

USO DA ARGILA CHOCOLATE COMO ALTERNATIVA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE REFINARIAS DE PETRÓLEO

N. P. ALBUQUERQUE*, A. C. S. MUNIZ e A. L. F. BRITO

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

nataliapalbuquerque@gmail.com*

Submetido 05/10/2016 - Aceito 07/02/2017

DOI: 10.15628/holos.2017.5151

RESUMO

Contando com uma produção média de 2 milhões e 799 mil barris de óleo por dia (bpd), o Brasil conta com 15 refinarias petróleo. Contudo, as refinarias têm forte impacto poluidor. Utilizam-se aproximadamente 246 a 340 litros de água por barril de petróleo cru, que serão responsáveis por 0,4 a 1,6 vezes de águas residuais em relação ao volume de óleo processado. As águas residuais têm como característica a presença de gases odorantes, destacando-se, o sulfeto de hidrogênio (H₂S). O H₂S é considerado como principal substância geradora de odor, pois proporciona incomodo já em baixas concentrações (0,00047 ppm). Portanto, a presente pesquisa buscou avaliar o tratamento de efluentes de refinarias de petróleo com teor de H₂S por aeração, com e sem a presença da argila, buscando comparar o desempenho da mesma como adsorbente. Para isso

montou-se um sistema piloto composto por 6 reatores, e utilizou-se a argila Chocolate em três deles. A concentração de H₂S foi determinada por um detector multigases e por iodometria. Usou-se o planejamento experimental fatorial 2x2, onde foram estudados dois fatores: presença/ausência de argila, e o método utilizado. Para comprovar a significância dos resultados, realizou-se a análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5%. Os resultados encontrados mostraram que há diferença significativa entre o tratamento com e sem argila, como também entre os métodos utilizados. Constatou-se que os melhores resultados encontrados foram os que utilizaram a argila como adsorbente. A partir disso, obteve-se uma resposta otimizada do teor de H₂S, de 8,1667 ppm.

PALAVRAS-CHAVE: Refinarias de petróleo, H₂S, Aeração, Argila.

CLAY ALTERNATIVE USE AS CHOCOLATE IN OIL REFINERIES OF WASTEWATER TREATMENT

ABSTRACT

Counting on an average production of 2 million and 799 thousand barrels of oil per day (bpd), Brazil has 15 refineries oil. However, refineries have strong pollution impact. It is used approximately 246-340 liters of water per barrel of crude oil, which will account for 0.4 to 1.6 times of wastewater in the volume of processed oil. Waste water are characterized by the presence of odorous gases, highlighting, hydrogen sulfide (H₂S). The H₂S is considered as the main odor generating substance, since it provides discomfort at low concentrations (0.00047 ppm). Therefore, the present study sought to evaluate the treatment of effluents from oil refineries with H₂S content by aeration, with and without the presence of clay, to compare its

performance as adsorbent. To this was mounted a pilot system consisting of 6 reactors, and used the chocolate clay on three of them. The H₂S concentration was determined by iodometry and multi-gas detector. It was used the 2x2 factorial designs, where studied two factors were: the presence / absence of clay, and the method used. To prove the significance of the results, it was made the analysis of variance (ANOVA), with 5% significance level. The results showed a significant difference between treatment with and without clay, and also in the methods used. It was found that the best results were those who had used clay as an adsorbent. From this, we obtained an optimal response of the H₂S content of 8.1667 ppm.

KEYWORDS: Oil refineries, H₂S, Aeration, Clay.

1 INTRODUÇÃO

Os efluentes industriais causam inúmeros problemas de poluição ambiental, gerando diversas substâncias exógenas ao meio ambiente, por exemplo, gases. Dentre esses gases emitidos destacam-se os gases odorantes, os quais são responsáveis por cerca de 70% das queixas mundiais relacionadas à qualidade do ar (MUNIZ, 2007). Uma das principais substâncias responsáveis pela geração de odores é o gás sulfídrico (H_2S). Segundo Schirmer, Lisboa e Muniz (2005) as indústrias do petróleo (petroquímicas e refinarias) estão no topo da lista dos órgãos controladores ambientais, pois se caracterizam como as principais fontes de emissão de H_2S , devido à geração deste gás nas diversas etapas do refino. Braile (1979) apud Mariano (2001) afirma que a concentração média de H_2S normalmente encontrados nos dejetos das refinarias de petróleo é 24 mg.m^{-3} (16 ppm), ou seja, acima do que permite a legislação brasileira do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2014), que estipula um limite de tolerância de exposição ao H_2S para jornadas de trabalho de até 48 h.semana^{-1} de 8 ppm (12 mg.m^{-3}).

Diante disso as refinarias de petróleo e indústrias em geral visam cada vez mais aplicar técnicas de redução e abatimento dos gases odorantes. Entre as técnicas mais aplicadas destaca-se a aeração com uso da adsorção. A escolha do adsorvente, nesse caso, é fundamental para a aplicabilidade deste processo em larga escala. As argilas se destacam entre os adsorventes pela sua viabilidade técnico-econômica decorrente dos seus potenciais de adsorção (modificadas ou não) que, associados as suas disponibilidades geográficas, as tornam excelentes adsorventes de baixo custo.

Dentro da temática exposta, o presente trabalho se insere, pois, objetiva tratar efluente sintético de refinarias de petróleo com o gás odorante H_2S , por meio de aeração em conjunto com a argila esmectítica como adsorvente, comparando o desempenho obtido ao da aeração sem adsorvente, usando para isso duas técnicas de determinação da concentração.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil existem 15 refinarias de petróleo, com a capacidade média de produção de 2 milhões e 799 mil barris de óleo por dia (bpd) (PETROBRÁS, 2016). Durante as inúmeras etapas do refino utiliza-se em média 246 a 340 litros de água por barril de óleo cru, gerando uma quantidade de água residual de 0,4 a 1,6 vezes maiores que o volume de óleo processado (ALVA-ARGÁEZ; KOKOSSIS; SMITH, 2007).

Os principais poluentes provenientes das atividades petrolíferas são de caráter odorante. E essas excessivas emissões trazem inconvenientes para a saúde da população que variam desde sintomas psicológicos e físicos até problemas respiratórios (SALES *et al.*, 2014).

Estatísticas revelam que mais de 70% das reclamações de poluição atmosférica está ligada aos odores (MUNIZ, 2007).

Um dos principais gases emitidos durante o processo de refino é o sulfeto de hidrogênio (H_2S), um gás incolor, com odor semelhante ao de ovo podre e o sistema olfativo humano é capaz de detectá-lo em baixas concentrações (0,00047 partes por milhão – ppm). Em concentrações elevadas pode levar o ser humano a óbito (SÁ *et al.*, 2005; LOPES *et al.*, 2005; ZHANG *et al.*, 2007; FREITAS, 2013).

Como alternativa de tratamento de efluentes com forte carga odorante, emprega-se a aeração (GUERRA *et al.*, 2015). Pois, é usada tanto para remoção de gases e substâncias voláteis indesejadas, como para a incorporação de oxigênio (ZAT, 2009; ZATZ e BENETTI, 2011). Segundo Schirmer (2004), a injeção de ar faz com que a concentração de O_2 no meio aumente transformando o H_2S (odorante) em formas ionizadas como S^{2-} e SO_4^{2-} (não odorantes), conforme as Equações (1) e (2):



Zat (2009), em sua pesquisa objetivou verificar a eficiência na remoção de H_2S através da aeração, utilizando taxa de fluxo de $4L.min^{-1}$, $6L.min^{-1}$ e $8L.min^{-1}$ e com duração de 125 min, 83 min e 63 min, respectivamente, o sistema obteve remoção média entre 37% a 63%.

Portanto, percebe-se que a técnica de aeração apesar de remover grande parte dos gases odorantes, como o H_2S , quando utilizada sozinha em estações de tratamento de efluentes (ETEs), ainda não apresenta resultados completamente satisfatórios. Contudo, segundo Oliveira e Muniz (2013), existem elementos que podem tornar o processo mais eficiente, como os adsorventes.

A adsorção envolve a passagem de uma corrente gasosa contendo as moléculas odorantes na solução que contém o adsorvente. A técnica é baseada na transferência de moléculas odorantes da corrente principal de ar até a superfície dos poros internos do material adsorvente, onde estas são capturadas e retidas através de interações físicas ou químicas, separando assim as moléculas odorantes dos outros componentes da solução (BALBINOT, 2010).

As argilas são exemplos de materiais adsorventes, com característica terrosa, de granulação fina. São constituídas essencialmente por partículas cristalinas extremamente pequenas conhecidas como argilominerais, que quimicamente são compostos por silicatos hidratados de alumínio e ferro, contendo ainda, geralmente, certo teor de elementos alcalinos e alcalino-terrosos (BARAÚNA, 2006; PERREIRA, 2008; SILVA, 2014). Além dessas características, as argilas possuem em sua constituição lamelas formadas por uma folha octaédrica com metais entre duas folhas tetraédricas, que a caracteriza como argilominerais, constituindo-se numa característica importante da mesma como adsorvente de gases poluentes, como por exemplo, o H_2S (CUNHA, 2013).

Vários estudos têm apontado a argila como bom material adsorvente de gases odorantes. A pesquisa desenvolvida por Guerra *et al* (2015) para a remoção de H₂S por aeração com argila esmectítica, denominada Bofe, utilizando uma taxa de fluxo de 2 L.min⁻¹ e com duração de aeração de 6 horas, obteve uma remoção média de 100% do H₂S. Para a mesma taxa de fluxo e utilizando o mesmo tempo de aeração, porém sem o auxílio da argila como adsorvente, a remoção média de H₂S foi de 28,77%.

Portanto, pode-se perceber que a aplicação da argila como adsorvente em um sistema de aeração apresenta-se como uma alternativa viável e vantajosa para a desodorização de efluentes de refinarias, além de possuir viabilidade econômica e alta disponibilidade geográfica.

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa foi realizada no Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos (LABGER), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Campus I, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Estado da Paraíba, Brasil.

3.1. Materiais utilizados

Foi utilizado um efluente sintético, preparado conforme adaptação de Canela (1999) *apud* Godke (2011), através da dissolução de sulfeto de sódio comercial (Na₂S – CAS 901-94-7) adicionando de fosfato dissódico (Na₂HPO₄ – CAS 89140-32-9) padrão analítico (p.a.) em 500 ml de água deionizada e, conseqüente geração de H₂S, conforme a Equação (3).



A preparação desse efluente foi executada objetivando simular um efluente com forte potencial odorante de H₂S, similar ao odor desse gás encontrado nas ETEs das refinarias de petróleo, segundo GODKE (2011).

Outro material utilizado na metodologia foi o adsorvente, a argila *in natura*. A argila chocolate empregada nesse trabalho teve como origem o Município de Boa Vista, Paraíba.

3.2 Planejamento experimental

O trabalho foi realizado a partir do planejamento fatorial 2 x 2, ou seja, foram analisados 2 fatores, cada fator possuindo dois níveis. O primeiro fator (F₁) representa o fator argila (presença e ausência de argila no reator) e o segundo fator (F₂) representa o método de análise (titulação e uso de detector multigases).

Os níveis de cada fator foram codificados com os valores -1 e +1. Para F_1 : -1 = ausência de argila no reator e +1 = presença de argila no reator. Para F_2 : -1 = titulação e +1 = Detector multigases. O objetivo de utilizar o fatorial foi verificar se os fatores eram significativos, além da interação entre eles, para, em seguida realizar a modelagem e encontrar o ponto ótimo da resposta estudada (teor de H_2S em ppm). O planejamento fatorial $F_1 \times F_2$ foi calculado usando a Equação (4):

$$n = F1 \times F2 \times 6 \text{ rep} \quad (4)$$

em que, o (n) é o número de ensaios, o ($F1$) Fator argila, ($F2$) Fator método de análise e (rep) Réplicas.

3.3 Montagem e monitoramento do experimento

A montagem do sistema de aeração foi adaptada de Schirmer (2004) e Guerra *et al.* (2015), a partir de um equipamento piloto em regime de batelada, no qual foram montados 6 reatores piloto com capacidade para 1 Litro (L), onde em cada um foi adicionado 500 mL do efluente sintético, enquanto que 500 mL foram deixados como “*headspace*” para a contenção dos gases. Dos 6 reatores, 3 continham apenas o efluente sintético, enquanto que os outros 3 continham, também $7,2 \text{ g.L}^{-1}$ de argila Chocolate natural em pó. A Figura 1 apresenta o sistema de aeração montado.



Figura 1: Sistema piloto de aeração.

A aeração foi realizada de forma a promover agitação do meio, ocorrendo com o uso de aerador, com capacidade para vazões de ar de até 2 L.min^{-1} . O sistema de tubulação do aerador aos difusores contou com um regulador de vazão (rotâmetro), de maneira a se obter a vazão desejada nos reatores.

O monitoramento do sistema experimental foi realizado por meio dos seguintes fatores: tempo de aeração de 6 horas, vazão de ar de 2 L.min⁻¹ e difusão com jato de ar.

Os procedimentos de determinação da concentração do H₂S para verificação do desempenho dos reatores (sem e com argila) foram feitos através da medida da concentração de H₂S no efluente e do gás na entrada do reator, em dois pontos do sistema: início e final da aeração (sem/com argila). Para isso, foi feita a determinação físico-química do teor de H₂S no efluente conforme recomendado por Oliveira e Muniz (2013), fazendo uso da titulometria de oxi-redução (iodometria), de acordo com o preconizado por SKOOG *et al.* (2008).

Também foi feito o monitoramento utilizando um detector multigases instantâneo (*Dragër X-am 7000*[®]) com limite de medição de 100 ppm para o H₂S. Ele é um detector modular, a prova d'água e de impactos. Um equipamento capaz de trabalhar em temperaturas de -20 a +55 °C, pressão de 700 a 1300 hPa, umidade de 10 a 95% u.r., sensor eletroquímico, capacidade de monitoramento de até 24 para quantificação de H₂S (*TECHNICAL HANDBOOK DRAGER, 2013*).

3.4 Análise de Variância

Para verificar a validação do modelo, checar as respostas e verificar a existência de efeitos significativos entre a resposta foi realizada a Análise de Variância (ANOVA).

A ANOVA usada testou se os termos do modelo tiveram algum efeito na resposta, testando o grau do modelo (linear ou quadrático), além da interação. Onde foi aplicado o teste *P* com 5% de significância, ou seja, se o valor de *P* for ≤ 0,05, as médias dos fatores ou interação são diferentes (Hipótese alternativa – H₁), ou seja, existe efeito do fator e/ou interação e as variáveis controláveis influenciaram na variável resposta (teor de H₂S). Já se o valor de *P* > 0,05, as médias dos fatores ou interação não são diferentes (Hipótese de nulidade – H₀). Isto implica dizer que não existe efeito do fator e/ou interação e as variáveis controláveis não influenciaram na variável resposta (teor de H₂S). O modelo determinado foi testado para falta de ajuste fazendo avaliação do *p*-valor através da ANOVA, possibilitando adotar o modelo apresentado na Equação (5).

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (5)$$

em que (*y*) é a variável resposta; (β_0) a média geral modelo; (β_i) coeficiente do modelo; (ϵ) erro experimental e (β_{ii}) representa o efeito quadrático. A equação 5 é chamada de modelo de superfície de resposta de segunda ordem.

Em seguida os resultados obtidos foram computados no *software* MINITAB 17.0[®] [MINITAB, 2014].

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As concentrações médias de H₂S nos reatores antes e após a aeração com e sem o uso de argila obtidas a partir do uso do detector multigases são mostradas na Tabela 1, já as concentrações médias de H₂S obtidas pela titulação iodométrica são mostradas na Tabela 2.

Tabela 1: Concentração (ppm) do H₂S encontrado pelo detector multigases.

n	Sem o uso de Argila (ppm)		Com o uso de Argila (ppm)	
	Antes	Depois	Antes	Depois
1	31	11	24	8
2	31	10	28	9
3	27	13	22	8
4	30	12	22	8
5	26	15	23	8
6	30	12	22	8
Média	29,2	12,2	23,5	8,2
Desvio-padrão	1,95	1,57	2,14	0,37

Tabela 2: Concentração (ppm) do H₂S encontrada na Titulação iodométrica.

n	Sem o uso de Argila (ppm)		Com o uso de Argila (ppm)	
	Antes	Depois	Antes	Depois
1	48	20,8	36,8	16
2	46,4	25,6	40	17,6
3	41,6	22,4	40	19,2
4	46,4	22,4	38,4	16
5	48	19,2	40	16
6	49,6	19,2	36,8	17,8
Média	46,67	21,6	36,67	17,1
Desvio-padrão	2,51	2,21	1,43	1,21

Ao observar as Tabelas 1 e 2, nota-se que houve uma variabilidade entre as leituras de concentração para os dois métodos.

Conforme Godke (2011) e Guerra *et al* (2015), essas variações podem ser atribuídas a homogeneização do sistema após a adição de todos os componentes (Na₂S, NaH₂PO₄ e H₂SO₄). Entretanto, pode-se perceber que a variabilidade diminui após a aeração, este fato pode ser atribuído ao próprio sistema de aeração, tendo em vista que o sistema foi aerado por 6 horas, promovendo assim uma maior homogeneização do efluente e conseqüentemente uma diminuição da concentração de H₂S.

Contudo nota-se que a variabilidade do sistema de aeração com argila foi menor, já que o desvio padrão foi 0,37 ppm contra 1,57 ppm da aeração sem argila. Essa diferença pode ser atribuída a presença da argila.

Com o objetivo de comprovar a significância do efeito do uso da aeração sem e com argila para a remoção do H₂S foi aplicada a ANOVA através do software MINITAB 17.0[®] (2014), conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: ANOVA para o resultado de H₂S (ppm).

FV	GL	SQ	QM	Valor de F	Valor de P
Fator Argila	1	108,37	108,37	40,22	0,0
Fator Método	1	506,00	506,00	187,80	0,0
Interação dos Fatores	1	0,375	0,375	0,140	0,713
Erro	20				
Total	23				
R ² = 91,94%		R ² _{max} = 84,82%		R = 0,9588	

Legenda: FV: fonte de variação; GL: Graus de Liberdade; SQ: Soma Quadrática; QM: Quadrado Médio; Valor de F: Valor Tabelado do Teste F; Valor de P: Valor da Probabilidade a 5% de significância.

Na Tabela 3, o resultado mostra que o fator argila (*valor de p* = 0,000) e o fator método (*valor de p* = 0,000) são significativos ao nível de 5% de probabilidade de erro. Isso significa que a presença de argila e/ou ausência de argila e o método usado a titulação e o detector multigases influenciaram na resposta (teor de H₂S). A Figura 2 mostra o gráfico dos efeitos principais e significativos para o teor de H₂S. em que, através dele pode-se perceber também que o menor resultado (melhor resposta) para o teor de H₂S, é obtido quando o reator tem a presença de argila e quando o método usado é o do detector multigases.

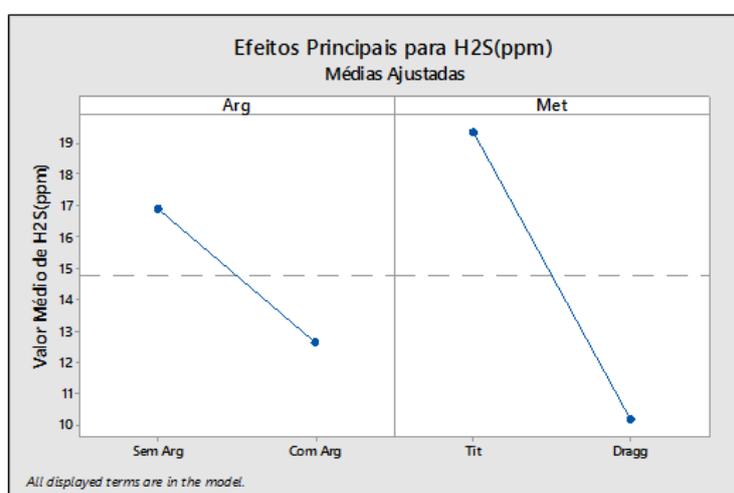


Figura 2: Efeitos principais para o teor de H₂S.

Por outro lado, a interação entre a presença de argila e/ou ausência de argila e o método usado a titulação e/ou detector multigases não foram significativos (*valor de p* = 0,713 que é maior que 0,05).

A partir dos dados obtidos, pode-se gerar um modelo que descreve o processo apresentado no presente trabalho. O modelo representado na Equação (6) fornece a concentração em ppm de H₂S, a partir das condições da argila e do método adotados para cada experimento:

$$H_2S(ppm) = 14,758 - 2,125 Arg - 4,592 Met \quad (6)$$

Com o modelo obtido da Equação (6), pode-se avaliar o gráfico de contorno para verificar a melhor região da resposta obtida. Na Figura 3, o melhor resultado encontra-se na região superior do lado direito. Com a modelagem pode-se afirmar que a região está nos valores menores que 10 ppm de H₂S.

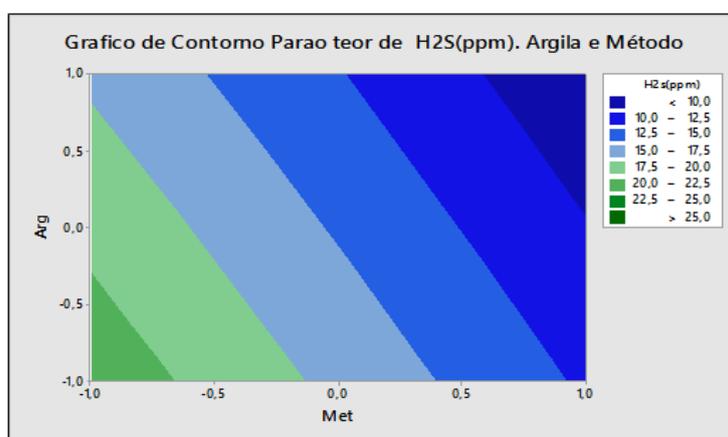


Figura 3: Gráfico de contorno para os fatores argila e método.

Na Figura 3, percebe-se que o valor é obtido quando o reator tem a presença de argila (+1) e quando o método é o detector multigases (+1).

Isto pode ser explicado pelo fato de que a argila esmectítica possui uma estrutura de metais nas suas camadas internas, aumentando a sua capacidade como material adsorvente, e conseqüentemente contribuindo para a adsorção do H₂S, ou seja, diminuição do teor desse gás no efluente (CUNHA, 2013).

Apesar da titulometria iodométrica ter se mostrado uma técnica razoável de análise do efluente em estudo, o detector multigases apresentou melhores resultados. Tendo em vista que a titulação iodométrica envolve preparo de soluções, aferição de volumes, manipulação maior, gerando erros humanos durante o processo (SKOOG *et al.*, 2008). Enquanto que se o detector multigases estiver calibrado, as leituras de concentração se tornam muito mais fáceis e precisas. Por isso, os resultados obtidos com o uso desse aparelho foram muito mais significativos.

Para otimizar a resposta do teor de H_2S (ppm) obtidos para os experimentos pode-se visualizar na Figura 4 que o ponto ótimo é obtido quando o reator tem a presença de argila (+1) e quando o método é o detector multigases (+1). Neste caso, a melhor resposta otimizada é 8,167 ppm de H_2S .

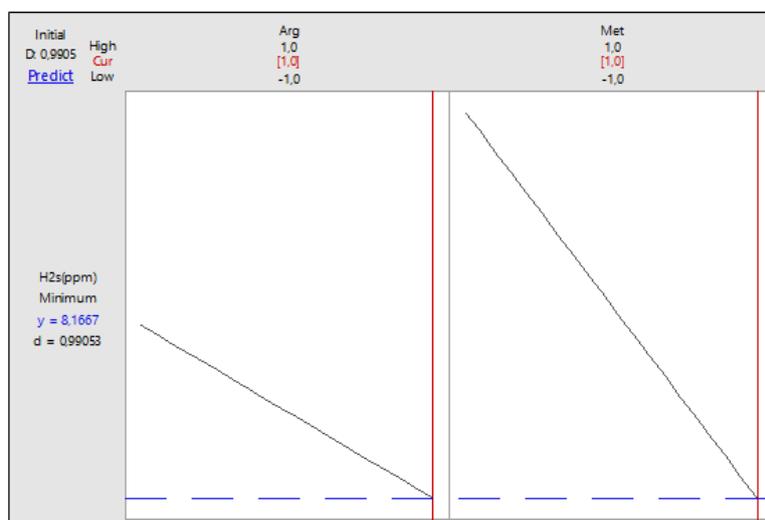


Figura 4: Gráfico dos dados otimizados para o teor de H_2S .

5 CONCLUSÃO

A aeração em conjunto com a argila esmectítica apresentou-se como uma alternativa viável à redução do H_2S presente em efluentes de refinarias de petróleo, que possuem elevada carga odorante;

Após a aeração com argila foi observado um valor médio de 8,2 ppm de H_2S contra 12,2 ppm para aeração sem argila, com o uso do detector multigases. Enquanto que com a análise titulométrica foram encontradas magnitudes de 21,6 ppm (aeração sem argila) e 17,1 ppm (aeração com argila), respectivamente;

Com os resultados alcançados foi possível gerar um modelo de equação, por meio do qual pode-se avaliar o gráfico de contorno para verificar a melhor região da resposta obtida, podendo-se afirmar que a região está nos valores menores que 10 ppm de H_2S , ou seja, são resultados encontrados quando foi utilizado a argila como adsorvente e quando o método utilizado foi o detector multigases, mostrando assim a influência e a eficácia desses dois fatores no processo.

6 REFERÊNCIAS

ALVA-ARGÁEZ, A., KOKOSSIS, A.C. & SMITH, R. (2007). *The design of waterusing systems in petroleum refining using a water-pinch decomposition*. p. 33-46. Chemical Engineering Journal, v. 128, n. 1.

- BALBINOT, A. (2007). *Poluição Olfativa – Composição, Mensuração e Técnicas de Tratamento de Efluente com Potencial Odorífero*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS.
- BARAÚNA, O.S. (2006). *Processo de Adsorção de Pigmentos de Óleo Vegetal com Argilas Esmectíticas Ácido-Ativadas*. Tese de Doutorado em Engenharia Química, Faculdade de Engenharia Química. Campinas – SP.
- CUNHA, R. S.S. (2013). *Obtenção de Argila Organofílica visando o processo de Descontaminação de águas oleosas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Campina Grande – PB.
- FREITAS, C.A.L.B. (2013). *Avaliação do Impacto de Substâncias Odoríferas Geradas a partir da Emissão de Gases Oriundos de uma Indústria Química*. Dissertação de Mestrado, Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável e Qualidade de Vida.
- GODKE, M. M. (2011). *Avaliação do Potencial de Degradação de H₂S por Fotocatálise Heterogênea*. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC.
- GUERRA, T. F. M. F., MUNIZ, A. C. S., RODRIGUES, M. G. F., BRITO, A. L. F. de. & ARAÚJO, J. G. (2015). *Determinação da Eficiência na Remoção de Gás Odorante em Sistema de Aeração com Argila*. In: 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais... Rio de Janeiro.
- LOPES, E. S., SANTOS, J. M., REIS, N. C., GONÇALVES, R. F. & MAI, B. G. (2005). *Modelagem da emissão de sulfeto de hidrogênio em ETE considerando os mecanismos de remoção por biodegradação e oxidação química*. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais... Campo Grande.
- MINITAB INC. STATISTICAL SOFTWARE Data. Analysis Software. Version 17, 2014.
- OLIVEIRA, M. V. de. & MUNIZ, A. C. S. (2013). *Avaliação da Aeração como Processo de Tratamento de Gás Sulfídrico Proveniente de Estações de Tratamento de Efluentes*. X Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande.
- PETROBRAS - Pétroleo Brasileiro, Refinarias da Petrobras. Recuperado em 10 de janeiro de 2016 de: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias>
- SÁ, L. M., SANTOS, J. M., REIS, N. C. & GONÇALVES, R. F. (2005). *Modelagem da emissão de sulfeto de hidrogênio proveniente de estações de tratamento de esgotos*. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande.
- SALES, E.M., SANTOS, J.C.M., COSTA, A.B., LISBOA, V.N.F. & MEDEIROS, A.M. (2014). *Odores Provenientes de Graves Problemas Ambientais*. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis.
- SCHIMER, W. N. (2004). *Amostragem, Análise e Proposta de Tratamento de Compostos Orgânicos Voláteis e Odorantes na Estação de Tratamento de Efluentes de uma Refinaria de Petróleo*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis – SC.
- SKOOG, A.D., WEST, D.M., HOLLER, F.J. & CROUCH, R.S., (2008). *Fundamentos de Química Analítica*, 999p. São Paulo: Cengage Learning.

TECHNICAL HANDBOOK DRÄGER X-AM 7000. Multi-gas monitor – software 2.nm. Dräger, 2013.

ZAT, M. (2009). *Remoção de Compostos Odoríferos de Águas de Abastecimento Através de Processos de Aeração, Dessorção Gasosa e nanofiltração*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre – RS.

ZATZ, M. & BENETTI A.D. (2011). *Remoção dos Compostos Odoríferos Geosmina 2-metilisoborneol de Águas de Abastecimento Através de Processos de Aeração em Cascata, Dessorção por Ar e Nanofiltração*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.