

## Materiais

# Uso de compósitos de cinza e ferro como meio suporte de biofilme em filtro biológico

*Geraldo Tadeu da Silva Thiesen, Mestrando do Depto. de Metalurgia, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Lirio Schaeffer, Prof. Dr. da UFRGS; Vinicius Martins, Prof. Dr. IFSul, Campus Sapucaia do Sul*

*Este trabalho analisa o aproveitamento da cinza pesada oriunda da queima de carvão mineral em usina termoeletrica para produção de um compósito cerâmico sinterizado. O material pode ser usado como meio suporte de biofilme em filtro biológico percolador, em pós-tratamento de esgoto doméstico.*

O aproveitamento das cinzas oriundas da queima do carvão mineral em usinas termelétricas na região Sul tem estimulado a realização de estudos que viabilizem sua utilização em aplicações que agreguem valor ao material.

As cinzas se dividem em dois tipos: pesada e leve. Hoje, a cinza pesada gerada no Complexo de Charqueadas, no Rio Grande do Sul, tem sido empregada na recomposição das áreas de mineração a céu aberto na região carbonífera do Baixo Jacuí.

O objetivo deste trabalho é analisar o uso da cinza pesada de termoeletrica na fabricação de um filtro do compósito de cinza-ferro sinterizado e obtido por metalurgia do pó como meio suporte em filtro biológico percolador para pós-tratamento de esgotos domésticos.

Composta principalmente por sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), além de outros óxidos, a cinza pesada pode ser aproveitada em filtros biológicos

percoladores devido à sua elevada área superficial e estrutura altamente porosa, na forma de compósito sinterizado com ferro obtido por metalurgia do pó convencional. A metalurgia do pó é o ramo que se dedica à produção de peças a partir de pós metálicos e não metálicos e tem como etapas a preparação dos pós, compactação e sinterização.

A eficiência do compósito foi determinada através da análise de DQO - demanda química de oxigênio, uma vez que o filtro biológico tem por objetivo a estabilização da matéria orgânica presente no esgoto doméstico.

## Material e métodos

O procedimento experimental relativo à fabricação do compósito (Cz-10Fe) tem como base as técnicas convencionais da metalurgia do pó e utiliza cinzas pesadas provenientes do processo de combustão de carvão mineral da termelétrica Tractebel Energia

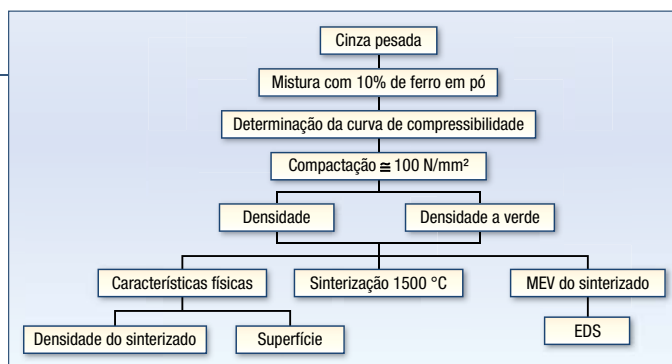


Fig. 1 - Fluxograma do trabalho

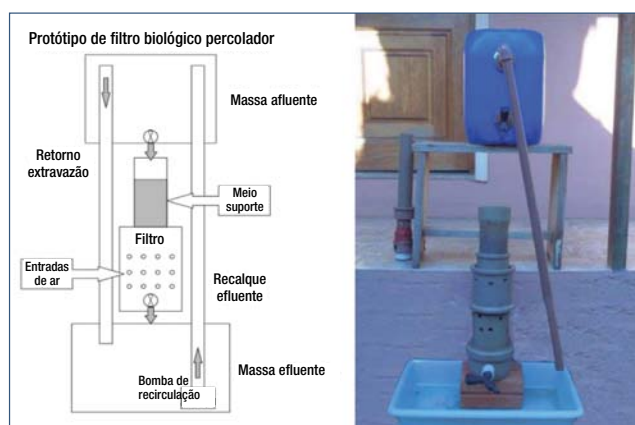


Fig. 2 - Esquema de funcionamento (à esq.) e protótipo de filtro biológico percolador

Tab. 1 - Detalhes construtivos do protótipo do filtro biológico percolador

Altura total	0,40 m
Diâmetro	0,050 m
Área superficial	0,0020 m <sup>2</sup>
Profundidade do enchimento	0,20 m
Volume do enchimento	0,0004 m <sup>3</sup>
Altura do sistema de distribuição	0,08 m
Profundid. do sistema de drenagem e ventilação	0,12 m
Vazão média	0,48 m <sup>3</sup> /dia

e pós de ferro da Hoganas. A figura 1 apresenta um fluxograma resumido do procedimento adotado para o desenvolvimento do trabalho.

Foi utilizada cinza pesada com duas horas de moagem de alta energia. Para determinação do tamanho de partícula do aglomerado, as amostras foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura com EDS acoplado.

A mistura foi pesada utilizando uma balança de precisão para medir os percentuais: 87% de cinza pesada moída e 10% de ferro puro em pó, além de 3%

de parafina, como lubrificante. Os pós foram misturados e as amostras compactadas utilizando pressões entre 100 e 800 MPa. Na tabela 1 são apresentados os detalhes construtivos do protótipo do filtro biológico percolador para aplicação dos corpos de prova.

A figura 2 mostra o esquema de funcionamento do protótipo e o modelo construído com materiais reciclados. O efluente a ser tratado inicialmente encontra-se no tanque de massa afluente com volume de 20 litros. O efluente desce por gravidade e percola pelo filtro biológico, promovendo o contato entre a massa líquida e o biofilme aderido ao meio suporte. Abaixo do meio suporte, há entradas de ar, onde ocorre a oxigenação que garante a sobrevivência dos micro-organismos responsáveis pela oxidação da matéria orgânica. Após passa-

gem pelo filtro, o efluente entra no tanque de massa, onde retorna para recirculação.

Para determinação da eficiência do composto no polimento de efluentes, foram analisados os parâmetros de DQO para remoção da matéria orgânica carbonácea. Para análise de DQO, adotou-se o método com refluxo fechado e dicromato de potássio, onde a matéria orgânica e outras substâncias passíveis de oxidação são misturadas com solução de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) e ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ).

## Resultados

A figura 3 apresenta a morfologia da cinza com 2 horas de moagem com partículas próximas a 80 a 200  $\mu m$ , determinadas por granulometria a laser. É predominantemente esférica e de tamanho irregular devido à composição da cinza, formada por óxidos de diferentes composições.

A densidade tende a estabilizar-se em aproximadamente 500 MPa, o que sugere a densificação do material nessa pressão de compactação. Assim como menores densidades conferem maior porosidade, fundamental para o objetivo de formação de biofilme na superfície rugosa.

O valor de superfície específica para um meio suporte deve ser superior a 100 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> (a superfície específica

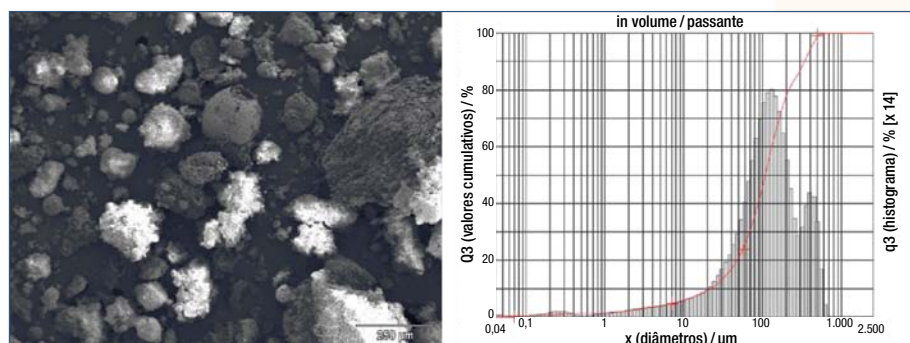


Fig. 3 - Micrografia da cinza com 2 h de moagem

## Materiais

do compósito atinge três vezes o valor recomendado). Os corpos de prova ficaram em contato com o efluente durante 45 dias até a formação de biofilme aderido aos corpos de prova. A figura 4 apresenta a comparação entre a peça sem exposição ao efluente (corpo de prova da esquerda) e a que ficou exposta. A coloração escura é o biofilme aderido, habilitando o compósito para ser aplicado ao protótipo.

A análise de DQO ocorreu após a primeira coleta ser submetida ao protótipo. Foram coletados 20 litros de efluente final na saída do decantador secundário. A simulação ocorreu com uma percolação do efluente a uma vazão aproximada de 0,005 L/s e TDH - tempo de detenção hidráulica de 30 minutos do efluente com o meio suporte. Os resultados apresentaram uma pequena redução na DQO do efluente final e indicaram uma redução de aproximadamente 21% para a amostra aplicada no protótipo (figura 5).

Uma das hipóteses para uma redução baixa da DQO é elevada carga orgânica aplicada: o volume da DQO inicial de 2145 mgO<sub>2</sub>/L é muito alto acima da capacidade do filtro, de diâmetro muito baixo para o pequeno volume ocupado pelo meio suporte. O valor normalmente estabelecido para esgotos domésticos é em torno de 600 mgO<sub>2</sub>/L. Somado a isso, o tempo de retenção aplicado pode ter sido muito baixo. Nesse caso, estabeleceu-se a necessidade de recirculação para aumentar a eficiência do processo. A recirculação do efluente é difundida como uma importante estratégia para melhoria de desempenho na remoção de DQO em filtros biológicos percoladores.

A segunda amostra, coletada na semana seguinte, passou por um processo de recirculação de 24 horas, correspondente a uma taxa extrema

de recirculação de 2300% da vazão da carga afluente. A figura 6 apresenta os resultados do polimento após 24 horas de recirculação.

A redução de 95% de DQO estabelece excelentes condições de lançamento para o efluente, mas inviabiliza o processo quanto ao custo, que não será explorado neste projeto, pois exige uma condição de bombeamento contínuo e alta demanda em energia elétrica. Outros trabalhos obtiveram eficiência de remoção de DQO bruta e filtrada em sistemas de pós-tratamento e sugerem que seus resultados sejam decorrentes do aumento da velocidade de transferência de massa líquido-sólido promovido pela recirculação do efluente. A terceira amostra retirada na terceira semana das coletas da ETE passou pelo processo de recirculação, com coletas após 3, 6 e 12 horas e taxas de recirculação de 200, 500 e 1100% respectivamente. A redução de DQO foi bastante satisfatória nesse ensaio, com reduções maiores do que 50% (figura 7). A recirculação pode aumentar o oxigênio dissolvido devido à sua exposição ao ar e alterações nos resultados da oxidação da matéria orgânica.

Há pequena diferença entre as amostras coletadas entre 3, 6 e 12 horas de recirculação. O foco de análise passou a ser o período de recirculação de 3 horas, com uma taxa de 200%, menos oneroso e com eficiência similar aos períodos maiores de recir-



Fig. 4 - Corpos de prova sem deposição (à esq.) e com deposição de biofilme

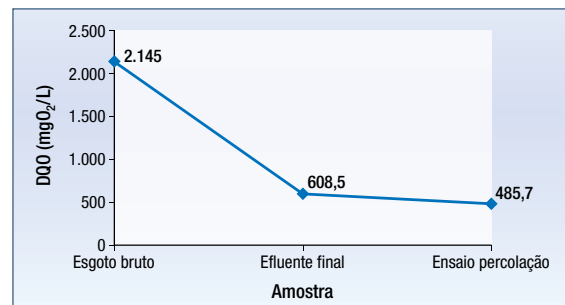


Fig. 5 - Resultados DQO 1º teste – Percolação

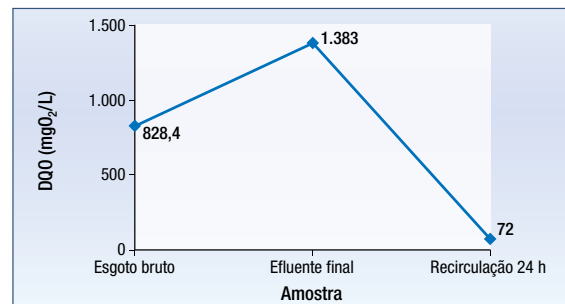


Fig. 6 - Resultados DQO 2º teste – Recirculação 24 h

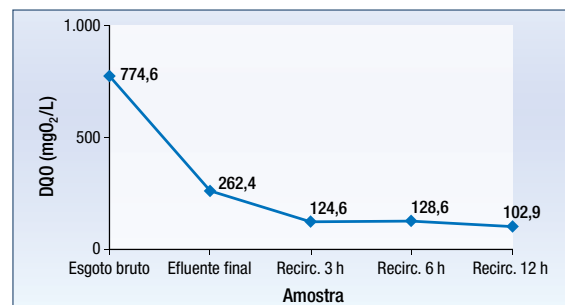


Fig. 7 - Resultados DQO 3º teste – Recirculação 3, 6 e 12 h

culação. A literatura ressalta taxas de recirculação de 200%, com remoções de DQO na faixa de 83% em tratamentos de efluentes de suinocultura, utilizando uma associação de reatores anaeróbios com filtros biológicos percoladores. Foi realizada uma nova se-

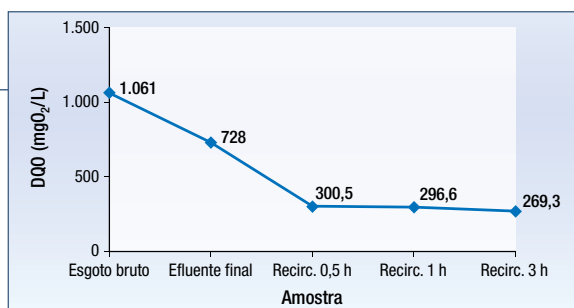


Fig. 8 - Resultados DQO 4º teste – Recirculação 05, 1 e 3 h

quência de processamento, desta vez, com tempos menores de recirculação e consequentes menores taxas de recirculação. Foram adotados os tempos de processamento de 1/2, 1 e 3 horas de recirculação, com taxas de 25%, 50% e 200%, respectivamente. Nota-se pouca divergência de valores entre as taxas variadas. Após uma recirculação de 200%, obteve-se uma eficiência de remoção de DQO em 63% a partir da carga afluyente (figura 8).

Comparando os testes na taxa de recirculação de 200%, foram obtidas reduções de DQO similares. Nota-se maior facilidade na remoção de matéria orgânica no efluente onde há maior disponibilidade de biomassa, representada por sólidos suspensos, facilmente biodegradáveis. Uma das prováveis hipóteses da diminuição na eficiência é que, se há o decréscimo da biomassa, e consequente baixa disponibilidade de alimentos, os micro-organismos promovem um fenômeno chamado metabolismo endógeno: consomem seu próprio material celular, diminuindo a espessura do biofilme e também sua capacidade de oxidação da matéria orgânica. Outro provável fato é que, em função da alta taxa de aplicação hidráulica, é possível o efeito denominado lavagem, que arrastou grande quantidade de biofilme através de cisalhamento. O arraste com o efluente final prejudica sua eficiência de depuração, que poderia ser minimizada em função do aumento da área superficial do corpo de prova e adesão da biomassa, disponibilizando assim matéria orgânica para

alimentação de micro-organismos.

## Conclusão

Para os parâmetros utilizados neste trabalho, compósitos de cinza-10Fe, produzidos com 2 horas de moagem, apresentaram desejável permeabilidade do material. A porosidade permite a formação de pequenos reatores para oxidação da matéria orgânica, possibilitando o desenvolvimento de biofilme na superfície rugosa dos corpos de prova.

Apesar da grande superfície específica, o formato da peça deveria ser diferente para a aplicação, visando estabelecer maior área de contato entre o efluente e o meio suporte, na forma de discos, por exemplo. A pequena quantidade de peças diminui a eficiência do protótipo, necessitando uma grande recirculação de efluente para possibilitar maiores reduções de DQO, assim como uma alta taxa orgânica aplicada em um baixo TDH.

Os corpos de prova do compósito apresentaram ao final do processo oxidação do ferro presente na estrutura, podendo liberar resíduos do metal no efluente. Entretanto, o monitoramento das concentrações de ferro no esgoto afluyente e no efluente do filtro deve ser realizado para testar essa hipótese. A partir dos resultados obtidos nas condições experimentais do estudo, conclui-se que o compósito Cz-10Fe pode ser desenvolvido e aperfeiçoado com meio suporte para biofilme na remoção de DQO.

*Nota da Redação: Texto resumido e adaptado do trabalho Utilização de Compósitos de Cinza Pesada e Ferro para Utilização como Meio Suporte de Biofilme em Filtro Biológico Percolador em Pós-Tratamento de Efluentes, apresentado na Assemae 2017, em Campinas, SP. Os ensaios foram realizados na Comusa - Serviços de Água e Esgoto do Novo Hamburgo, RS.*

