9).

Table 1 presents the textural parameters of carbons obtained from N_2 isotherms. Both isotherms were typically of materials with well-developed microporous structure associated with some mesoporosity, particularly for GAC sample.

Table 1. Textural parameters of activated carbon samples.

	A_{BET} (m^2/g)	V_{micro} (cm^3/g)	V_{total} (cm^3/g)	V_{meso} (cm^3/g)	Pore width (nm)	
CPPW	866	0.33	0.40	0.07	1.86	A_{BET} – Apparent surface area V_{micro} – Micropore volume V_{total} – Total pore volume V_{meso} – Mesopore volume
GAC	1030	0.39	0.56	0.17	2.16	

Overall, GAC presented better textural parameters with the highest apparent surface area and total pore volume. Also, the micropore and mesopore volume were higher for this carbon.

A_{BET} – Apparent surface area;

V_{micro} – Micropore volume;

V_{total} – Total pore volume;

V_{meso} – Mesopore volume;

V_{ultra} – volume of ultramicropores;

V_{super} – volume of supermicropores

However, CPPW sample presented narrower pores.

SEM analysis showed that CPPW presents a more homogeneous surface morphology with sponge-like surfaces.

The study of the effect of pH on DCF removal revealed that the optimum pH for GAC was 7. For the biomass derived carbon, a pH of 5 was chosen as the optimum.

Kinetic data showed that CPPW and GAC reach the equilibrium around 17 h and 30 h, respectively.

DCF adsorption isotherms of the two carbons were best fitted by the Langmuir model. GAC presented a higher adsorption monolayer capacity, but the adsorption isotherm of CPPW presented a higher affinity to DCF molecule demonstrated by its higher Langmuir constant.

FINAL REMARKS

The results obtained in this work demonstrated that PPW-based activated carbon has the potential to be used as adsorbent of DCF from aqueous medium. Its performance was comparable to that of a commercial activated carbon and although GAC carbon presented a higher adsorption monolayer capacity, the biomass-derived carbon presented a higher affinity to DCF molecule.

REFERENCES

- [1] VIENO, N.; SILLANPÄÄ, M. Fate of diclofenac in municipal wastewater treatment plant — A review. *Environment International*, v. 69, p. 28–39, 2014.
- [2] YAHYA, M. A.; AL-QODAH, Z.; NGAH, C.W. Z. Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 46, p. 218–235, 2015.
- [3] ARAPOGLOU, D.; VARZAKAS, T.; VLYSSIDES, A.; ISRAILIDES, C. Ethanol production from potato peel waste. *Waste Management*, V. 30, P. 1898–1920, 2010.
- [4] MORENO-PIRAJÁN, J.C.; GIRALDO, L. Activated carbon obtained by pyrolysis of potato peel for the removal of heavy metal copper (II) from aqueous solutions. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 90, p. 42–47, 2011.
- [5] MORENO-PIRAJÁN, J.C.; GIRALDO, L. Immersion calorimetry applied to the study of the adsorption of phenolic derivatives onto activated carbon obtained by pyrolysis of potato peel. *Materials Express*, v. 2, p. 121-129, 2012.
- [6] KYZAS, G.Z.; DELIYANNI, E.A. Modified activated carbons from potato peels as green environmental-friendly adsorbents for the treatment of pharmaceutical effluents. *Chemical Engineering Research and Design*, v. 97, p. 135–144, 2015.
- [7] CARABINEIRO, S.A.C.; THAVORN-AMORNSRI, T.; PEREIRA, M.F.R.; SERP, P.; FIGUEIREDO, J. L. Comparison between activated carbon, carbon xerogel and carbon nanotubes for the adsorption of the antibiotic ciprofloxacin. *Catalysis Today*, v. 186, p. 29–34, 2012.

REUSO EM CASCATA DA PURGA DE ÁGUA DE MANCAL PARA REPOSIÇÃO DE PERDAS EM TORRE DE RESFRIAMENTO

Everton Hansen¹

Patrice Monteiro de Aquim²

Marco Antônio Siqueira Rodrigues³

Palavras-chave: Reuso. Indústria Petroquímica. Água de Mancal. Torre de Resfriamento.

INTRODUÇÃO

A preocupação com os recursos hídricos e a geração de efluentes no ambiente industrial vem promovendo o desenvolvimento de soluções voltadas para o adequado gerenciamento da água neste setor. Este trabalho aborda o estudo do uso da água em uma indústria petroquímica do sul do Brasil, uma vez que este setor industrial demanda grandes volumes de água para sua operação. Na indústria estudada, por exemplo, foram captados cerca de 24 milhões de metros cúbicos de água diretamente do manancial no ano de 2014. Diante deste cenário, o objetivo deste estudo foi realizar a avaliação do uso da purga do sistema de água de mancal (água de resfriamento de equipamentos rotativos) como água de reposição em uma torre de resfriamento, visando a redução do consumo de água e geração de efluentes da unidade. A metodologia do trabalho consistiu no levantamento de vazões de água envolvidas no processo, na caracterização das correntes aquosas e na aplicação de balanços de massa considerando as concentrações limites dos parâmetros turbidez, pH, condutividade, alcalinidade, dureza cálcio, cloretos, ferro, sulfatos, sílica, demanda química de oxigênio e sólidos em suspensão, tendo por diretriz o atendimento dos critérios de qualidade da água para a aplicação em sistemas de resfriamento.

¹ Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mestrando em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais pela Universidade Feevale.

² Doutora em engenharia química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, professora e coordenadora do mestrado profissional em tecnologia de materiais e processos industriais da Universidade Feevale.

³ Doutor em engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, professor do mestrado profissional em tecnologia de materiais e processos industriais da Universidade Feevale.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água é um recurso indispensável para o desenvolvimento da humanidade. Apesar de o volume total de água presente no planeta ser de aproximadamente 1,386 milhões de quilômetros cúbicos, apenas 2,5 % correspondem à água doce. Em 2010, o consumo global de água chegou a aproximadamente 3.900 quilômetros cúbicos, sendo 60 % empregado na agricultura, 22 % no uso doméstico e 18 % nas atividades industriais (Quaglia *et al.*, 2014).

As torres de resfriamento estão entre os maiores consumidores de água nos processos industriais devido ao uso de grandes volumes de água fresca como água de reposição do sistema, decorrente de perdas por evaporação, respingos e purgas (Wang *et al.*, 2014a, 2014b). Alguns autores já estudaram alternativas para redução da purga de torres de resfriamento. Altman *et al.* (2012) utilizou osmose reversa para o tratamento da corrente de recirculação de uma torre de resfriamento, obtendo uma redução de 16 % no uso de água de reposição e 49 % na vazão de purga. Já Limpt e Wal (2014) trataram a corrente de alimentação de uma torre de resfriamento também por osmose reversa e obtiveram economia de até 85 % de insumos químicos, e redução de 28 % do volume de água de reposição e 48 % no efluente gerado. Frick *et al.*, (2014); Löwenberg *et al.* (2015) estudaram pré-tratamentos para aplicação da osmose reversa em purgas de torres de resfriamento com vistas ao seu reuso, e Chien *et al.*, (2012) avaliou o uso de efluentes municipais tratados para reposição de torres de resfriamento.

Também existem diversos estudos que avaliaram a aplicação de reuso direto de água nas indústrias, aplicando balanços de massa e integração mássica para reduzir o consumo de água e a geração de efluentes (Guelli Ulson de Souza *et al.*, 2011; Mohammadnejad *et al.*, 2012; Rubio-Castro *et al.*, 2013; Alnouri *et al.*, 2014; Bishnu *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2014; Quaglia *et al.*, 2014; Shenoy e Shenoy, 2015). Percebe-se desta forma que a adoção do reuso constitui num passo importante e estratégico para se alcançar o desenvolvimento sustentável e, mais recentemente, para garantir a sobrevivência das indústrias (Aquino, 2015), sobretudo diante dos possíveis benefícios ambientais, econômicos, e sociais passíveis de serem alcançados (Hespanhol *et al.*, 2004).

METODOLOGIA

Neste estudo, foi avaliado o aproveitamento da purga de um sistema de água de mancal como água de resfriamento em uma indústria petroquímica do sul do Brasil fazendo-se um levantamento das vazões envolvidas, caracterização de correntes e balanços de massa, utilizando como base os dados do ano de 2014, ano no qual esta pesquisa teve início.

Para o levantamento de vazões foi utilizado o software de gerenciamento de dados de processo, Aspen Process Explorer[®] versão 8.4, 2013, a partir do qual foram obtidas as vazões médias das correntes avaliadas. Um levantamento de análises físico-químicas existentes para controlar o processo foi realizado. Este levantamento foi feito para as correntes de água de resfriamento, água de mancal e água clarificada (água usualmente utilizada para reposição de perdas da torre de resfriamento). Balanços de massa foram realizados para calcular as vazões máximas de água de reuso possíveis em cada processo, considerando sempre a qualidade requerida para cada aplicação da água.

Para o cálculo da vazão de água de reuso possível em torres de resfriamento as seguintes equações do balanço de massa foram utilizadas:

Balanço de massa global:

$$A = P + E + R \quad (1)$$

Balanço de massa por componente:

$$A \cdot C_A = P \cdot C_P + E \cdot C_E + R \cdot C_R \quad (2)$$

Concentração máxima de contaminante na água de reposição da torre de resfriamento:

$$C_{Amáx} = ((P+R) \cdot C_{lim}) / A \quad (3)$$

Vazão máxima de água de reuso:

$$AR = (A \cdot (C_{Amáx} - C_{AC})) / ((C_{AR} - C_{AC})) \quad (4)$$

Onde:

A – água de reposição, para compensação das perdas do sistema (m³/h);

C_A – concentração do componente na água de reposição;

P – purga para limitar a concentração salinas da água, devido a sua evaporação (m³/h);

C_P – concentração do componente na água de purga;

E – evaporação de água, provocada para promover o rebaixamento da temperatura da água de resfriamento (m³/h);

C_E – concentração do componente na água de evaporação;

R – respingos que saem junto com o vapor e com o ar (m³/h);

C_R – concentração do componente na água de respingo;

AR – água de reuso utilizada como água de reposição (m³/h);

C_{AR} – Concentração de contaminante na água de reuso (mg/L);

C_{Amáx} – concentração máxima de contaminante na água de reposição (mg/L);

C_{lim} – Concentração limite para operação da torre de resfriamento (mg/L);

C_{AC} - Concentração de contaminante na água clarificada (mg/L).

As seguintes condições devem ser aplicadas à Equação 4 para sua interpretação:

$$AR_{m\acute{a}x} = A$$

$$AR_{min} = 0$$

$R = 0,1$ % da vazão de circulação da torre (Cheremisinoff e Cheremisinoff, 1981)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vazões médias de água de reposição da torre de resfriamento e de purga de água de mancal obtidas foram de 277 m³/h e 3m³/h, respectivamente. As concentrações médias dos parâmetros avaliados no ano de 2014 e as concentrações máximas admitidas para a água de resfriamento são apresentadas na Tabela 1. Estes valores são estabelecidos pela indústria em estudo.

Tabela 1 - Resumo das concentrações dos parâmetros de interesse nas correntes avaliadas

	Água Clarificada		Torre de Resfriamento			Água de Mancal	
	Média	Max.	Média	Max.	Concentração limite	Média	Max.
Turbidez (ppm caulim)	1	19	7	13	<30	2	14
pH	7,2	8,4	8,4	8,8	8 a 8,8	7,9	9,0
Condutividade (µs/cm)	165,1	232,0	1230,5	1706,0	<4000	251,0	523,0
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	26	53	101	143	>50	82	328
Dureza Cálcio (mgCaCO ₃ /L)	30	54	269	367	400	20	152
Cloretos (mg/L)	20	44	154	262	<1000	19	72
Sulfatos (mg/L)	24	40	255	583		50	148
Sílica (mg/L)	18	26	148	228	<300	17	26
Ferro (mg/L)	0,1	0,1	0,4	1,1	<3,0	1,7	9,3
Fosfato (mg/L)	-	-	6,4	9,2	5,0 a 7,0	8,4	27,1
DQO (mgO ₂ /L)	3,5	7,4	19,3	29,5	<25	21,0	105,1
Sólidos em suspensão (mg/L)	2	2	8,1	16,0	<30	1,8	2,4
Cloro Livre (mg/L)	-	-	0,5	2,0	>0,5	-	-
Cloro Total (mg/L)	-	-	1,0	3,0	0,7 a 1,2	-	-

1 – Vazão média de água de reposição consumida pela torre de resfriamento.

2 – Vazão média de purga de água de mancal.

A seguir são apresentadas as concentrações máximas de contaminantes na água de reposição da torre de resfriamento, calculadas utilizando a Equação 3 e considerando para os termos de concentração de contaminante na água clarificada e na água de reuso, as concentrações médias encontradas no período compilado. Também são apresentadas as

máximas vazões de reuso de água de mancal possíveis de serem aplicadas como água de reposição da torre de resfriamento. As vazões foram obtidas fazendo uso da Equação 4 e suas condições de contorno, considerando as concentrações médias das correntes, apresentadas na Tabela 1.

A Tabela 2 mostra as concentrações máximas dos parâmetros na água de reposição calculada para a torre de resfriamento.

Tabela 2 - Concentrações máximas aceitáveis dos parâmetros na água de reposição da torre de resfriamento

Parâmetro	$C_{Amáx}$ Torre de Resfriamento
Turbidez (ppm caulim)	5,6
Condutividade ($\mu\text{s/cm}$)	750,2
Alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	9,4
Dureza Cálcio (mgCaCO_3/L)	75,0
Cloretos + Sulfatos (mg/L)	187,5
Sílica (mg/L)	56,3
Ferro (mg/L)	0,6
DQO (mgO_2/L)	4,7
Sólidos em suspensão (mg/L)	5,6

A Tabela 3 mostra as vazões máximas de água de mancal 1 e 2 que podem ser reusadas em cada torre de resfriamento e para cada contaminante avaliado.

Tabela 3 - Vazões de reuso de água de mancal na torre de resfriamento

Parâmetro	Vazão máxima de água de reuso
Turbidez (ppm caulim)	277
Condutividade ($\mu\text{s/cm}$)	277
Alcalinidade (mgCaCO_3/L)	277
Dureza Cálcio (mgCaCO_3/L)	277
Cloretos + Sulfatos (mg/L)	277
Sílica (mg/L)	277
Ferro (mg/L)	80
DQO (mgO_2/L)	19
Sólidos em suspensão (mg/L)	277

O valor grifado na Tabela 3 é o mais restritivo para reuso em cascata da água de mancal na torre de resfriamento. Esta é a vazão recomendada para utilização da purga da água de mancal como água de reposição da torre de resfriamento, e o parâmetro limitante para este reuso é a DQO. No caso do reuso da corrente apontada, 26.280 m^3/ano de água seriam economizados, e o mesmo volume de efluentes orgânicos deixariam de ser gerados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho foi possível avaliar uma alternativa de reuso de água de mancal para reposição de perdas em uma torre de resfriamento a partir do levantamento das vazões envolvidas, da caracterização da qualidade das correntes e da aplicação de balanços de massa.

A implementação da sugestão de reuso desta dissertação pode reduzir em 26.280 m³/ano a geração de efluentes orgânicos da empresa, e o mesmo volume de água deixaria de ser consumido para reposição de perdas na torre de resfriamento. A aplicação do reuso em cascata sugerido deverá ser implementada juntamente com uma sistemática de acompanhamento das vazões e qualidade da água de reuso, visando evitar que as concentrações máximas admitidas para a água de resfriamento sejam ultrapassadas.

Os resultados obtidos até o momento mostram que existe um grande potencial para o reuso de efluentes dentro da indústria avaliada, podendo reduzir o volume de água captada diretamente do manancial, e dos efluentes líquidos gerados nos seus processos.

REFERÊNCIAS

- Alnouri SY, Linke P, El-Halwagi M. Water integration in industrial zones: a spatial representation with direct recycle applications. *Clean Technol Environ Policy*. 2014;16:1637–1659.
- Altman SJ, Jensen RP, Cappelle MA, Sanchez AL, Everett RL, Anderson HL, McGrath LK. Membrane treatment of side-stream cooling tower water for reduction of water usage. *Desalination*. 2012;285:177–183.
- Aquino V de. Reúso, solução para escassez x legislação e regulamentação deficitária. *Rev TAE*. 2015;
- Bishnu SK, Linke P, Alnouri SY, El-Halwagi M. Multiperiod Planning of Optimal Industrial City Direct Water Reuse Networks. *Ind Eng Chem Res*. 2014;53:8844–8865.
- Cheremisinoff NP, Cheremisinoff PN. *Cooling Towers: selection, Design and Practice*. Michigan: Ann Arbor Science Publishers; 1981.
- Chien S-H, Chowdhury I, Hsieh M-K, Li H, Dzombak DA, Vidic RD. Control of biological growth in recirculating cooling systems using treated secondary effluent as makeup water with monochloramine. *Water Res*. 2012;46:6508–6518.
- Frick JM, Féris LA, Tessaro IC. Evaluation of pretreatments for a blowdown stream to feed a filtration system with discarded reverse osmosis membranes. *Desalination*. 2014;341:126–134.

Guelli Ulson de Souza SM de A, Xavier MF, da Silva A, Ulson de Souza AA. Water Reuse and Wastewater Minimization in Chemical Industries Using Differentiated Regeneration of Contaminants. *Ind Eng Chem Res.* 2011;50:7428–7436.

Hespanhol I, Gonçalves OM, Sautchúk CA, Landi FDN, Mierzwa JC, Vivacqua MCR, Silva MCC da, Landi PDN, Schmidt W. Conservação e reuso de água: manual de orientações para o setor industrial. São Paulo; 2004.

Lee J-Y, Chen C-L, Lin C-Y, Foo DCY. A two-stage approach for the synthesis of inter-plant water networks involving continuous and batch units. *Chem Eng Res Des.* 2014;92:941–953.

Limpt B van, Wal A van der. Water and chemical savings in cooling towers by using membrane capacitive deionization. *Desalination.* 2014;342:148–155.

Löwenberg J, Baum JA, Zimmermann Y-S, Groot C, van den Broek W, Wintgens T. Comparison of pre-treatment technologies towards improving reverse osmosis desalination of cooling tower blow down. *Desalination.* 2015;357:140–149.

Mancuso PCS, Santos HF dos. Reúso de Água. Barueri, SP: Univerisidade de São Paulo; 2003.

Mohammadnejad S, Ataei A, Bidhendi GRN, Mehrdadi N, Ebadati F, Lotfi F. Water pinch analysis for water and wastewater minimization in Tehran oil refinery considering three contaminants. *Environ Monit Assess.* 2012;184:2709–2728.

Quaglia A, Pennati A, Bogataj M, Kravanja Z, Sin G, Gani R. Industrial Process Water Treatment and Reuse: A Framework for Synthesis and Design. *Ind Eng Chem Res.* 2014;53:5160–5171.

Rubio-Castro E, Ponce-Ortega JM, Serna-González M, El-Halwagi MM, Pham V. Global optimization in property-based interplant water integration. *AIChE J.* 2013;59:813–833.

Shenoy AU, Shenoy UV. Continuous targeting and network design for zero wastewater discharge in water system integration. *J Clean Prod.* 2015;87:627–641.

Wang W, Zhang Y, Esparra-Alvarado M, Wang X, Yang H, Xie Y. Effects of pH and temperature on forward osmosis membrane flux using rainwater as the makeup for cooling water dilution. *Desalination.* 2014a;351:70–76.

Wang Y, Chu KH, Wang Z. Two-Step Methodology for Retrofit Design of Cooling Water Networks. *Ind Eng Chem Res.* 2014b;53:274–286.

REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA CALÇADISTA: UMA OPORTUNIDADE DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Karin Luise dos Santos Santos¹

Sabrina Spindler da Cruz²

Francielli Spindler da Cruz³

Vanusca Dalosto Jahno Santos⁴

Haide Maria Hupffer Santos⁵

Palavras-chave: Indústria calçadista. Reciclagem. Resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

A indústria de produção de calçados no Brasil é um setor com relevante importância econômica devido ao seu grande volume de produção, sua expressiva participação nas exportações e elevada vocação à geração de empregos. Dados da ABICALÇADOS (2015) informam que o Brasil produz cerca de 900 milhões de pares por ano, contando com um parque calçadista formado por mais de oito mil empresas, que empregaram diretamente, entre janeiro e abril de 2015, mais de 322 mil pessoas. Deste total, o Rio Grande do sul possui a maior participação, ficando com 33% dos empregos gerados no setor. Além disso, de janeiro a maio de 2015, o Brasil exportou 47.802.175 pares de calçados. O principal país importador de calçados brasileiros é os Estados Unidos, seguido pela França e Bolívia.

Contudo, ao longo de todo o processo produtivo da indústria calçadista, para se chegar aos formatos dos calçados, obtêm-se sobras e retalhos inevitáveis. Constitui, portanto, característica típica dessa atividade industrial, a geração de grande quantidade de resíduo, potencializada ainda pela ampla variedade de materiais que formam o calçado, especialmente em função das exigências da moda.

¹ Mestranda em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale e Bacharel em Engenharia Industrial Química pela Universidade Feevale.

² Mestranda em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale e Bacharel em Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

³ Discente de Engenharia Civil da Universidade Feevale.

⁴ Doutora em Ciências da Saúde e Docente do Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade.

⁵ Doutora em Direito e Docente do Programa de Pós Graduação em Qualidade Ambiental da Universidade.

A produção de calçados de materiais alternativos, como por exemplo, EVA, borracha termoplástica, poliuretano e PVC, em saltos, solados e palmilhas teve objetivo de redução de custos, especialmente na produção voltada ao mercado interno.

O aumento da oferta e consumo destes materiais no mercado calçadista altera significativamente o perfil de geração de resíduos das empresas deste segmento, o que traz por consequência a exigência de novas tecnologias para classificá-los, reciclá-los ou reutilizá-los. Em muitos casos, a destinação tecnicamente adequada envolve custos elevados, o que acaba inviabilizando as ações decorrentes. Ou ainda, para muitos destes materiais alternativos, não foi desenvolvida nenhuma técnica de reaproveitamento ou reciclagem, o que acaba fazendo com que muitas empresas do setor apenas os encaminhem para aterros industriais ou, infelizmente, os disponham de forma irregular. Têm-se aqui então uma oportunidade para investimentos em desenvolvimento de tecnologias e alternativas capazes de reutilizar os resíduos provenientes da indústria calçadista.

METODOLOGIA

O estudo caracteriza-se por uma pesquisa descritiva e exploratória, descrevendo o cenário atual dos resíduos sólidos provenientes das indústrias calçadistas do Vale do Rio dos Sinos.

RESULTADOS

O Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, realizado pela FEPAM no ano de 2002, apontou que no Rio Grande do Sul são produzidos em média 283.585,89 t/ano de resíduos no setor químico, 187.239,39 t/ano no setor de papel e celulose, 243.881,86 t/ano no setor coureiro e 2.951,28 t/ano no setor têxtil, setores estes relacionados ao abastecimento direto das indústrias calçadistas. Estes dados até hoje não foram atualizados.

Fica evidente então, que as empresas vinculadas ao setor coureiro-calçadista, potencializam diretamente a quantidade de resíduos gerada no estado anualmente. Para os investidores do setor, a geração de resíduos sólidos industriais representa uma perda monetária de grande relevância, visto que, os custos envolvidos com a recuperação ou a destinação final ambientalmente adequada são elevados. Além disso, o meio ambiente também acaba ficando no prejuízo, pois dele são extraídos cada vez mais matérias-primas virgens (muitas delas de fontes não renováveis) e há ainda o mau aproveitamento dos recursos hídricos e energia disponíveis. Muitas empresas têm buscado sistemas de produção mais limpa, ou seja, tecnologias capazes de eliminar ou diminuir perdas relativas a subprodutos,

visando o uso racional de recursos e o planejamento para a sua melhor recuperação, através do reaproveitamento ou reciclagem dos resíduos que são gerados.

Em decorrência da questão ambiental relacionada à geração crescente de resíduos em todos os setores da economia nacional, incluindo ainda o setor público, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, surgiu como uma inovação que veio ao encontro da proteção ambiental, uma vez que, traz como um dos seus principais objetivos a reutilização destes resíduos. Conforme o parágrafo VIII do Artigo 6º da Lei N 12.305: 2010 os resíduos devem ser reconhecidos como bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania todo resíduo sólido reutilizável e reciclável. Esta mesma legislação possui como alguns de seus objetivos o incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados e a capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos.

Além disso, a Constituição Federal de 1988 já havia determinado como um dos princípios da ordem econômica, o meio ambiente ecologicamente equilibrado, dando ênfase à preservação ambiental de forma expressa, disciplinando as atividades econômicas.

A reutilização ou reciclagem de materiais possui como principal objetivo a minimização dos impactos ambientais causados pela sociedade.

Segundo Addis (2010) tal impacto manifesta-se de várias maneiras:

- esgotamento dos recursos naturais não renováveis, tanto de combustíveis minerais como fósseis;
- poluição do ar pelo processo de industrialização e transporte rodoviário;
- degradação da paisagem natural – pedreiras, desmatamento e áreas de aterro.

Addis (2010) afirma que em Londres, necessitaria de uma área do tamanho da Espanha para ser completamente sustentável, de acordo com seus atuais níveis de consumo. Se todos os países do mundo impactassem o meio ambiente da mesma maneira que os países ocidentais, já necessitaríamos de mais três planetas Terra para assegurar nossa sobrevivência sustentável em longo prazo. Em função disso, há fortes razões para tentar reduzir a quantidade de materiais desperdiçados, aumentando a reciclagem e, sempre que possível, explorando oportunidades para reutilizar componentes. Alcançar esses objetivos não apenas reduziria a crescente pressão sobre locais de aterro, como também reduziria a extração de novos recursos naturais da Terra, o que, por sua vez, reduziria o impacto ambiental dos processos de extração, desaceleraria e, eventualmente, pararia por completo o esgotamento dos recursos finitos do planeta.

O aproveitamento econômico de recursos naturais e minerais está inserido nas práticas de estratégia para o desenvolvimento territorial. Os processos de crescimento populacional, de modernização e de urbanização aumentam a demanda por recursos do setor de extração mineral voltado para a construção civil. Esta exploração indica o aumento do número de obras e caracteriza-se como atividade que proporciona o desenvolvimento socioeconômico para os agentes afetados direta ou indiretamente pelo empreendimento. Juntamente com todo o processo de utilização do recurso, desencadeiam questões de ordem social, ambiental e também, econômica (ANNIBELLI, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos traz como ações prioritárias de gestão e gerenciamento ambiental: a não geração, a redução, reutilização, a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos. Esta ordem de prioridades tem como objetivo a redução da quantidade de resíduos encaminhados para a disposição final. Para isso, a política também incentiva a gestão integrada de resíduos sólidos e estimula a implementação da avaliação do ciclo de vida do produto, desde a sua concepção.

Contudo, visto o imenso volume de resíduos gerados pela indústria calçadista do Vale do Rio dos Sinos, potencial causador de grandes impactos ambientais para a região, surge a necessidade e oportunidade de reutilizar estes resíduos como fonte de matéria-prima para algum setor industrial ou ainda para ele mesmo, a fim de minimizar os custos empregados pelas indústrias com a destinação destes resíduos para aterros sanitários, além da minimização do impacto ambiental gerado ao meio ambiente, que também acaba expondo a sociedade á riscos diversos e a diminuição da necessidade de matérias-primas virgens.

REFERÊNCIAS

ABICALÇADO, Associação brasileira das indústrias de calçados. **Exportações Brasileiras de Calçado**. Disponível em: <<http://www.abicalcados.com.br/site/inteligencia.php?cat=1>>. Acesso em 28 jun. 15.

ABICALÇADO, Associação brasileira das indústrias de calçados. **Evolução do emprego na indústria da calçados por região**. Disponível em: <<http://www.abicalcados.com.br/site/inteligencia.php?cat=2>>. Acesso em 28 jun. 15.

ADDIS, B. **Reuso de materiais e elementos de construção**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2010.

ANNIBELLI, M. B. **Mineração de areia e seus impactos socioeconômicoambientais**. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade do Paraná, Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/bh/mariana_baggio_annibelli.pdf>. Acesso em 03 maio 15.

BRASIL. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm . Acesso em: 08 jun. 2015.

FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais**. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/rsi.asp>. Acesso em: 15/05/2015.

PRODANOV, Cleber C.; FREITAS, Ernani C. de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo, RS: Editora Feevale, 2013.

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE POLI(ÓXIDO DE 2,6-DIMETIL-1,4-FENILENO) BROMOMETILADO PARA PRODUÇÃO DE MEMBRANA ANIÔN SELETIVA

Eng. Felipe Tiago do Nascimento¹

Prof. Dr. Marco Antônio Siqueira Rodrigues²

INTRODUÇÃO

Membranas de troca iônica tem sido desenvolvidas por vários métodos e a partir de diferentes polímeros, com diversos grupos iônicos, cada qual visando diferentes aplicações e propriedades específicas (VOGEL; MEIER-HAACK, 2014). Contudo, no Brasil ainda não há produção de membranas do tipo em escala comercial. Assim, visando o desenvolvimento de membranas ânion seletivas a partir do Poli(óxido de 2,6-dimetil-1,4-fenileno) (PPO) para posterior transferência de tecnologia a uma empresa nacional, este trabalho investigou a reação de bromação do PPO em solução para obtenção do polímero bromometilado, a qual consiste na primeira etapa da funcionalização do PPO com grupos catiônicos. O produto da reação foi caracterizado por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As membranas de troca iônica possuem grupos iônicos fixados à cadeia de um polímero base, conhecido como matriz polimérica (BAKER, 2004). Um dos polímeros que tem sido estudados para uso como matriz na produção de membranas íon seletivas é o PPO, um polímero de engenharia com boas propriedades mecânicas, alta estabilidade química a ácidos minerais e orgânicos, baixa absorção de água e alta temperatura de transição vítrea (FRIED, 1995). Sua estrutura apresenta um anel aromático, dois grupos metil e uma terminação fenólica (Figura 1).

¹ Engenheiro Industrial Químico. Acadêmico do Mestrado Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais de Universidade Feevale.

² Orientador. Professor da Universidade Feevale.

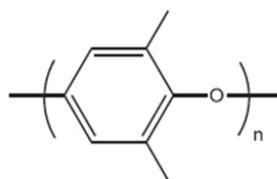


Figura 1 - Estrutura da unidade de repetição PPO

Fonte: Adaptado de (GOPI et al., 2014)

Apesar da estrutura simples o PPO é um polímero versátil que pode ser modificado tanto nas posições arílicas quanto benzílicas, dando origem a polímeros inteiramente novos. Uma das modificações que podem ser feitas diz respeito a reações de substituição radicalar visando a modificação do polímero nas posições benzílicas (HAMAD; MATSUURA, 2005; STORY; KOROS, 1992; TONGWEN; WEIHUA, 2001). Este tipo de reação é etapa primária na obtenção de uma membrana aniônica com grupos funcionais de amins quaternárias, a qual é realizada, basicamente, em três etapas: bromação benzílica do PPO em solução (reação radicalar), formação de filmes do PPO bromado por evaporação de solvente e, então, funcionalização do filme para a introdução dos grupos quaternários de amônio (KARAS et al., 2014; STORY; KOROS, 1992; XU; LIU; YANG, 2005; XU, 2005; XU et al., 2008). Quando em posição benzílica o bromo pode ser facilmente substituído por grupos quaternários de amônio por meio reações de substituição nucleofílica (TANG et al., 2006; TONGWEN; WEIHUA, 2001; XU; LIU; YANG, 2005). Contudo, o bromo nas posições arílicas não é sensível as reações de aminação, visto que este não reage com os reagentes de aminação comumente utilizados (LUO et al., 2011; TONGWEN; WEIHUA, 2001). Desta forma, o reagente mais indicado para a realização da reação de bromação do PPO visando a posterior substituição do bromo por grupo quaternário de amônio é o NBS (*N-Bromosuccinimide*), visto que, como o uso do mesmo, o controle das condições de reação para bromar seletivamente a posição benzílica é mais simples, possibilitando que não haja formação de produtos indesejados (bromo arílico) (INCREMONA; MARTIN, 1970; MA; ZHAO; LIN, 2011; YAN; HICKNER, 2010; TONGWEN; WEIHUA, 2001).

METODOLOGIA

O PPO foi bromado em solução conforme procedimento semelhante aos empregados por Tongwen e Weihua (2001) e Katzfus et al. (2013): em um balão de três bocas conectado a um condensador tipo coil o PPO foi dissolvido em clorobenzeno a temperatura ambiente para obtenção de uma solução 8% p/v. Após a dissolução completa do polímero adicionou-se o

NBS (*N-Bromosuccinimide*) como agente de bromação em proporção molar de 1:1 em relação ao PPO, juntamente com uma quantidade catalítica de peróxido de benzoíla (BPO) para início da reação radicalar. Em seguida, a reação foi conduzida em refluxo por 4 horas. Ao final da reação a mistura foi deixada em repouso até atingir a temperatura ambiente, sendo então precipitada em metanol. O precipitado foi seco a temperatura ambiente por 72 horas e mais 4 horas em estufa a 80°C para eliminação completa do solvente. O produto final da reação foi denominado BPPO.

A caracterização do produto quanto a sua estrutura química foi realizada por meio de análise de FTIR em equipamento Varian 600-IR Series com leituras de comprimento de onda entre 400 – 4000 cm^{-1} (ONG et al., 2011).

RESULTADOS

Os espectros de FTIR obtidos para o PPO puro e para o PPO bromado, denominado BPPO, são apresentados nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

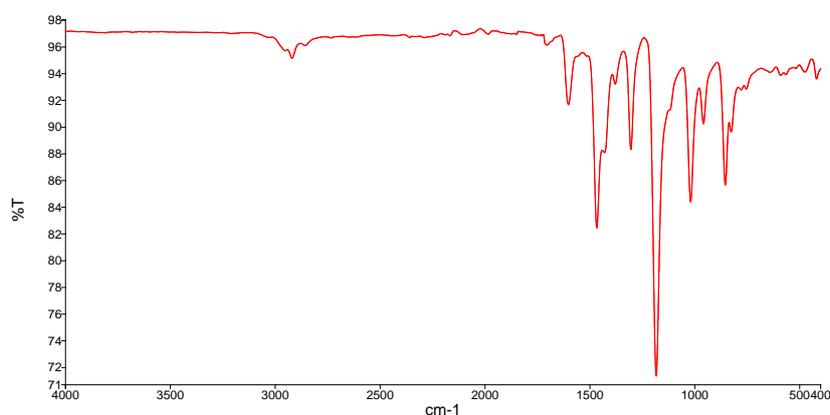


Figura 2 – Espectro de FTIR obtido para o PPO
Fonte: do autor

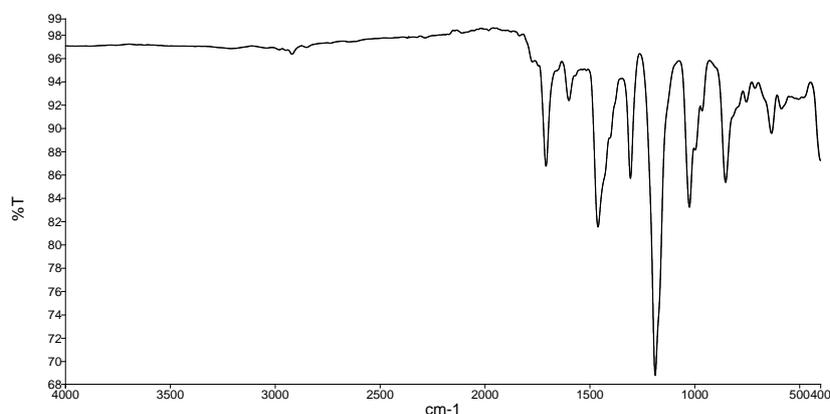


Figura 3 – Espectro de FTIR obtido para o BPPO
Fonte: do autor

DISCUSSÃO

Comparando os espectros obtidos para o PPO (Figura 2) e para o BPPO (Figura 3), percebe-se que, após a reação de bromação, houve o surgimento de dois novos picos de absorção no BPPO, em 633 cm^{-1} e em 1790 cm^{-1} . De acordo com Ong et al. (2011), os picos correspondentes ao estiramento C-Br devem ser observados em 1155 cm^{-1} e $680\text{--}750\text{ cm}^{-1}$. Contudo, segundo PRETSCH, BÜHLMANN e BADERTSCHER (2009) o pico correspondente ao mesmo estiramento pode ser observado entre $500\text{--}700\text{ cm}^{-1}$, o que confirmaria que houve bromação do PPO.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ter havido uma mudança no espectro de FTIR do polímero bromado (BPPO) em relação ao polímero puro (PPO), é necessário o uso de outros métodos de caracterização, como a Ressonância Magnética Nuclear de núcleos de hidrogênio ($^1\text{H NMR}$) para confirmar o sucesso da reação da bromação, visto que há divergência na literatura quanto ao pico de FTIR correspondentes ao estiramento C-Br.

REFERÊNCIAS

BAKER, R. W. **Membrane Technology and Applications**. 2 nd. ed. England: John Wiley & Sons, Ltd, 2004. v. 23

FRIED, J. **Polymer Science and Technology**. 2ed, Prentice Hall, 2013.

HAMAD, F.; MATSUURA, T. Performance of gas separation membranes made from sulfonated brominated high molecular weight poly(2,4-dimethyl-1,6-phenylene oxide). **Journal of Membrane Science**, v. 253, n. 1-2, p. 183–189, maio 2005.

INCREMENTONA, J. H.; MARTIN, J. C. N-Bromosuccinimide . Mechanisms of Allylic Bromination and Related Reactions. **Journal of the American Chemical Society**, v. 92, p. 627-634, 1970.

KARAS, F. et al. Determination of the ion-exchange capacity of anion-selective membranes. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 39, n. 10, p. 5054–5062, mar. 2014.

KATZFUS, A. et al. The application of covalently cross-linked BrPPO as AEM in alkaline DMFC. **Journal of Membrane Science**, v. 425-426, p. 131–140, 2013.

LUO, J. et al. Diffusion dialysis-concept, principle and applications. **Journal of Membrane Science**, v. 366, n. 1-2, p. 1–16, jan. 2011.

MA, W.; ZHAO, C.; LIN, H. Poly (aryl ether ketone) s with Bromomethyl Groups: Synthesis and Quaternary Amination. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 120, n. May 2010, p. 3477–3483, 2011.

ONG, A. L. et al. Anionic membrane and ionomer based on poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) for alkaline membrane fuel cells. **Journal of Power Sources**, v. 196, n. 20, p. 8272–8279, 2011.

PRETSCH, BÜHLMANN e BADERTSCHER (2009)

SATA, T. Ion Exchange Membranes: Preparation, Characterization, Modification and Application. 2004.

STORY, B. J.; KOROS, W. J. Sorption and transport of CO₂ and CH₄ in chemically modified poly (phenylene oxide). **Journal of Membrane Science**, v. 67, n. 2-3, p. 191–210, 1992.

TANG, B. et al. A novel of positively charged asymmetry membrane prepared from poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) by in situ amination. Part III. Effect of benzyl and aryl bromination degrees of polymer on membrane performance and morphologies. **Journal of Membrane Science**, v. 279, n. 1-2, p. 192–199, 2006.

TONGWEN, X.; WEIHUA, Y. Fundamental studies of a new series of anion exchange membranes: membrane preparation and characterization. **Journal of Membrane Science**, v. 190, n. 2, p. 159–166, set. 2001.

VOGEL, C.; MEIER-HAACK, J. Preparation of ion-exchange materials and membranes. **Desalination**, v. 342, p. 156–174, 2014.

YAN, J.; HICKNER, M. A. Anion Exchange Membranes by Bromination of Benzylmethyl-Containing Poly(sulfone)s. **Macromolecules**, v. 43, n. 5, p. 2349–2356, 9 mar. 2010.

XU, T. Ion exchange membranes: State of their development and perspective. **Journal of Membrane Science**, v. 263, n. 1-2, p. 1–29, 15 out. 2005.

XU, T. et al. Preparation and characterization of Type II anion exchange membranes from poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) (PPO). **Journal of Membrane Science**, v. 320, n. 1-2, p. 232–239, jul. 2008.

XU, T.; LIU, Z.; YANG, W. Fundamental studies of a new series of anion exchange membranes: membrane prepared from poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) (PPO) and triethylamine. **Journal of Membrane Science**, v. 249, n. 1-2, p. 183–191, mar. 2005.

SISTEMA DE ACOPLAMENTO HIDRÁULICO OTIMIZADO PARA TRATORES

Guilherme Eisinger Cezar¹

Angela Beatrice Dewes Moura²

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos processos através de inovações tecnológicas em métodos e materiais, tende a reduzir os tempos de ciclos de produção. Com a redução de tempo nos processos, passa-se a ter ganhos de agilidade e custos para produção, à luz de observarmos tempos de máquinas e de mão de obra.

No cenário atual, tem-se que os processos são cada vez mais enxutos, não admite-se mais, gastos e desperdícios de produção, a ideia é de que tudo sempre tenha giro e que os estoques tendam a zero. O ambiente em questão é competitivo, sendo que questões como qualidade, custos e níveis de serviço, são primordiais para a acirrada disputa por clientes.

Diante deste cenário de alta competitividade, onde falhas e atrasos, não são tolerados, desenvolve-se o guindaste hidráulico articulado, que pode realizar movimentações de cargas de forma simples e ágil, ao mesmo tempo que quando estruturado na carroceria de veículo de carga, pode transferir e movimentar cargas até os locais desejados pelos clientes.

Os guindaste hidráulico articulado pode ter suas aplicações em regiões metropolitanas, realizando entregas referentes à indústrias metal-mecânicas, onde é acoplado em cima de um caminhão, como também pode ser utilizado no campo, onde é acoplado sobre uma estrutura que tem sua tração realizada por trator, pois os sistemas são interligados.

O tema deste projeto de pesquisa trata do desenvolvimento de sistema de acoplamento entre o conjunto guindaste e trator, em mecanismos de movimentações de cargas, do tipo guindaste hidráulico articulado. Este terá aplicação em ambientes rurais, de forma a ter facilidade na conexão do equipamento, aumentando durabilidade e qualidade do sistema.

O objetivo geral do trabalho é propor um sistema de acoplamento hidráulico otimizado para conjunto trator-guindaste hidráulico articulado, para atuação em ambientes rurais.

¹ Engenheiro Industrial Mecânico pela Universidade Feevale, aluno do Mestrado de Tecnologia de Materiais e Processos Industriais na Universidade Feevale.

² Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atua como professora titular do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Feevale.

Os objetivos específicos do trabalho consistem em:

- Analisar materiais que em suas características fundamentais atendam aos requisitos do projeto, em relação à resistência, durabilidade e custo.
- Analisar sistema de conexão que possibilite a transmissão de energias sem falhas, em situações adversas, tais como, exposição às altas temperaturas e pressões, impactos, sujeiras, contatos com poeiras e presença de água.
- Desenvolver projeto de equipamento em sistema de modelagem tridimensional.
- Realizar testes de simulação através do Método de Elementos Finitos.

METODOLOGIA

O trabalho será realizado no laboratório de simulação da Teck Park (Campo Bom).

A metodologia utilizada para a realização do projeto em questão, que se trata do desenvolvimento de conector para sistema trator –guindaste hidráulico articulado, é descrita abaixo:

Pesquisa bibliográfica: Para obtenção de informações referentes a tecnologias aplicadas em sistemas atuais, será realizada pesquisa bibliográfica sobre os sistemas de guindastes hidráulicos articulados atuais, suas aplicações, metodologia de fabricação, montagem e manutenções necessárias.

Modelagem e simulação gráfica: Para a obtenção de modelo do sistema de acoplamento otimizado, será realizada a modelagem gráfica através do programa SolidWorks, os testes de simulação gráfica serão realizados através do programa Comsol, no qual será utilizado o Método de Elementos Finitos, nestes serão analisadas questões de resistência mecânica do equipamento, assim como seu comportamento quando exposto a forças aplicadas.

GUINDASTES

Os guindastes são equipamentos de elevação de cargas fundamentais para serviços de montagem, movimentações de cargas em estoques, abastecimento de matéria-prima em ambientes produtivos e demais tipos de movimentações de carga. Os guindastes possuem grande potencial de mobilidade, podendo ser deslocados e posicionados de acordo com as necessidades das frentes de trabalho, juntamente com a lança de que possuem para a execução dos levantamentos.

Os guindastes possuem mais de um tipo construtivo, tais como: De coluna fixa ou giratória; com mastro de madeira ou treliçado; pórticos; de plataforma giratória; de torre ou grua, que possuem grande utilização em construção civil e montagens estruturais; automotores, autopropelidos ou autopropulsados, em que o sistema de acionamento é montado sobre uma plataforma giratória, este conjunto é apoiado sobre um chassi e se desloca sobre rodas ou esteiras.

As capacidades dos guindastes podem variar de acordo com seu porte, capacidade menor de 20 ton são guindastes de pequeno porte, capacidade de 20 toneladas a 100 toneladas indica porte médio, com capacidade acima de 100 ton para os guindastes de porte pesado.

AÇOS

O aço é uma liga de natureza relativamente complexa, seus principais elementos de liga são ferro e carbono, porém os aços comerciais que são o grande volume dos aços produzidos contém sempre outros elementos secundários, presentes devido aos processos de fabricação. Com isto pode-se afirmar segundo Chiaverini, 2008), que: “Aço é a liga ferro-carbono que contém geralmente de 0,008% até aproximadamente 2,11% de carbono, além de certos elementos residuais, resultantes dos processos de fabricação”.

Os aços podem ser divididos quanto ao seu teor de carbono. Aços com menos de 0,2% de carbono, são considerados de baixo teor de carbono, aços que possuem entre 0,2% à 0,5% de carbono são considerados de médio teor de carbono e aços que tenham teor de carbono superior a 0,5% são considerados de alto teor de carbono.

AÇOS DE ALTA RESISTÊNCIA

A tendência moderna da utilização de estruturas cada vez maiores faz com que os engenheiros, projetistas e construtores considerem o emprego de aços cada vez mais resistentes, afim de se evitar o uso de estruturas cada vez mais pesadas. Estas aplicações são adotadas não somente para o caso de estruturas fixas, como prédios e pontes, mas principalmente também para estruturas móveis, no setor de transportes, no qual o maior interesse se concentra na redução do peso morto estrutural.

Os aços de alta resistência são indicados para utilização quando se deseja aumentar a resistência mecânica, melhorar a resistência a corrosão atmosférica, melhorar a resistência ao choque e o limite de fadiga, e para elevar a relação do limite de escoamento para de resistência à tração, sem perda apreciável da ductilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho em questão realizará a análise de sistemas de guindastes, através de suas configurações e características, bem como análise se aços de alta resistência para assim desenvolver projeto de acoplamento hidráulico para o conjunto trator-guindaste. Será realizado o desenvolvimento do projeto do equipamento em ambiente de modelagem tridimensional. O conjunto será submetido a testes de simulação através de Método dos Elementos Finitos, que possibilitará a análise do equipamento simulando condições de trabalho real. O projeto de pesquisa trará a possibilidade de criação de equipamento específico para atuação direta no mercado.

REFERÊNCIAS

Araújo, Luiz Antônio de. Manual de Siderurgia, Editora e Arte Ciência. São Paulo, 2005.

Braun, A. ; Moura, Angela B. Dewes . Avaliação da Simulação de um Braço de um Guindaste Utilizando Dois Softwares Comerciais de Análises de Elementos Finitos (FEA). Conselho em Revista, Porto Alegre, RS, p. 33 - 33, 03 ago. 2013

Chiaverini, Vicente. Aços e Ferros Fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. São Paulo, 2008.

Chiaverini, Vicente. Tecnologia Mecânica. 2. Ed. Person Education do Brasil. São Paulo, 1986.

Collins, Jack A. Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção da falha, LTC editora. Rio de Janeiro. 2013.

Fernandes, Paulo S. Thiago. Montagens Industriais: Planejamento, execução e controle, Artliber Editora. São Paulo. 2013.

Moura, Angela. B. D. ; Braun, A. . Estruturas Metálicas de Guindastes Hidráulicos Articulados- Normas Aplicáveis. Conselho em Revista, Porto Alegre, p. 38 - 38, 01 jan. 2015.

Schaeffer, Lirio. Conformação Mecânica, 3. Ed. Imprensa Livre. Porto Alegre, 2009.

SULFONAÇÃO DO POLI ÓXIDO DE 2,6-DIMETIL-1,4-FENILENO (PPO) E CARACTERIZAÇÃO POR FTIR

Joana Farias Corte¹

Felipe T. Nascimento²

Graciela M. da Silveira³

Naiara Martins⁴

Michel Flach⁵

Lucas Henrique Nunes Kaiser⁶

Vanusca D. Jahno⁷

Ricardo M. de Martins⁸

Marco Antônio Siqueira Rodrigues⁹

Fabício Celso¹⁰

Palavras-chave: Membrana. Catiônica. Sulfonação. PPO. FTIR.

INTRODUÇÃO

Existem poucos polímeros comerciais que podem ser utilizados eficientemente como membrana íon seletiva, sendo necessário, na maioria dos casos, realizar modificações em uma matriz polimérica ou combinar polímeros, para que o material se torne adequado para desempenhar seu papel como membrana (KERRES, 2001; MULLER, 2013). Uma vez que as membranas comerciais existentes são importadas e de alto custo, há uma constante busca por novos materiais que possam ser utilizados para este fim. Polímeros de hidrocarbonetos aromáticos têm sido investigados como alternativa às membranas comerciais, como por exemplo, o PEEK, SEBS, PVDF, PS e PPO. O PPO é um polímero com estrutura molecular

¹ Autora principal. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Química pela Universidade Feevale. ² Autor. Mestrando em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Químico pela Universidade Feevale. ³ Autora. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais e Eng. Industrial Química pela Universidade Feevale. ⁴ Autora. Mestranda em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais pela Universidade Feevale, Eng. Química pela UFRGS. ⁵ Autor. Mestre em Qualidade Ambiental e Eng. Industrial Químico pela Universidade Feevale. ⁶ Autor. Graduando em Eng. Química pela Universidade Feevale. ⁷ Orientador. Química Industrial e Licenciada em Química pela PUCRS. Mestrado em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS e Doutorado em Medicina e Ciências da Saúde pela PUCRS. Professor Pesquisador da Universidade Feevale. ⁸ Orientador. Doutor e Mestre em Química pela UFRGS e Químico Bacharel e Licenciado pela UFRGS. Professor Pesquisador da Universidade Feevale. ⁹ Orientador. Doutor e Mestre em Engenharia de Materiais pela UFRGS e Químico Industrial e Bacharel pela UFRGS. Professor Pesquisador da Universidade Feevale. ¹⁰ Orientador Principal. Doutor em Ciência dos Materiais pela UFRGS, Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais pela UFRGS e Eng. de Plásticos pela ULBRA. Professor Pesquisador da Universidade Feevale.

simples que permite diversos tipos de modificações, além disso, possui excelentes propriedades mecânicas e térmicas e é um bom formador de filmes. Este trabalho teve como objetivo realizar a sulfonação do PPO utilizando ácido sulfúrico concentrado como agente sulfonante. A caracterização do PPO sem modificações e dos produtos das reações foi realizada através da análise de espectroscopia de infravermelho (FTIR).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Membranas íon seletivas são sistemas sólidos eletrocarregados fisicamente ou quimicamente através da fixação de cargas em matrizes poliméricas. Estas membranas se assemelham a resinas de troca iônica na forma laminar, e apresentam a característica de diferenciar entre a permeação ou migração de uma substância, através da carga que esta substância apresenta (STRATHMANN, 2004, 2010).

Para preparação de membranas homogêneas catiônicas, a principal modificação utilizada é a sulfonação. A sulfonação é realizada a partir de uma reação de substituição eletrofílica, que tem como objetivo introduzir grupos sulfônicos (SO_3H) na matriz polimérica e torná-las condutoras de cátions e hidrofílicas (SMITHA; SRIDHAR; KHAN, 2003; XU; WU; WU, 2008).

Como qualquer polímero aromático, o PPO pode ser sulfonado utilizando ácido sulfúrico concentrado, ácido clorossulfônico e sulfato de acetila. A sulfonação pode ser controlada ajustando tempo, temperatura, concentração e solventes (XU; WU; WU, 2008). O PPO, após reações de sulfonação tende a apresentar propriedades desejáveis para aplicação em membranas de troca iônica, como a sua alta condutividade iônica e boa resistência mecânica (LI et al., 2007; SMITHA; SRIDHAR; KHAN, 2003).

METODOLOGIA

O sistema utilizado nas reações foi composto de um balão de 250 ml com 3 bocas, uma chapa de agitação e uma barra magnética. Uma das bocas do balão foi fechada com uma rolha, enquanto as outras duas permitiam a entrada e saída de gás inerte (N_2). Nestas reações o N_2 foi utilizado apenas durante a dissolução do PPO no solvente (30 minutos) e na adição do agente sulfonante (20 minutos), após essas etapas, a adição de N_2 foi bloqueada e as 2 bocas foram fechadas. Após a reação de sulfonação, os polímeros foram precipitados em metanol, neutralizados com água destilada até pH neutro e então foram secos em estufa à 60°C por 48 horas.

Os parâmetros reacionais da reação 1 foram utilizados conforme Plumber (1970) e as demais reações foram variações desta. Porém, no trabalho de Plumber (1970) foi utilizado o agente sulfonante ácido clorossulfônico, e neste trabalho foi utilizado para tal finalidade o ácido sulfúrico concentrado. O H₂SO₄ foi escolhido como agente sulfonante devido ao seu custo ser muito inferior ao do ácido clorossulfônico. A Tabela 1 apresenta os parâmetros reacionais utilizados.

Tabela 1- Parâmetros reacionais

Identificação	Solvente	Qtd (ml)	Agente Sulfonante	Qtd	Tempo de reação (h)	Temperatura (°C)
Reação 1	CHCl ₃	50	H ₂ SO ₄	0,7	1	Ambiente
Reação 2	CHCl ₃	50	H ₂ SO ₄	0,7	3	Ambiente
Reação 3	CHCl ₃	50	H ₂ SO ₄	0,7	5	Ambiente
Reação 4	CHCl ₃	50	H ₂ SO ₄	0,7	8	Ambiente

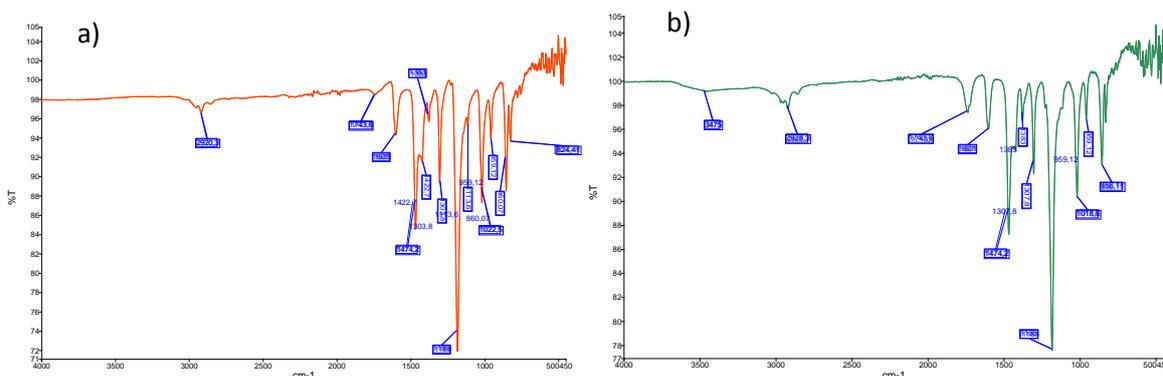
Fonte: Elaborado pelo autor

Após as reações, todos os produtos foram caracterizados por FTIR, com objetivo de verificar se ocorreu a sulfonação do polímero. As análises de infravermelho foram realizadas no equipamento da marca Perkin Elmer e modelo Spectrum Two com acessório Universal ATR sample base plate Diamond. Foram utilizadas varreduras de 400 à 4.000cm⁻¹ e 1500 à 400cm⁻¹, utilizando 16 scans.

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta o espectro de absorção na região do infravermelho do PPO sem modificações. Os espectros de todos os polímeros obtidos através das reações 1, 2, 3 e 4 apresentaram a mesmas bandas características.

Figura 1 - Espectro de absorção na região do infravermelho do PPO sem modificações (a). Produto sulfonado(b)



Fonte: Elaborado pelo autor

DISCUSSÃO

Conforme apresenta o espectro de absorção no infravermelho do PPO, foi possível observar a banda em 2920 cm^{-1} característica dos grupos CH_3 . A absorção acima de 3000 cm^{-1} se refere aos grupos aromáticos. Entre 2000 cm^{-1} e 1650 cm^{-1} aparecem bandas fracas de combinação e de harmônicas, também características do grupo aromático. Em 1605 cm^{-1} , $1474,2\text{ cm}^{-1}$, $1422,7\text{ cm}^{-1}$ observam-se as vibrações de esqueleto, que envolvem a deformação axial das ligações carbono-carbono do anel aromático. As bandas intensas em 860 cm^{-1} e 824 cm^{-1} provêm da deformação angular fora do plano das ligações C-H do anel. Em 1189 cm^{-1} e 1113 cm^{-1} são observadas as bandas características da ligação C-O-C. Na região de 1743 cm^{-1} é possível observar uma banda de pequena intensidade que pode ser atribuída à oxidação do material utilizado.

Com a análise dos espectros de absorção na região do infravermelho foi possível observar o aparecimento de uma banda larga entre 3700 e 3200 cm^{-1} e um aumento de intensidade da banda em 1743 cm^{-1} . Conforme Ferreira (2004), a banda alargada na região de 3700 cm^{-1} pode estar associada à formação de hidroperóxidos durante a oxidação, enquanto a banda em 1743 cm^{-1} está associada à formação de carbonilas, também produtos da oxidação do polímero.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os resultados obtidos nos testes realizados, foi possível perceber que os parâmetros reacionais utilizados para o agente sulfonante H_2SO_4 não foram adequados para realizar a sulfonação do PPO. Também foi possível perceber que houve a degradação do material durante as reações. Essa degradação pode estar associada à utilização de uma estufa sem circulação de ar que foi utilizada para a secagem dos polímeros. Para obter os produtos desejados, será necessário alterar os parâmetros reacionais, bem como modificar a etapa de secagem do polímero para evitar a degradação do material obtido. As alterações nos parâmetros racionais podem envolver o aumento da quantidade de agente sulfonante, aumento da temperatura ou variação do tempo de reação.

REFERÊNCIAS

KERRES, J. A. Development of ionomer membranes for fuel cells. **Journal of Membrane Science**, v. 185, n. January 2000, p. 3–27, 2001.

LI, C. et al. Effect of heating and stretching membrane on ionic conductivity of sulfonated poly (phenylene oxide). **Journal of Membrane Science**, v. 287, p. 180–186, 2007.

MULLER, F. Membranas poliméricas íon seletivas aniônicas e catiônicas para uso em eletrodialise. 2013.

SMITHA, B.; SRIDHAR, S.; KHAN, A. A. Synthesis and characterization of proton conducting polymer membranes for fuel cells. **Journal of Membrane Science**, v. 225, n. 030613, p. 63–76, 2003.

STRATHMANN, H. Chapter 1 Overview of ion-exchange membrane processes. In: **Ion-Exchange Membrane Separation Processes**. [s.l: s.n.]. v. Volume 9p. 1–22.

STRATHMANN, H. **Electrodialysis, a mature technology with a multitude of new applications**. **Desalination** Elsevier B.V, , 2010.

XU, T.; WU, D.; WU, L. Poly(2,6-dimethyl-1,4-phenylene oxide) (PPO)-A versatile starting polymer for proton conductive membranes (PCMs). **Progress in Polymer Science (Oxford)**, v. 33, n. 9, p. 894–915, 2008.

TRATAMENTO DE GLICERINA POR ELETRODIÁLISE

Luciana Ely Bacher¹

Marco Antônio Siqueira Rodrigues²

Palavras-chave: Glicerina. Biodiesel. Eletrodiálise.

INTRODUÇÃO

O biodiesel surge como alternativa promissora para a substituição parcial ou total do diesel, por ser menos poluente e mais biodegradável.

As vantagens do biodiesel como fonte alternativa de energia são as diminuições de emissões poluentes, pois reduzem as emissões de gás carbônico (CO₂). Além disso, ele é biodegradável, não tóxico e livre de enxofre e aromáticos (SINGHABHANDHU; TEZUCA, 2010).

No entanto, apesar do biodiesel ser menos poluente, gera no seu processo produtivo vários resíduos. Nesse sentido, a glicerina, resíduo produzido em maior volume na preparação do biodiesel, pode acarretar uma série de danos ambientais, caso não seja adequadamente tratada ou mesmo recuperada. O método mais utilizado para a produção de biodiesel é a transesterificação, na qual a parte alcoólica do éster é substituída por outro álcool (SINGHABHANDHU; TEZUCA, 2010).

Atualmente, estão sendo desenvolvidas pesquisas voltadas para rotas de transformação da glicerina em produtos largamente empregados na indústria, onde é utilizada em vários produtos farmacêuticos e de higiene pessoal. Entretanto, para este fim, seu grau de purificação deve estar acima de 95%.

Para este estudo, utilizou-se a tecnologia de separação por membranas, a eletrodiálise (ED), como processo alternativo para recuperar/reutilizar substâncias químicas presentes, diminuindo a quantidade de resíduos gerados (GURTLER *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2008; ADHOUM *et al.*, 2004).

¹ Luciana Ely Bacher, Possui graduação em Engenharia Química pela UFRGS. Mestrado em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale.

² Marco Antônio Siqueira Rodrigues, Pós-doutor em Eletroquímica (Universidade de Valência-Espanha), docente nos programas de Pós-graduação em Qualidade Ambiental.

A ED é uma técnica de separação que emprega membranas íon seletivas como agentes de separação, ou seja, as membranas catiônicas são permeáveis a cátions e as membranas aniônicas são permeáveis a ânions (TANAKA, 2009).

A glicerina é uma substância orgânica e a sua purificação por ED não é uma aplicação trivial, pois a ED é para ser empregada para soluções iônicas (SHAPOSHNIK, KESORE, 1997). Devido a isto, investigou-se neste trabalho uma condição inovadora para o tratamento de ED, tendo-se como objetivo principal aplicar a ED na purificação da glicerina. Com isso, pretende-se purificar a glicerina, possibilitando sua utilização em outras áreas e minimizando a geração de resíduos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do experimentos foi utilizado em um Sistema piloto de ED TI-1624 (Tecnoimpianti). O *stack* utilizado neste trabalho consiste de 4 pares de membranas íon-seletivas, MA40/MK40, catiônica e aniônica. Este sistema contém monitoramento automático de corrente, potencial, condutividade. A circulação das soluções foi com fluxo de $100\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$, através de três reservatórios (concentrado, diluído e eletrodos). No compartimento diluído, foi adicionada a glicerina diluída em 20% de água deionizada, no compartimento concentrado foi adicionada água deionizada e no compartimento dos eletrodos colocou-se uma solução de Na_2SO_4 (0,1M). O volume de solução utilizado nos reservatórios dos três compartimentos foi de 2,0L.

O experimento foi realizado com potencial elétrico constante, mantendo-o em 15,1V. Utilizou-se uma corrente elétrica de 4,5A a 0,6A. O tempo de ensaio total foi de 1350 min. A concentração dos íons sódio, potássio e cloreto, na solução de glicerina foi através da cromatografia iônica. Para tal, utilizou-se o Cromatógrafo Iônico da marca DIONEX ICS-3000.

RESUTADOS E DISCUSSÕES

No Gráfico 1, para o experimento com potencial constante, estão demonstradas as Ep% para os íons sódio, alumínio e cálcio de 99,98%, 34,16% e 94,24% respectivamente.

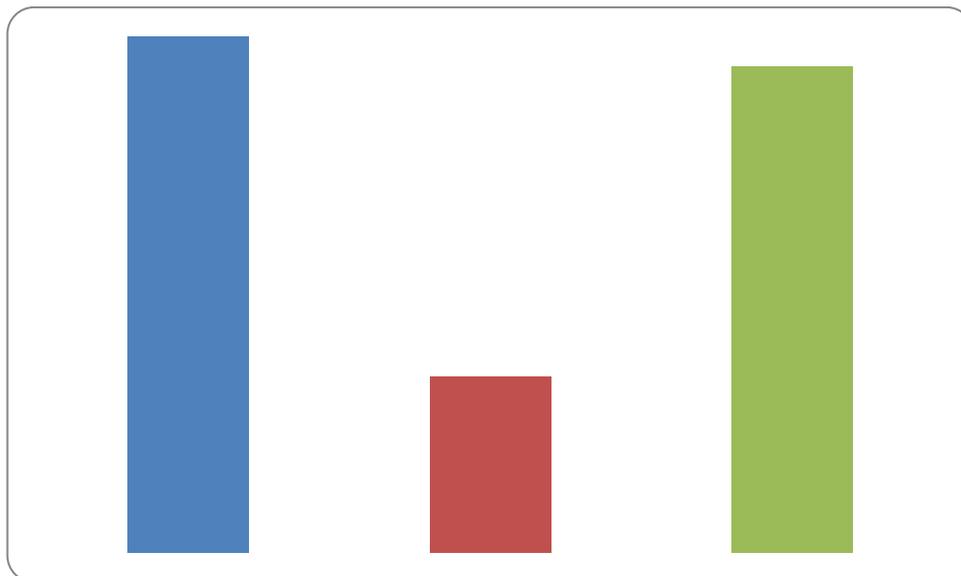


Gráfico 1 - Extração percentual (Ep%) para os íons sódio, alumínio e cálcio

Para o experimento com potencial constante, a extração percentual para os íons sódio, alumínio e cálcio foram de 99,98%, 34,16% e 94,24% respectivamente, sendo que as concentrações iniciais de sódio, alumínio e potássio eram de 21.830,39 mg L⁻¹, 6,01 mg L⁻¹ e 18,03 mg L⁻¹, respectivamente. Para o sódio, a concentração na glicerina tratada, atingiu o valor de 3,1 mg L⁻¹, concentração esta menor que 20 mg L⁻¹ (Sigma- Reagentes Bioquímicos e Kits, 2006-2007), na qual a glicerina é considerada ultra pura (parâmetro sódio). O que possibilita que a glicerina seja utilizada em diferentes setores farmacêutico, higiene pessoal, alimentos, bebidas e etc.

CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos propostos neste trabalho, primeiramente conseguiu-se atingir o desempenho da ED, utilizando-se uma solução orgânica e concentrada, condições inóspitas ao sistema de ED. Conclui-se que a utilização de ED em soluções orgânicas concentradas é viável.

A concentração de íons sódio na glicerina tratada por ED apresenta valores que a classificam como ultra pura.

REFERÊNCIAS

ADHOUM, Nafaâ, MONSER, Lofti; BELLAKHAL, Nizar; BELGAIED, Jamel-Eddine. Treatment of electroplating wastewater containing Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr(VI) by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 112, p. 207–213, 2004.

GURTLER, K., VETTER, T.A.; PERDUE, E.M.; INGALL, E.; KOPRIVNJAK, J.-F., P.H. Pfromm: Combining reverse osmosis and pulsed electrical current electro dialysis for improved recovery of dissolved organic matter from seawater. *Journal of Membrane Science*, vol. 323, n. 2, p. 328-336, 2008.

REAGENTES BIOQUÍMICOS E KITS PARA PESQUISAS EM CIÊNCIAS DA VIDA. S.l.: Ed. Sigma, 2006-2007.

RODRIGUES, M.A.S., AMADO, F.D.R., XAVIER, J. L. N., STREIT, K. F., BERNARDES, A. M., FERREIRA, J. Z. Application of photoelectrochemical-electrodialysis treatment for the recovery and reuse of water from tannery effluents. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, p. 605-611, 2008.

SHAPOSHNIK, V.A., KESORE, K. An early history of electro dialysis with permselective membranes. *Journal of Membrane Science*, vol. 136, n.1, p. 35-39, 1997.

SINGHABHANDHU, Ampaitepin; TEZUKA, Tetsuo. A perspective on incorporation of glycerin purification process in biodiesel plants using waste cooking oil feedstock. *Energy*, vol. 35, n. 6, p. 2493-2504, 2010.

TANAKA, Y.; A computer simulation of continuous ion exchange membrane electro dialysis for desalination of saline water. *Desalination*, p. 809-821, 2009.

USO DE MATERIAIS ELETROELETRÔNICOS RECICLADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Raul de Souza Nunes¹

Eduardo Luis Schneider²

Palavras-chave: Reciclagem. Eletrônicos. PCI. Compósitos.

INTRODUÇÃO

A atividade humana impacta em nosso ambiente, que tem determinada capacidade de absorver este impacto mas segundo Radispel (2013), nossa sociedade vem extrapolando essa capacidade e deixando danos no mundo em que vivemos e arriscando a qualidade de vida das futuras gerações. Parte disso, vem da fabricação, uso e descarte de produtos, que são feitos de materiais.

Com o aumento na população e o aumento de consumo, aumenta também o volume de matéria prima usada pela indústria e o volume de material descartado. Existem varias opções de tratamento para um produto no final de seu ciclo de vida, mas só a reciclagem pode lidar com o volume de resíduos gerados e transforma-los em fonte de novos recursos.

Estando na era dos computadores e eletrônicos que tem vida útil bem pequena, os resíduos desses aparelhos são abundantes, já a tarefa de encontrar novas fontes de materiais está se tornando muito difícil. Como resultado, o interesse da comunidade acadêmica, industria e da sociedade em reuso, reciclagem e recuperação desses materiais tem crescido nos últimos anos. Conforme Galvão (2010), a construção civil é responsável por entre 15 e 50 % do consumo dos recursos naturais extraídos atualmente. Logo, tem-se uma grande fonte de recursos e um grande consumidor em potencial. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica do assunto e uma pesquisa experimental com o uso de um software de eco auditoria buscando levantar alternativas para o uso de resíduos eletrônicos na construção civil.

¹ Raul de Souza Nunes. Bacharel em Design de Produto. Grupo de Pesquisa em Materiais Metálicos. Universidade Feevale.

² Eduardo Luis Schneider. Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, professor de ensino superior na Universidade Feevale.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS E ECOAUDITORIAS

Segundo Ruthes (2006), nossa sociedade utiliza um modelo de desenvolvimento representado por um sistema aberto que depende do fornecimento contínuo de matéria e energia que, depois de utilizadas, são devolvidas ao meio ambiente formando o ciclo de vida dos produtos. Deste ponto de vista, os materiais naturais são processados para produzir matéria prima e esta é utilizada para fabricação de produtos, que são distribuídos, vendidos, usados e descartados em algum momento. Os produtos descartados podem ser incinerados, aterrados ou reciclados.

Para Giovaninni (2008), prever o uso de materiais reciclados começa a fazer parte da estratégia das empresas para otimizar os resultados de uma futura reciclagem do produto e também como fator de diferenciação dos produtos e da empresa em relação aos seus consumidores finais. Neste sentido, em uma era de abundantes lançamentos tecnológicos, a busca por alternativas ao descarte de resíduos eletrônicos passa a ser de fundamental importância.

Conforme Ashby (2009), um Design de produto eco consciente começa pela escolha dos materiais. Esta seleção influencia no peso do produto e as suas características térmicas, elétricas e, assim, na energia que consome durante o uso. Influencia também no potencial para reciclagem no fim da vida útil. E a ferramenta utilizada para isso é a eco auditoria, que consiste em uma avaliação rápida da demanda de energia e emissão de carbono durante a vida de um produto mas que permite a tomada de decisões estratégicas na seleção dos materiais.

RECICLAGEM DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS

Segundo Radispiel (2013), a quantidade de lixo eletrônico aumenta três vezes mais que a do lixo residencial, principalmente nos países emergentes como o Brasil. Além do consumo regular, a variedade de produtos e, como afirma Huang (2009), a reduzida vida útil dos eletroeletrônicos (seja por defeito ou obsolescência) aumenta a geração destes resíduos.

Os eletroeletrônicos são compostos de diversos materiais, gerando resíduos compostos, geralmente, 1/3 de plásticos, 1/3 de óxidos refratários e o restante em metais. Essa composição dificulta a reciclagem, mas a presença de metais comuns e preciosos (ouro, prata, platina, estanho e cobre) a torna viável já que, como Giovaninni (2008) destaca, a reciclagem precisa ter sentido econômico para sustentar-se a longo prazo. Mas, se os metais residuais

tem seu valor comercial, as placas de circuito impresso ainda são depositadas em aterros ou incineradas.

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI) E SUA RECICLAGEM

Conforme Radspiel (2013), todos os dispositivos eletroeletrônicos possuem placas de circuito impresso. Estas PCIs são a sustentação mecânica dos componentes que formam o circuito (resistores, capacitores, etc.) e o contato elétrico desses mesmos componentes. Mas as placas possuem composição heterogênea, tornando sua reciclagem complexa e de alto custo.

Segundo Huang (2009), um processo eco eficiente de reciclagem de PCI é a Separação Eletroestática Corona, baseada na diferença de densidade e condutividade elétrica dos materiais quando moídos. Este processo gera, por exemplo, matéria prima para produção de Phenolic Moulding Compound (PF), conhecido como Bakelite, melhorando sua resistência a impactos e ao calor.

Se esses resíduos podem ser aproveitados na composição de outros materiais, é possível que sua utilização seja viável em áreas de grande demanda de material. Conforme Galvão (2010), o maior consumidor de recursos naturais é a construção civil, consumindo até 50% dos recursos naturais extraídos atualmente.

COMPÓSITO CIMENTÍCIO

Os compósitos são combinações de dois ou mais diferentes materiais compostos basicamente por duas fases: a matriz e as fibras, que são um reforço da matriz. O concreto, que é um compósito cimentício (cimento Portland, areia, pedra e água), de acordo com Galvão (2010), é o material mais usado em construção civil pois pode executar grande variedade de formas e tamanhos e além de ser barato e disponível na maior parte do mundo.

Desde o Antigo Egito acontece o uso de fibras no compósito quando utilizava-se palha com argila na produção de tijolos para obter maior resistência a flexão. Esta prática hoje compreende o compósito cimentício, que é um material resistente mas frágil e pode ter sua estrutura reforçada pela adição de fibras.

CONCRETOS REFORÇADOS COM FIBRAS

O concreto reforçado com fibras (CRF) é definido por Galvão (2010), como aquele composto de cimento Portland, agregados e fibras descontínuas misturadas. Já foram

utilizadas fibras como aço, polipropileno, vidro, nylon, celulose, polietileno e madeira, sendo que as mais usadas são aço e material polimérico.

Se as fibras forem suficientemente resistentes, bem aderidas à matriz cimentícia e em bastante quantidade, elas ajudarão a manter pequena a abertura das fissuras. Permitirão ao CRF resistir a tensões de tração bem elevadas, com uma grande capacidade de deformação no estágio pós-fissuração. Adicionando fibras de diferentes tipos ao concreto, sejam estas micro ou macro, obtém-se um novo material de características mecânicas distintas das conhecidas para o concreto convencional. Galvão (2010)

Após a retirada dos componentes eletrônicos e metálicos das placas de circuito impresso é possível produzir fibras curtas para adição em compósitos cimentícios. Para Panyakapo (2008), a adição de fibras ao concreto não altera a resistência à compressão do mesmo, mas aumenta significativamente sua resistência à tração e à flexão.

Segundo Galvão (2010), a utilização de fibras provenientes de placas de circuito impresso como reforço em compósitos cimentícios é viável pois ensaios mecânicos demonstraram que os corpos-de-prova de CRF apresentaram capacidade de suportar carga na flexão superior aos corpos-de-prova de referência.

METODOLOGIA

Além da pesquisa bibliográfica, o Grupo de Pesquisa em Materiais Metálicos. Universidade Feevale, realizou eco auditoria através do software Cambridge Engineering Selector comparando a energia incorporada e emissões de CO₂ destes novos materiais em relação a produtos similares produzidos com material virgem.

RESULTADOS

A análise, conforme Figura 01, mostra que o cimento com fração de PCIs e também com resíduos de cabos e plugues tem maior Potencial de Crédito de Final de Vida Útil (EoL) que o cimento virgem.

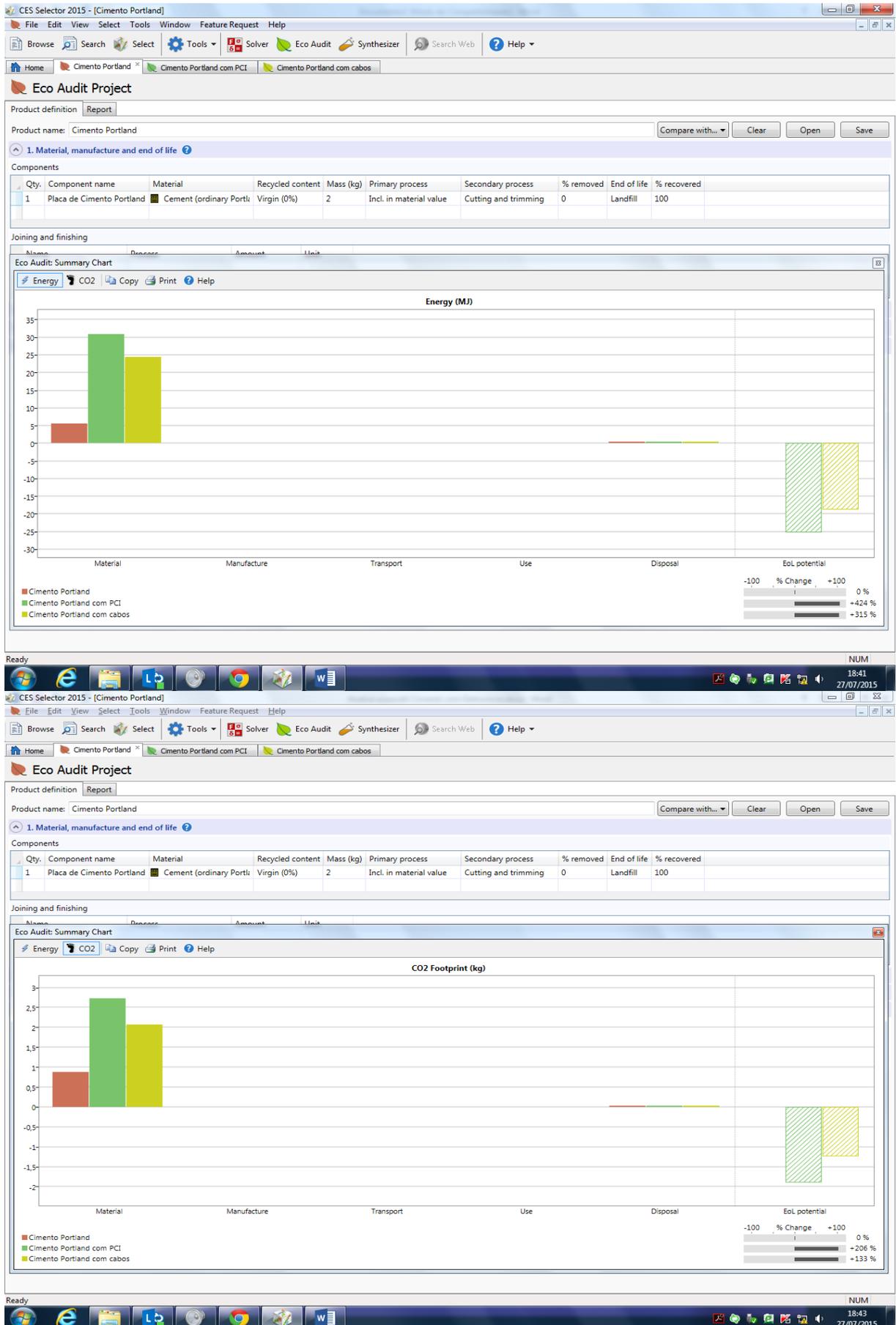


Figura 01

DISCUSSÃO

Conforme Galvão (2010), em todo o planeta a adição de materiais poliméricos reciclados em diversos processos está sendo vista como solução para redução destes resíduos, isso inclui as placas de circuito impresso em relação aos compósitos cimentícios já que, para Panyakapo (2008), o concreto de baixo peso atende aos parâmetros para utilização em locais "que não levam/sustentam/suportam carga" (non-load-bearing), como na substituição a tijolos cerâmicos, confirmando os estudos de EoL realizados e apresentados anteriormente neste artigo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nisso, um compósito cimentício com placas de circuito interno pode ser utilizado na fabricação de tijolos para fechamento de alvenaria e a facilidade de moldagem do material permite a produção e peças modulares do tipo "self lock" que precisam de menos ou até de nenhum cimento para união. O desenvolvimento e teste dessas peças será realizado em etapa posterior.

REFERÊNCIAS

ASHBY, Michael F. **Materials and the Environment Eco Informed Material Choice**. Oxford: Elsevier. 2009.

FERREIRA, E.; SOUZA, M. J. B. **Inovação tecnológica e processo de adoção de produtos fabricados com resíduos plásticos pós-consumo**. Revista de Negócios, v. 12. 2007.

GALVÃO, José Carlos Alves. **Uso de materiais poliméricos reciclados em estruturas de concreto para superfícies hidráulicas**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2010

GIOVANNINI, F.; KRUGLIANSKAS, I. **Fatores críticos de sucesso para a criação de um processo inovador sustentável de reciclagem: um estudo de caso**. Revista de Administração Contemporânea, v. 12, n. 4. 2008.

HUANG, Kui; GUO, Jie; XU, Zhenming. **Recycling of waste printes circuit boards: A review of current technologies and treatment status in China**. Journal of Hazardous Materials n° 164. Shanghai. 2009.

MORILHAS, L. J.; WECHSLER, A. M. G.; KRUGLIANSKAS, I. **O meio ambiente e o desenvolvimento de produtos: um estudo no setor de reciclagem de plásticos**. Revista Ibero-Americana de Estratégia, v. 6, n. 2. 2007.

PANYAKAPO, Phaiboon; PANYAKAPO, Mallika. **Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete.** Waste Management n° 28. 2008.

RADISPIEL Filho, Herbert. **Avaliação de compósitos cimentícios com adição de fibras curtas originadas de placas de circuito impresso.** UEMG. Ouro Preto. 2013.

RUTHES, S.; CERETTA, P. S.; RUTHES, M. **Solução alternativa na gestão de resíduos sólidos em indústria metalúrgica.** Contextus - Revista Contemporânea de Economia e Gestão, v. 4, n. 2. 2006.

SPERANDIO, S. A.; GASPAR, M. A. **Gestão socioambiental em empresas industriais.** Revista de Administração da UFSM, v. 2, n. 1. 2009.