



PRPG | Pró-Reitoria de Pós-Graduação  
PIBIC/CNPq/UFPG-2009

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE GÁS ODORANTE POR MEIO DE ENSAIOS DA INTENSIDADE DE ODOR E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Lígia Rafaely Barbosa Sarmento<sup>1</sup>, Ana Cristina Silva Muniz<sup>2</sup>

### RESUMO

Os odores são emanados de inúmeras atividades industriais. Dentre estas atividades estão inseridas as refinarias de petróleo, que apesar de ser uma importante fonte de energia e matéria prima disponível para o homem, esse tipo de atividade traz consigo diversos efeitos relacionados aos odores e conseqüentemente a qualidade do ar. Esse trabalho objetivou avaliar, através de equipamentos para tratamento de gases em escala piloto, a aeração como alternativa de tratamento de compostos odorantes gasosos de efluente sintético simulando efluentes de estações de despejos industriais de refinaria de petróleo. Usando como indicador da eficiência de tratamento o ensaio de intensidade de odor. O experimento foi conduzido em 2 reatores piloto de 4 Litros, similar a reatores em batelada, nos quais foram postos 3 Litros do efluente sintético enquanto que 1 Litro foi deixado como "headspace" para a contenção dos gases. A vazão de ar ocorreu com o uso de aerador, com capacidade para vazões de ar de até 20 L.min<sup>-1</sup>. No sistema foram observados os parâmetros tempo, cargas de oxidação e tipos de difusores. A avaliação do tratamento se deu por meio do ensaio da intensidade de odor e análise físico-química. No experimento foram adotadas diferentes cargas de oxidação (numa variação de escala de 36; 48 e 72 L<sub>ar</sub>.L<sub>efluente</sub><sup>-1</sup>) avaliadas em períodos de tempo de 4 e 8 horas, para dois tipos de difusores (jato de ar e poroso). Dentre os resultados obtidos na aeração, foi observado que a carga de oxidação que apresentou mais eficiência de processo foi a de 72 L<sub>ar</sub>.L<sub>efluente</sub><sup>-1</sup> durante o período de 8 horas, haja vista, 75% e 92% do corpo de jurados ter indicado uma escala de intensidade de odor muito fraca para essa carga de oxidação, para os difusores de jato de ar e poroso, respectivamente. Enquanto que com a análise físico-química foi possível determinar o percentual de eficiência do processo proposto, obtendo-se 63,71% e 76,23% para a carga de oxidação de 72 L<sub>ar</sub>.L<sub>efluente</sub><sup>-1</sup> para os difusores jato de ar e poroso, respectivamente. Os resultados obtidos com a intensidade de odor, expresso como índice de intensidade e do teor de concentração do teor de gás sulfídrico permitiram montar a matriz de correlação para esses dois parâmetros, alcançando-se os coeficientes de correlação de 0,99 e 0,82 para os distintos tipos de difusores. Portanto, diante dos resultados determinados no presente trabalho, conclui-se que o teste de intensidade de odor e análise físico-química são fundamentais na avaliação da eficiência de tratamento de gás odorante.

**Palavras-chave:** odor, aeração, petróleo, intensidade de odor, iodometria, gás sulfídrico.

### EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF ODOUROUS GAS TREATMENT BY MEANS OF TESTING THE INTENSITY OF ODOR

#### ABSTRACT

The odours are released from many industrial activities. Among these activities are included oil refineries, which despite being important source of energy and raw material available to man, this kind of activity brings together several effects related to odours, and consequently, air quality. This study aimed to evaluate, through equipment for treatment of gases in a pilot scale, the aeration as an alternative of treatment of

<sup>1</sup> Aluna de Curso de Engenharia Química, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: [ligia\\_rafa@hotmail.com](mailto:ligia_rafa@hotmail.com)

<sup>2</sup> Química, Profa. Doutora, Depto. de Engenharia Química, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: [anamuniz@deq.ufcg.edu.br](mailto:anamuniz@deq.ufcg.edu.br)

odorous gaseous compound of synthetic effluent simulating effluents from petroleum refinery wastewater station. Using as an indicator of the efficiency of treatment the test of intensity of odour. The experiment was conducted on 2 pilot reactors of 4 litres, similar to batch reactors, in which were put 3 litres of synthetic effluent while 1 litre was left as "headspace" to contain the gases. The flow of air occurred with the use of aerator, with capacity for air flows rate of 20 L.min<sup>-1</sup>. In the system were observed the parameters time, loads of oxidation and types of diffusers. The evaluation of treatment was made by means of testing the intensity of odour, and physical-chemical analysis. In the experiment were used different loads of oxidation (a variation of scale of 36,48 and 72 Lar.Lefluente-1) evaluated in time periods of 4 and 8 hours for two types of diffusers (jet of air and porous). Among the results obtained in the aeration, it was observed that the load of oxidation which showed more process efficiency was the one of 72 Lar.Lefluente-1 during the period of 8 hours, due to 75% and 92% of the body of jurors have indicated a scale of intensity of odour very weak for this load of oxidation, for the jet air and porous diffusers, respectively. While the physical-chemical analysis was possible to determine the percentage of efficiency of the proposed process, obtaining 63.71% and 76.23% for the oxidation charge of 72 Lar.Lefluente-1 for the jet air and porous diffusers, respectively. The results obtained with the intensity of odour, expressed as an index of intensity and the concentration level of the content of hydrogen sulfide gas have helped to set the correlation point for these two parameters, achieving the correlation coefficients of 0.99 and 0.82 for the different types of diffusers. That way, before the results determined in this work, it is concluded that the test of odour intensity and physical-chemical analysis are crucial in assessing the efficiency of treatment of compound gases.

**Key-words:** odor, aeration, petroleum, intensity of odor, iodometric, sulphide gas.

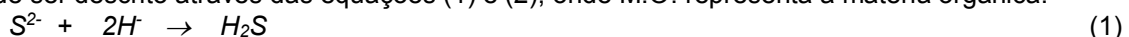
## INTRODUÇÃO

Em grande parte do mundo os odores figuram como uma das três reclamações mais relevantes com relação à qualidade do ar em uma comunidade. Do total das reclamações sobre a poluição atmosférica, 70% estão relacionadas a diversos tipos de odores (McGINLEY e McGINLEY, 1999; McGINLEY, McGINLEY e MANN, 2000).

Os odores são emanados de inúmeras atividades industriais. Dentre estas atividades estão inseridas as refinarias de petróleo, que apesar de ser uma importante fonte de energia e matéria prima disponível para o homem, esse tipo de atividade traz consigo diversos efeitos relacionados aos odores e conseqüentemente a qualidade do ar. Tanto durante a sua produção como no seu uso. A emissão de poluentes atmosféricos por refinarias de petróleo (e conseqüentemente a geração de odores) têm sido apontadas como umas das principais causas da atual má condição atmosférica afetando a qualidade do ar, de modo que a preocupação em reduzir ou tratar os odores já se tornou uma constante dentre as principais tarefas de pesquisadores em todo o mundo.

Os odores provenientes das refinarias de petróleo são em sua maioria compostos de origem inorgânica como o sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S). As lagoas de tratamento constituem fontes potenciais para emissão de odores. Os compostos de enxofre constituem a maioria das moléculas olfativas encontradas nas estações de tratamento e resultam de processos anaeróbios (BELLI FILHO e DE MELO LISBOA, 1998; MUNIZ 2007).

O gás sulfídrico é o principal produto da redução do sulfato, e é o odorante mais comumente associado a esse processo. O mesmo é gerado nas unidades de polimerização, na etapa de lavagem cáustica, assim como nas unidades de tratamento de gás ácido e recuperação de enxofre. A contaminação das instalações de superfície da planta, tanques e oleodutos por bactérias sulfato redutoras que aliadas as condições favoráveis (a estagnação do meio, anaerobiose, presença de nutrientes) e a temperatura adequada do meio ajudam o desenvolvimento microbiológico. Segundo SCHIRMER (2004), o processo de formação do H<sub>2</sub>S pode ser descrito através das equações (1) e (2), onde M.O. representa a matéria orgânica:

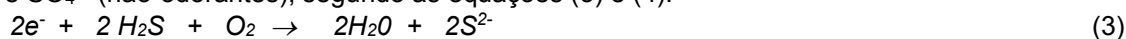


Apenas a forma molecular do H<sub>2</sub>S é responsável pelos problemas de odor. Condições ácidas favorecem a formação de H<sub>2</sub>S, enquanto que básicas inibem sua formação. Em pH neutro, apenas 50% dos íons sulfetos estão sob a forma molecular (WEF, 1995).

As lagoas de tratamento constituem fontes potenciais para emissão de odores, por suas próprias características físicas – elevada área superficial, pH fora da faixa ideal e altas temperaturas, entre outras. Os compostos de enxofre constituem a maioria das moléculas olfativas encontradas nas estações de tratamento, sobretudo o gás sulfídrico (BELLI FILHO e DE MELO LISBOA, 1998).

Conseqüentemente há a necessidade de tratamento para esse tipo de emissão odorante. Dentre as formas de tratamento figura a aeração. Segundo SCHIRMER (2004) a aeração é uma operação unitária de fundamental importância em um grande número de processos aeróbios de tratamento de esgotos. Sob condições aeróbias ou mesmo anóxicas, as bactérias agem no sentido de oxidar a matéria orgânica do meio efluente. Mantendo as condições aeróbias, tem-se a inibição das bactérias sulfato-redutoras e a

oxidação química/bioquímica dos compostos formados anaerobicamente para compostos menos odorantes, incluindo o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), nitratos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A oxidação de sulfetos em efluentes ocorre a uma taxa entre 1,0 e 1,5 mg.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. A redução de sulfatos por bactérias sulfato-redutoras com a produção de H<sub>2</sub>S é considerada a mais importante reação de geração de odor. A injeção de ar faz com que a concentração de O<sub>2</sub> no meio aumente transformando o H<sub>2</sub>S (odorante) em forma ionizada como S<sup>-2</sup> e SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (não-odorantes), segundo as equações (3) e (4):



De acordo com LE CLOIREC *et al.* (1991), o LPO para o gás sulfídrico é de 0,00047 partes por milhão por volume (ppmv) e o Valor Limite de Tolerância (VLT) é de 8,0 ppmv. SCHIRMER (2004) realizou pesquisa objetivando determinar a eficiência do sistema de aeração por meio da análise da intensidade de odor, com um júri composto de oito pessoas previamente selecionadas. Um efluente de refinaria de petróleo foi submetido as condições de aeração de 4 e 8 horas com cargas de 12, 24, 36 e 72 L<sub>ar</sub> por L<sub>efluente</sub>, nos resultados da intensidade odorante o júri apontou intensidade de odor inferior ao efluente não-aerado; no total, 50% do júri apontou intensidade fraca após aeração, 46% média e apenas 4% forte contra 25% fraca, 37,5% média e 37,5% forte no caso do efluente testemunha.

A aeração como sistema de desodorização de efluentes com forte característica odorante, apresenta-se como técnica efetiva a minimização destes. Assim, a determinação da intensidade odorante é recomendada como análise sensorial efetiva para avaliar o incômodo olfativo, haja vista, o sistema olfativo humano ser capaz de responder em 15 segundos aos odores emanados por fontes odorantes (MUNIZ, 2007). Já que o maior problema enfrentado, quando se tenta oferecer solução para as reclamações de odor feitas por uma comunidade, é a falta de padrões adequados para orientar autoridades e administradores ambientais das empresas emissoras de tais poluentes em relação às fontes da indústria responsável pela emissão do odor. De todos os tipos de poluição ambiental, os odores estão entre os mais difíceis de regular, porque um cheiro desagradável é considerado algo subjetivo e, por conseguinte, legalmente indefinível (SCHIRMER *et al.*, 2005).

A eficiência da aeração como técnica desodorizante de efluentes pode ser analisada por diferentes métodos de medida de um odor ou ainda pela associação das mesmas. Dentre os métodos utilizados destacam-se a análise olfatométrica e a análise físico-química, que associadas constituem uma técnica bastante abrangente, uma vez que, se torna possível unir informações químicas do composto e seu impacto sensorial.

Portanto, dentro dessas duas linhas, destaca-se como análise olfatométrica o ensaio da intensidade de odor, e como análise físico-química a titulometria de oxi-redução. Onde a intensidade pode ser definida de maneira simples como a força do odor. De acordo com a Norma E-544-75 (ASTM, 1997) a intensidade percebida de um odor é a sua força acima do limite de reconhecimento do mesmo. Essa Norma tem como título "*Prática padrão para referência supralimite de intensidade de odor*", foi oficializada no ano de 1975, mas foi reformulada e reprovada em 1997. Basicamente a E-544-75 faz referência a dois procedimentos para medir a intensidade de ambientes com odor:

- Procedimento A – Método da Escala Dinâmica;
- Procedimento B – Método da Escala Estática.

O Método da Escala Dinâmica utiliza o olfatômetro, instrumento que possui um dispositivo com fluxo contínuo do odorante padrão [n-butanol padrão analítico (p.a.) - CAS nº 71.36-3 e fórmula C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH] para apresentação aos membros do corpo de jurados. O membro do corpo de jurados compara a intensidade de uma amostra com odor, a um nível de concentração específico do odorante padrão (ASTM, 1997).

O procedimento alternativo, isto é, o Método da Escala Estática é baseado em uma comparação estática, uma série de frascos contendo concentrações fixas do odorante padrão (n-butanol), diluído em água destilada como solvente nas soluções, para apresentação aos membros do corpo de jurados. A escala é representada usando uma categoria subjetiva em ordem crescente, ou seja, da solução muito fraca até atingir a escala da solução muito forte (ASTM, 1997; CARMO JÚNIOR, 2005). A intensidade de uma amostra com odor é comparada aos níveis da escala de concentração específica do odorante padrão (BELLI FILHO, 1995).

A vantagem do método da escala estática em relação ao da escala dinâmica é justamente a praticidade e o baixo custo do mesmo, haja vista, necessitar apenas de vidraria e do composto padrão, enquanto o método dinâmico necessita da instalação do olfatômetro.

Conforme CARMO JÚNIOR (2005) a intensidade é uma função crescente da concentração de odor (LPO) e a intensidade percebida fisiologicamente pelo sistema olfativo. HOBBS (1995) *apud* MUNIZ (2007), afirma que a intensidade do odor se baseia na relação entre o LPO e a sua sensação, comumente descrita por uma relação logarítmica de força. A relação entre intensidade e concentração (LPO) é definida pela equação(5):

$$\log(I) = b \log(C) + \log(a) \quad (5)$$

A equação (5) é conhecida como Lei de *Stevens*, onde (*I*) é a intensidade do odor (força); (*a*) é a constante de *Stevens*; (*C*) é a concentração de massa do odorante ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) e (*b*) representa o crescimento da intensidade do odorante em função da constante (variando numa amplitude de 0,2 a 0,8).

Com relação aos métodos de análises físico-químicas para análise de compostos odorantes, CARMO JÚNIOR (2005) afirma que, os mesmos permitem a identificação de impressão digital do odor, ou seja, identificar os produtos químicos da mistura gasosa. A análise físico-química tem como objetivo quantificar e identificar os compostos odorantes presentes numa corrente gasosa ou no ar com odor

De acordo com CARMO JÚNIOR (2005), a análise pode se torna complexa caso o efluente gasoso contenha vários compostos com propriedades diferentes, tais como massa molecular, função química, concentrações variáveis, nível de odores diferentes e volatilidades diferentes.

Inúmeras são as técnicas empregadas para análises físico-químicas de compostos odorantes que geram odor em uma amostra de atmosfera contaminada, a escolha da técnica a ser usada depende do tipo de composto odorante a ser identificado e quantificado. Destacando-se, por exemplo, a análise físico-química do  $\text{H}_2\text{S}$ , que pode ser determinado por meio iodométrico, gravimétrico, colorimétrico e cromatografia gasosa acoplada a um detector fotométrico de chama. A escolha do método depende entre outras coisas da disponibilidade financeira do laboratório que se propõe a fazer a análise e da exatidão e reprodutibilidade dos resultados que se deseja obter. Dentre esses métodos expostos, a iodometria (titulometria de oxi-redução) figura como um método de análise clássico, no qual se obtém bons resultados a um custo baixo, enquanto que a cromatografia gasosa é um método instrumental com ótimos resultados, porém com custos elevados.

Portanto, segundo CARMO JÚNIOR (2005), a análise físico-química consiste em separar e em identificar os compostos odorantes constituintes no odor, mas não permite estimar o caráter odorante ou identificar os compostos suscetíveis a serem odorantes em uma mistura. É por esta razão que a acoplagem da análise físico-química com o teste sensorial, surge, atualmente, como uma técnica interessante para unir informações químicas dos compostos e seu impacto sensorial.

Por conseguinte, dentro dos aspectos aqui abordados. O presente trabalho se insere, na busca de desenvolvimento e aplicação de metodologias capazes de minimizar os incômodos causados por substâncias odorantes, como por exemplo, o sulfeto de hidrogênio. Objetivando avaliar, através de equipamentos para tratamento de gases em escala piloto, a aeração como alternativa de tratamento de compostos odorantes gasosos de efluente sintético, simulando efluentes oriundos de estações de despejos industriais de refinaria de petróleo. Usando como indicador da eficiência de tratamento o ensaio da intensidade de odor. Utilizando como sistema avaliador um corpo de jurados, composto por seis jurados, previamente selecionado. E a análise titulométrica de oxi-redução, mais precisamente a iodometria.

## MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada no Laboratório de Engenharia Química, pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), localizada no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande ( $7^{\circ} 13' 11''$  Sul,  $35^{\circ} 52' 31''$  Oeste a 500 metros acima do nível do mar), no Estado da Paraíba, Brasil.

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu por meio dos seguintes itens:

- Revisão Bibliográfica;
- Desenvolvimento da Metodologia;
- Interpretação dos Resultados e Discussão do mesmo;
- Conclusões.

Na Revisão Bibliográfica buscou-se as referências bibliográficas mais relevantes acerca dos temas poluição e qualidade do ar, o desenvolvimento e o impacto ambiental das refinarias de petróleo, assim como a consequência advinda dos odores emanados de seus compostos odorantes, também foi realizada pesquisa profunda sobre o estudo da intensidade de odor advinda de gás sulfídrico, abrangendo tanto as referências de âmbito nacional como internacional. Em seguida, foi dado início ao desenvolvimento da metodologia empregada. Essa parte do desenvolvimento metodológico consistiu de três etapas:

- Etapa 1: Elaboração de um questionário, objetivando a seleção de candidatos para membros do corpo de jurados, com a finalidade de encontrar pessoas aptas à realização do teste de intensidade de odor;
- Etapa 2: Determinação do grau de sensibilidade dos membros selecionados no questionário ao teste de intensidade ao odor, usando como referência a escala estática de *n*-butanol;
- Etapa 3: Desenvolvimento do experimento, ou seja, montagem e operacionalização do sistema piloto de aeração e avaliação do mesmo, através do teste de intensidade odorante pelo corpo de jurados e a análise físico-química, por meio da titulação de oxi-redução, especificadamente a iodometria.

Após aquisição dos dados coletados nas respectivas Etapas 1; 2 e 3, foram avaliados os dados e realizada a mensuração das variáveis, bem como o estudo matemático, através da estatística descritiva, por meio da distribuição de frequência, construção do coeficiente de correlação das variáveis e representação gráfica das mesmas.

## **Material**

Efluente sintético, preparado com água destilada a partir de uma massa de padrão analítico (p.a.) contendo sulfetos para geração de gás sulfídrico conforme técnicas de química analítica descrita por OHLWEILER (1981). A solução foi preparada em uma concentração de 6 ppm<sub>v</sub> como fator de segurança para o corpo de jurados, haja vista, segundo a Norma Regulamentadora 15 (NR-15) o VLT para 8 horas de trabalho diária do H<sub>2</sub>S é de 8 ppm<sub>v</sub>.

## **Métodos**

### **Etapla 1 – Elaboração e Aplicação de Questionário para Seleção dos Jurados**

Nesta Etapa foi realizada a elaboração e aplicação do questionário para seleção preliminar dos jurados, onde foram observados parâmetros requeridos pelas normas VDI 3883 – parte 2 (1993), E-544-75 (ASTM, 1997) e EN 13.725 (CEN, 2003). Em que foi observado o número de pessoas para compor o painel de jurados, a fim de permitir um teste estatístico elementar sobre as características psicofísicas dos candidatos a jurados.

A elaboração do questionário seguiu os critérios da estatística descritiva, conforme recomendado por BARBETTA (2006). A amostra dos candidatos a membros do painel de jurados foi retirada da população da comunidade de estudantes universitários, da UAEQ, da UFCG, Paraíba.

Foi elaborado o questionário para avaliar o perfil psicofísico e o nível de sensibilidade dos candidatos para jurados em presença ao odor. O questionário foi dividido em duas partes, uma de caráter geral, com dados como nome, sexo, endereço, idade, altura, peso, prática de esportes, vício de tabagismo, alergias no trato respiratório superior e inferior, entre outros. Na segunda parte do questionário a pesquisa foi conduzida com muita cautela. Tendo em mãos os objetivos da pesquisa claramente definidos, ou seja, avaliar a sensibilidade dos candidatos ao odor, segundo os critérios sugeridos por MONTGOMERY e RUNGER (2003) e BARBETTA (2006), como, por exemplo, separação das variáveis a serem levantadas (especificadamente com relação a sensibilidade ao odor); estabelecimento da forma de mensuração das variáveis levantadas em níveis de categorização, como a intensidade do nível do incômodo do odor, sendo 0 - não incomoda, 1 – incomoda pouco, 2 – incomoda, 3 – incomoda muito e 4 – incomoda extremamente.

As perguntas que constaram na Parte 1 do questionário aplicado tiveram como princípios avaliar os candidatos a jurados de acordo com o perfil solicitado pelas normas VDI 3883 – parte 2 (1993), E-544-75 (ASTM, 1997) e EN 13.725 (CEN, 2003), visto que, os candidatos a jurados devem estar enquadrados dentro de certos requisitos, por exemplo, constituir-se de uma amostra representativa da população padrão, quanto a sexo, alturas e pesos distintos, entre outros. Na metodologia também foram seguidos os critérios como: idade mínima do candidato (16 anos), bom estado físico com relação ao trato respiratório superior e não serem fumantes.

Na Parte 2 objetivou-se direcionar o questionário diretamente a intensidade que o incômodo de odor afeta o entrevistado (candidato a jurado). Essa Parte foi constituída (em sua maior parte) de questões do tipo fechadas, apresentando múltiplas escolhas, permitindo ao entrevistado escolher, entre as respostas prontas, aquelas que melhor correspondia a sua relação à percepção dos odores. As respostas prontas foram ordenadas de 0 a 4, a fim de mensurar-se a característica da sensibilidade acerca da intensidade do incômodo odorante quantitativamente, pois os entrevistados puderam atribuir um valor, tomando-se como base a escala de 0 a 4.

### **Etapla 2 – Determinação do Grau de Sensibilidade ao Teste de Intensidade ao Odor**

Nesta etapa são apresentados os procedimentos para preparo da escala de referência do n- butanol p.a. e a seleção de jurados por meio da intensidade odorante.

#### **Preparo da Escala de Referência do n-Butanol**

Esse procedimento consistiu em preparar soluções em diferentes concentrações de n-butanol p.a. em água destilada e apresentá-las aos membros do corpo de jurados, que classificou o odor de acordo com os padrões estabelecidos pela Norma X 43 - 103 (AFNOR, 1993).

O preparo da escala de referência do n-butanol seguiu os padrões básicos para o preparo de soluções, segundo os princípios da química analítica, ou seja, o reagente n-butanol utilizado foi do tipo padrão analítico com 99,3% de pureza, conforme recomendado por OHLWEILER (1981). Inicialmente preparou-se

uma solução-mãe com 12,3 mililitros (mL) do reagente em um balão volumétrico de 1 litro (L), de modo a ser obtida uma solução com concentração de 10 gramas por litro (g.L<sup>-1</sup>) (intensidade odorante – muito forte), utilizando-se como solvente a água destilada. Em seguida, foi retirada uma alíquota de 100 mL da solução-mãe e diluída com água destilada em um balão de 1 L, obtendo-se uma solução-filha com uma concentração de 1 g.L<sup>-1</sup>. Após foi retirada uma alíquota de 100 mL da solução-filha, diluindo-a com 1 L de água destilada, alcançando-se uma concentração de 0,1 g.L<sup>-1</sup>. Continuou-se com esse procedimento, ou seja, retirando-se alíquotas de 100 mL das soluções mais concentradas e diluindo-se as mesmas em 1 L de água destilada, até atingir a menor concentração, correspondente a 0,001 g.L<sup>-1</sup> (intensidade odorante - muito fraca). Os critérios para preparação da escala das concentrações das soluções de n-butanol foram os preconizados pela Norma X 43 - 103 (AFNOR, 1993).

### **Seleção dos Membros do Painel de Jurados**

A parte mais importante para a medida de odor ser precisa, de acordo com a Norma EN 13.725 (CEN, 2003), é a seleção dos jurados. A seleção de jurados para a realização das análises de intensidade odorante deve ser feita com o intuito de que os candidatos a jurados classifiquem corretamente a ordem (crescente/decrescente) da escala de intensidade das soluções de n-butanol (BELLI FILHO, 1995; CEN, 2003; CARMO JÚNIOR, 2005).

Todavia, antes da realização do teste sensorial foi passado um código de conduta, sugerido pela Norma EN 13.725 (CEN, 2003), para os candidatos selecionados na Etapa 1. A seleção com a escala de referência de n-butanol se deu por meio da apresentação individual para candidato das soluções embaralhadas até o nível 3: muito fraco (1), fraco (2) e médio (3), onde o candidato teve que colocar em ordem crescente ou decrescente. Somente após foram apresentados os outros dois níveis: forte (4) e muito forte (5), conforme prescrito pela Norma EN 13.725 (CEN, 2003) e CARMO JÚNIOR (2005).

Segundo sugerido por CARMO JÚNIOR (2005) e MUNIZ (2007), ao candidato a jurado foi dada duas chances para colocar a escala na seqüência certa. O indivíduo que obteve dificuldade para emparelhar a seqüência da intensidade de odor na ordem certa foi excluído como jurado. Cada jurado foi selecionado individualmente, procurando evitar qualquer interferência ou influência externa.

### **Análise dos Dados de Intensidade do Odor na Escala de n-Butanol**

Após a realização do teste de intensidade do odor, para a seleção definitiva dos candidatos para membros do corpo de jurados permanentes. Foram formuladas as seguintes hipóteses:

- $H_0$ : doenças do trato respiratório superior do corpo de jurados não interferem no acerto da ordem da escala crescente/decrescente de n-butanol;
- $H_1$ : doenças do trato respiratório superior do corpo de jurados interferem no acerto da ordem da escala crescente/decrescente de n-butanol.

Objetivando averiguar se as variáveis: número de acertos na escala de n-butanol e doenças do trato respiratório superior (alergias, sinusites, rinites) são independentes (Hipótese de Nulidade –  $H_0$ ), ou se existe associação entre essas duas variáveis (Hipótese Alternativa –  $H_1$ ) a um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ), respectivamente, ou seja, a probabilidade de ocorrência das hipóteses serem falsas ou verdadeiras, segundo o seguinte critério de decisão:

- Se  $p < 0,05$  as médias foram significativamente diferentes a 5%, ou seja, as médias são desiguais ( $H_0$  não é verdadeira);
- Se  $p > 0,05$  as médias não foram significativamente diferentes a 5%, ou seja, as médias são iguais ( $H_0$  é verdadeira).

Para testar estas hipóteses foi utilizado o sugerido por BARBETTA (2006), o *Teste Qui-Quadrado*, o qual é um método que permite testar a significância da associação entre as duas variáveis qualitativas (doenças do trato respiratório superior x número de acertos da escala de n-butanol), quando se utiliza aplicação de questionários. A utilização do *Teste Qui-Quadrado* foi realizada através do *software MINITAB – Versão 13.20* (1998).

Após observar a significância (ou não) dessa associação foi determinado o número de candidatos a membros do corpo de jurados, baseado no acerto da ordem da escala crescente de n-butanol.

### **Etapa 3 - Desenvolvimento do Experimento**

O desenvolvimento experimental utilizado foi um equipamento piloto, consistindo no método “*air stripping*”, que objetiva separar (oxidar) o composto odorante (gás sulfídrico) do efluente líquido por meio do borbulhamento do efluente com ar, objetivando a agitação do meio líquido e o particionamento dos

compostos do meio líquido para o ar, segundo técnica sugerida por VON SPERLING (2001) e SCHIRMER *et al.* (2005).

O experimento foi conduzido com 2 reatores piloto (reator experimental e reator testemunha) com capacidade para 4 Litros (L), similar a um reator em batelada, onde foi posto 3 L do efluente sintético enquanto que 1 L foi deixado como “*headspace*” para a contenção dos gases.

A aeração foi arranjada de forma a promover agitação do meio, sem a necessidade do uso do agitador característico deste tipo de reator. A vazão de ar ocorreu com o uso de aerador (um compressor pequeno), com capacidade para vazões de ar de até 20 L.min<sup>-1</sup>. O sistema de tubulação do aerador aos difusores contou com um regulador de vazão (rotâmetro), afim de obter um controle efetivo da vazão desejada para os reatores. A Figura 1 apresenta a foto do sistema piloto de aeração montado.

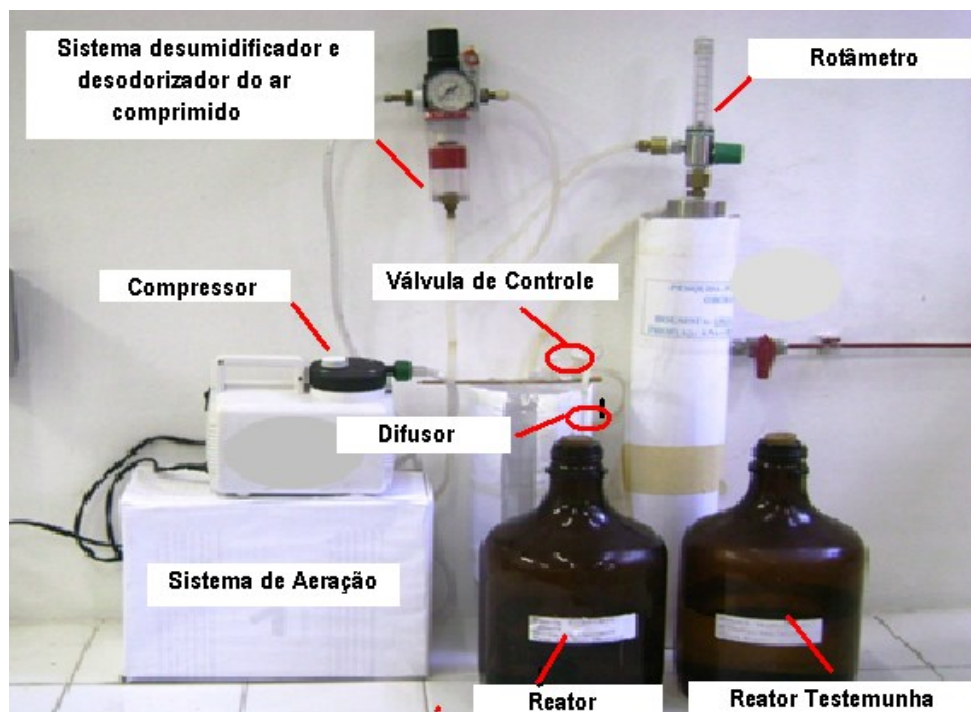


Figura 1. Foto do sistema piloto de aeração.

Os parâmetros do experimento seguiram o recomendado por SCHIRMER (2004), onde foram avaliados os seguintes fatores:

- Tempo de oxidação de 4 e 8 horas;
- Cargas de oxidação por meio da variação da vazão de ar fornecida ao efluente: 36 L<sub>ar</sub>.L<sub>efluente</sub><sup>-1</sup>, correspondente a vazão de 450 mL<sub>ar</sub>.min<sup>-1</sup>, respectivamente (4 horas de aeração) e 48 e 72 L<sub>ar</sub>.L<sub>efluente</sub><sup>-1</sup>, correspondentes as vazões de 300 e 450 mL<sub>ar</sub>.min<sup>-1</sup>, respectivamente (para 8 de aeração);
- Tipo de difusor (poroso e jato de ar).

Segundo VON SPERLING (2001), a opção para realizar o experimento com esses dois tipos de difusores, deve-se a diferença entre estes dois tipos de difusores quanto a taxa de oxigênio transferida ao meio. Utilizando difusor poroso, aumentou-se a eficiência de transferência de oxigênio padrão (de 10 a 30%), uma vez que se trabalha com tamanho de bolhas inferior a 3 mm (bolhas finas), aumentando a superfície de contato com o efluente e, por conseguinte, a eficiência na oxigenação. Já no sistema de aeração por jato de ar, a eficiência é menor (4 a 8%), com bolhas de diâmetro acima de 6 mm.

Cada uma das condições usadas teve um efluente testemunha, objetivando comparar a eficiência do tratamento. Os resultados foram avaliados, por meio do teste de intensidade odorante, pelo corpo de jurados (imediatamente após cada etapa) e análise físico-química de titulometria.

### **Monitoramento – Avaliação Olfatométrica por meio do Teste da Intensidade de Odor**

O monitoramento, por meio do teste olfatométrico da intensidade de odor, seguiu as determinações da Norma Americana: “*Standard Practices for Referencing Suprathreshold Odor Intensity: E 544-75 (1997)*”. Em que o monitoramento do experimento empregado utilizou o corpo de jurados selecionados, utilizando-se a escala de referência do n-butanol e o reator testemunha. Onde cada reator aerado foi avaliado olfatometricamente em três situações: 15 minutos após iniciada a aeração, imediatamente antes de cessar

a aeração (na 4ª e 8ª hora, respectivamente) e ainda 30 minutos depois de cessada a aeração (para todos os casos). O efluente testemunha foi avaliado apenas 15 minutos após o início da corrida e 30 minutos após o seu término. Cabendo, segundo SCHIRMER (2004), ao corpo de jurados, determinar a intensidade do efluente (na variação de escala do n-butanol, isto é, de muito fraco a muito forte) na respectiva etapa do processo. Na Figura 2 é apresentada a foto de um membro do corpo de jurados fazendo o teste de intensidade odorante.



Figura 2. Foto do membro do corpo de jurados realizando teste olfatométrico da intensidade odorante no reator aerado.

Para avaliação da intensidade de odor do reator tratado em relação ao reator testemunha foi calculado o índice de intensidade ( $I$ ) para as cargas de oxidação de  $36 \text{ L}_{\text{ar}} \cdot \text{L}_{\text{efluente}}^{-1}$  para um tempo de 4 horas e 48 e  $72 \text{ L}_{\text{ar}} \cdot \text{L}_{\text{efluente}}^{-1}$  para um tempo de 8 horas, respectivamente. Todos com relação aos tipos de difusores, isto é, jato de ar e poroso. Conforme CARMO JÚNIOR (2005) o índice de intensidade do odor foi calculado segundo apresentado na equação (6):

$$I = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^5 W_i N_i \quad (6)$$

Onde:  $N$  é o número total de observadores;  $i$  categoria de resposta;  $W_i$  é o coeficiente da categoria  $i$  e  $N_i$  o número de respostas da categoria  $i$ . A Tabela 1 apresenta os valores para o número de respostas da categoria  $i(N_i)$  e o coeficiente de respostas da categoria  $i(W_i)$ , conforme as respostas obtidas.

Tabela 1. Categorias de Intensidade e Pesos dos Fatores.

Intensidade	$I$	$W_i$
Muito Fraco	1	1
Fraco	2	2
Médio	3	3
Forte	4	4
Muito Forte	5	5

### Monitoramento – Determinação Físico-Química do teor de $\text{H}_2\text{S}$

A determinação físico-química do teor de sulfeto de hidrogênio no efluente foi realizada conforme preconizado por OHLWEILER (1981). Tal determinação foi feita antes e após tratamento de aeração, ou seja, 15 minutos após iniciado o tratamento e imediatamente antes de cessar a aeração (na 4ª e 8ª hora) e 30 minutos após cessada a mesma.

A análise seguiu rigorosamente os princípios da titulometria de oxi-redução, precisamente a iodometria, usando como agente titulante o tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0,1 N, em presença de solução padrão de iodo de 0,1 N e do indicador de amido, como sinalizador do ponto final da reação.

A titulometria de oxi-redução compreende a determinação de compostos que apresentam mais de um estado de valência, conforme o estado de valência em que se encontram, tais compostos são passíveis a oxidação ou redução.

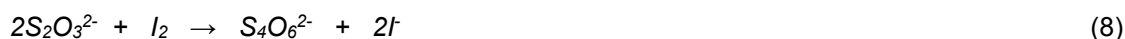


Conforme OHLWEILER (1981), a análise titulométrica de oxi-redução compreende inúmeros métodos. O método utilizado para determinação físico-química do H<sub>2</sub>S foi a iodometria, que é um método que se baseia na reação parcial (7):



As titulações iodométricas sempre envolvem soluções contendo iodo em presença de íon iodeto (I<sup>-</sup>). O sistema iodo-iodeto possui um potencial padrão intermediário, tal fato justifica a capacidade que o iodo tem de ser um agente oxidante moderado, capaz de oxidar quantitativamente apenas substâncias fortemente redutoras; por outro lado, o íon iodeto, como agente redutor fraco, pode ser quantitativamente oxidado a iodo por substâncias oxidantes relativamente fortes (OHLWEILER, 1981).

O método iodométrico usado foi o indireto, que consiste em tratar a espécie oxidante a determinar com um excesso de iodeto de potássio e titular o iodo libertado da solução padrão de tiosulfato de sódio. A reação básica da iodometria indireta mostrada pela equação (8) abaixo, acontece em meio neutro ou levemente ácido, onde o íon tiosulfato é quantitativamente oxidado pelo iodo a íon tetrationato (OHLWEILER, 1981):



A reação acima foi observada em presença do indicador amido, através da mudança de coloração da solução, onde, em presença do indicador amido a solução analisada passou da coloração azul intensa para incolor. Após o ponto final das titulações (sempre em triplicata) os volumes do titulante foram anotados e os cálculos realizados, para um total de 02 bateladas para 36 L<sub>ar</sub>.L<sub>efluente</sub><sup>-1</sup>, relativo a vazão de 450 mL<sub>ar</sub>.min<sup>-1</sup> (4 horas de aeração) e 48 e 72 L<sub>ar</sub>.L<sub>efluente</sub><sup>-1</sup>, correspondentes as vazões de 300 e 450 mL<sub>ar</sub>.min<sup>-1</sup> para 8 horas de aeração, para cada vazão, considerando os difusores de jato de ar e poroso, respectivamente.

### Análise Estatística

Após a realização das etapas anteriores, foi feita a análise estatística dos resultados obtidos quanto a estatística descritiva e a possibilidade de correlacionar o teste sensório e o físico-químico, fazendo uso do software MINITAB-Versão 13.20 (1998).

Nesta etapa, foi aplicada a correlação com o intuito de quantificar a associação existente entre as duas variáveis, ou seja, correlacionar o teste sensório e o físico-químico.

O intuito de aplicar a análise de correlação na presente pesquisa, foi de verificar as correlações em termos exploratórios, ou seja, tal análise tem como objetivo auxiliar na análise da problemática em questão. Para atingir os objetivos pertinentes à correlação entre as variáveis (teste sensório e físico-químico), foram feitos:

- Diagramas de dispersão das amostras das observações das variáveis: Teste Sensório e Teste Físico-Químico;
- Construção do coeficiente de correlação das variáveis Teste Sensório x Teste Físico-Químico;
- Interpretação do coeficiente de correlação (*r*);
- Inferência sobre o estimador de *p* (coeficiente de correlação da amostra).

Os diagramas de dispersão foram construídos para verificar e visualizar a possível existência de correlação entre as duas variáveis (teste físico-químico e sensório), onde os valores das variáveis foram representados por pontos num sistema cartesiano.

### Construção do Coeficiente de Correlação das Variáveis

O comportamento entre as variáveis foi medido pelo coeficiente de correlação representado pelo coeficiente de correlação *r*, que é definido através da equação (9)

$$r = \frac{n \sum(x_i \cdot y_i) - (\sum x_i) \cdot (\sum y_i)}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (9)$$

Onde, *n* é o tamanho da amostra, *x* a variável teste físico-químico e *y* a variável teste sensório.

## Interpretação do Coeficiente de Correlação

Segundo BARBETTA (2006), para um determinado conjunto de dados, o valor do coeficiente de correlação ( $r$ ) deverá estar compreendido no intervalo de -1 a 1. Tal coeficiente é positivo quando os dados analisados apresentaram uma correlação linear positiva e negativo quando os mesmos apresentarem correlação linear negativa.

O valor de  $r$  determina a intensidade da correlação entre os dados, de maneira que quanto mais próximo de 1 (ou -1) for o coeficiente de correlação mais forte é a correlação existente entre as variáveis em estudo. O valor de  $r$  é igual a 1 se os pontos estiverem exatamente sobre uma reta ascendente, ou seja, uma correlação positiva. Em contrapartida, quando o valor de  $r = -1$ , os pontos estarão sobre uma reta descendente, ou seja, uma correlação negativa. Caso não exista correlação entre as variáveis em estudo, o fator de correlação assume um valor próximo a zero (0) (BARBETTA, 2006).

## Inferência sobre o Estimador de $\rho$ (coeficiente de correlação de população)

Além de determinar o coeficiente de correlação da amostra ( $r$ ) das variáveis teste sensório e teste físico-químico, através do valor de  $r$ , juntamente com o respectivo tamanho da amostra  $n$  concluir ao nível de significância  $\alpha = 0,01$  se realmente existiu correlação entre o teste físico-químico (variável  $x$ ) e sensório (variável  $y$ ), usando para tal o seguinte critério:

- Se o valor  $\rho$  for  $<$  do que 0,01 há significância do resultado de correlação ao nível de 1% de probabilidade.
- Se o valor  $\rho$  for  $\geq$  do que 0,01 não há significância do resultado de correlação ao nível de 1% de probabilidade.

O teste estatístico apropriado para as hipóteses citadas anteriormente é descrita através da equação (10):

$$t_{n-2} = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (10)$$

Onde  $t$  é uma estatística que segue a distribuição  $t$  de Student com  $n-2$  graus de liberdade,  $r$  o coeficiente de amostra e  $n$  é o tamanho da amostra (BARBETTA, 2006).

Em seguida foi testado com o  $t$  de Student tabelado com  $n-2$  graus de liberdade, ao nível de significância de 1%, ou seja,  $\alpha = 0,01$  (MONTGOMERY e RUNGER, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados e discutidos os resultados das etapas desenvolvidas no presente trabalho.

### Etapa 1 – Elaboração e Aplicação de Questionário para Seleção dos Jurados

Elaboração e aplicação de questionário constituiu-se de 2 partes, onde a Parte 1 constou de perguntas de caráter geral, enquanto que a Parte 2 objetivou-se direcionar o questionário diretamente a intensidade que o incômodo de odor afeta o entrevistado (candidato a jurado). Para seleção dos candidatos a membros do corpo de jurados, foram observados parâmetros requeridos pelas normas VDI 3883 – parte 2 (1993), E-544-75 (ASTM, 1997) e EN 13.725 (CEN, 2003).

Os resultados da Etapa 1 estão apresentados por meio da estatística descritiva, onde a amostra de candidatos a jurados foi retirada da população de estudantes da UAEQ, da UFCG, Paraíba, compreendendo amostra de ambos os sexos, com idade média variando entre 18 a 28 anos.

O questionário foi elaborado para avaliar o perfil físico, psicológico e o nível de sensibilidade dos candidatos para jurados ao odor. Após a coleta de dados de 30 ( $n = 30$ ) candidatos de ambos os sexos, os dados foram organizados, objetivando facilitar a realização da análise. A organização dos dados foi feita por meio da distribuição de frequência. Na Tabela 2 são apresentados os dados, onde cada linha representa uma variável, e cada coluna se refere a distribuição de frequência e percentagem das respostas em relação aos 30 entrevistados (candidatos a jurados), relacionados a Parte 1 do questionário.

A primeira coluna da Tabela 2 mostra todas as categorias previamente estabelecidas das variáveis (idade, peso, fumantes, não-fumantes, etc). A segunda coluna resulta da contagem de quantas observações se identificam com cada categoria das variáveis (frequências observadas). A terceira apresenta uma medida relativa da frequência de cada categoria.

Portanto, por meio, da Tabela 2 foi observada a descrição das respostas dos candidatos a jurados para fazerem parte do teste estático da intensidade de odor de refinarias de petróleo. As perguntas que constaram na Parte 1 do questionário aplicado tiveram como princípios avaliar os candidatos a jurados de

acordo com o perfil solicitado pelas normas VDI 3883 – parte 2 (1993), E-544-75 (ASTM, 1997) e EN 13.725 (CEN, 2003), visto que, os candidatos a jurados devem estar enquadrados dentro de certos requisitos, por exemplo, constituir-se de uma amostra representativa da população padrão, quanto a sexo, alturas e pesos distintos, entre outros.

Tabela 2. Distribuição de freqüência das variáveis questionadas aos 30 entrevistados da Parte 1 do Questionário.

Variáveis	Freqüência	Porcentagem (%)
Idade de 18 a 24 anos	27	90
Idade de 25 a 28 anos	03	10
Sexo Feminino	17	57
Sexo Masculino	13	43
Altura de 1,50 a 1,60 m	07	23
Altura de 1,61 a 1,70 m	10	34
Altura de 1,71 a 1,80 m	07	23
Altura acima de 1,80 m	06	20
Peso abaixo de 50 Kg	02	07
Peso de 50 a 60 Kg	13	43
Peso de 61 a 70 kg	08	27
Peso de 71 a 80 Kg	04	13
Peso acima de 80kg	03	10
Não-Fumantes	30	100
Ingere Bebida Alcóolica	14	47
Não Ingere Bebida Alcóolica	16	53
Ingere Cafeína	24	80
Não Ingere Cafeína	06	20
Pratica Esporte	08	27
Não Prática Esporte	22	73
Cirurgiado	09	30
Não Cirurgiado	21	70
Bom Estado Saúde	14	47
Mau Estado Saúde	16	53
Não Possui Congestão	16	53
Nasal	14	47
Possui Congestão Nasal		
Usa Perfume	29	97
Não Usa Perfume	01	03

Por conseguinte, observando-se a Tabela 2, foi obtida uma amostra de 30 candidatos a jurados, sendo 17 do sexo feminino e 13 do sexo masculino, constituindo-se em um número amostral adequado, já que, de acordo com a Norma E-544-75 (ASTM, 1997), o número de candidatos para compor o painel de jurados deve constituir-se de oito ou mais pessoas, com o objetivo de permitir um teste estatístico elementar sobre o julgamento do odor.

Vários aspectos foram avaliados como, a idade dos candidatos, uma vez que esse é um dos parâmetros requeridos pelas normas internacionais. A maioria dos entrevistados teve uma distribuição de freqüência de 27 pessoas com idade entre 18 e 24 anos, ou seja, 90%, estando dessa forma enquadrados no perfil solicitado pelas normas internacionais, ou seja possuem idade superior a 16 anos. Variáveis como altura, peso e prática de esportes foram questionadas para os entrevistados objetivando, mais adiante, observar a possível influência destas variáveis com relação a sensibilidade a intensidade do odor.

A variável não-fumante obteve um percentual de 100% na distribuição de freqüência, coincidindo com um dos requisitos primordiais das normas internacionais, o de que o painel de jurados não pode ter fumantes, visto que o hábito de fumar afeta a sensibilidade do sistema olfativo humano.

As variáveis consumo de álcool e café, obtiveram uma freqüência de distribuição de 14 e 24 pessoas entrevistadas que consomem, correspondendo a 47 e 80%, respectivamente. Contra 16 (53%) de pessoas abastêmicas ao álcool e de 6 (20%) pessoas que não possuem o hábito de tomar café. Estas variáveis não vêm a interferir no teste de intensidade, desde que os candidatos a jurados não tenham o hábito de ingerir bebida alcoólica diariamente. Contudo de modo geral, as Normas E-544-75 (ASTM, 1997) e EN 13.725 (CEN, 2003) recomendam que a partir de 30 minutos antes, e durante o teste de intensidade do odor, os futuros membros do júri não devem ser autorizados a beber álcool e café, devido a alteração da sensibilidade olfativa dos jurados.

As próximas variáveis a serem discutidas são congestão nasal, rinite, sinusite e alergia. Com relação a congestão nasal, metade dos entrevistados (47%) apresentaram propensão a mesma, onde o aparecimento

dela pode estar diretamente relacionada a doenças do trato respiratório, na qual 13% apresentam rinite, 13% sinusite e 20% apresentam algum tipo de quadro alérgico. Enquanto que os outros 53% dos entrevistados afirmaram não ter congestão nasal sem alguma gripe ou resfriado associados a esse incômodo nasal. Essas variáveis são de suma importância para serem observadas no momento de realização do teste da escala de n-butanol (Parte 2 – Seleção de Jurados para comporem o painel de jurados permanentes), assim como, para a realização do teste de intensidade do odor, pois há uma relação direta com a sensibilidade e a percepção de odor em todo sistema olfativo superior. Desse modo, o membro do júri que foi aprovado, não poderá estar com congestão nasal no dia da análise, seja ele portador (ou não) de problemas do trato respiratório superior.

A última variável da Parte 1 é com relação a interferência a percepção olfativa por excesso ou ausência de higiene pessoal por parte dos candidatos a jurados. Desse modo, 97% dos entrevistados afirmaram usar perfume. É provável que seja um indicativo que os candidatos a jurados tenham cuidado com a higiene pessoal. Entretanto, os selecionados devem ter cuidado quanto ao excesso de perfume usado na hora de realização do teste, de modo que este não venha a interferir na percepção olfativa sua e dos demais membros do júri.

A seguir na Tabela 3 é apresentada a distribuição de frequência dos pontos mais relevantes da Parte 2, dos 30 candidatos a jurados para avaliação da intensidade de odor de efluentes refinarias de petróleo.

Tabela 3. Parte 2 avaliação da intensidade que o incômodo de odor afeta o entrevistado (candidato a jurado) em duas circunstâncias cotidianas ( $n = 30$ ).

Quantidade de Percepção ao Incômodo de Odor	Frequência	Porcentagem (%)
Nunca	7	23
1 Vez por Semana	13	44
2 a 3 Vezes na Semana	7	23
1 Vez ao Dia em Todos os Dias da Semana	1	3,3
Mais de 1 uma Vez ao Dia em Todos os Dias da Semana	2	6,7
Grau de Incômodo que os Odores provocam no Entrevistado	Frequência	Porcentagem (%)
Não incomoda	6	20
Incomoda pouco	19	63,4
Incomoda	4	13,3
Incomoda muito	1	3,3
Incomoda extremamente	0	0

Portanto, com relação ao item do questionário sobre a percepção ao incômodo de odor, que objetivou conhecer se os candidatos a jurados sentem incômodo com relação a percepção, além de observar a sua significância em termos de quantas vezes é percebido durante a semana. Essa questão visou identificar um possível grau de valor comparativo, em que o mesmo pode ser interpretado em função da maior ou menor quantidade de percepção ao odor no cotidiano dos candidatos.

Por conseguinte, segundo a distribuição de frequência e a porcentagem da frequência de respostas dos candidatos a jurados mostrada na Tabela 3, quanto à percepção ao incômodo de odor 7 (23%) dos candidatos a jurados nunca têm incômodo com relação a percepção de odor. Enquanto que, 13 (44%) dos candidatos sentem algum tipo de incômodo de odor uma vez na semana. Já 7 (23%) e 1 (3,3%) dos candidatos têm incômodo de percepção olfativa: 2 a 3 vezes na semana e 1 vez ao dia em todos os dias da semana, respectivamente. Enquanto que 2 (6,7%) dos candidatos sentem mais de 1 uma vez ao dia em todos os dias da semana.

Esses resultados demonstram que os candidatos a jurados percebem algum tipo de incômodo ao odor em algum momento da sua semana de atividades. Todavia, seria necessário pesquisar a relação entre percepção ao incômodo de odor em relação ao local onde os candidatos a jurados residem ou fazem seu trajeto de casa para a universidade.

Com relação ao questionamento: Grau de Incômodo que os Odores provocam no Entrevistado, pôde ser observado na Tabela 3, que houve certa variedade nas respostas, sobretudo com relação a variável incomoda pouco (63,4%), enquanto que não incomoda atingiu 20%, contra 13,3 e 3,3% incomoda e incomoda muito. As respostas exibidas pelos entrevistados nos levam provavelmente a crer que a maioria dos entrevistados (63,4%) são pessoas que possuem um sistema olfativo normal, segundo recomendado pelas normas internacionais.

## Etapa 2 – Determinação do Grau de Sensibilidade ao Teste de Intensidade ao Odor

Neste item estão apresentados os resultados do *Teste Qui-Quadrado* com uma significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ), com a finalidade de observar a associação entre a presença de doenças do trato respiratório superior e se a influência das mesmas no momento do teste da escala de n-butanol.

### Aplicação do Teste Qui-Quadrado ( $\chi^2$ )

A Tabela 4 apresenta o resultado do *Teste Qui-Quadrado*, segundo a saída do *software MINITAB – Versão 13.20* (1998).

Tabela 4. Resultados da associação entre números de erros e acertos no teste da escala de n-butanol nos candidatos a membros do corpo de jurados segundo a relação com doenças do trato respiratório superior.

Doenças do Trato Respiratório Superior	Acertos		Total
	Sim	Não	
Afetados			
Frequência Observada	6,000	8,000	
Frequência Esperada	5,600	8,400	14
Parcelas $\chi^2$	0,029	0,019	
Não-Afetados			
Frequência Observada	6,000	10,000	
Frequência Esperada	6,400	9,600	16
Parcelas $\chi^2$	0,025	0,017	
Total	12	18	30
Total de Parcelas $\chi^2$		0,089	

Portanto, para os graus de liberdade (*GL*) igual a 1, com 5% de significância e total de parcelas do *Teste Qui-Quadrado* ( $\chi^2$ ) 0,089, tem-se  $p = 0,765$ . Então, para  $\alpha = 0,05$ , o teste não detecta associação entre doenças do trato respiratório superior e o número de acertos na escala de n-butanol, haja vista, a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) afirmar que quando  $p > 0,05$  as médias não são significativamente diferentes a 5%, ou seja, as médias são iguais ( $H_0$  é verdadeira).

Desse modo, não há associação entre essas duas variáveis, levando a se acreditar que o desejável é que o candidato a membro do corpo de jurado não deva realizar o teste da escala de referência de n-butanol e da intensidade de odor quando estiver em crise alérgica, ou de sinusite e renite, nem tão pouco esteja resfriado ou gripado, o que acarreta congestão nasal, e, conseqüentemente ausência de sensibilidade olfativa.

### Frequência de Distribuição dos Candidatos Aprovados à Membros Permanentes do Corpo de Jurados.

A Tabela 5 apresenta a distribuição de frequência dos candidatos a jurados permanentes, segundo o critério de acerto da escala de n-butanol.

Tabela 5. Distribuição de frequência dos candidatos a membros do corpo de jurados segundo o critério de acerto na escala de referência de n-butanol p.a.

Aprovados	Frequência	Porcentagem (%)
Sexo Feminino	7	58,3
Sexo Masculino	5	41,7
Total	12	100

Da distribuição de frequência apresentada na Tabela 5 observa-se que do total de 30 candidatos ( $n = 30$ ), apenas 12 foram aprovados, representando 40% de aprovação, em relação ao total de candidatos que responderam o questionário e que realizaram o teste da escala de n-butanol, presumindo-se que, segundo indicam as normas internacionais (por exemplo, EN 13.725 da CEN 2003), o n-butanol é de fato uma substância de referência para a seleção de membros para o corpo de jurados.

### Etapa 3 – Desenvolvimento do Experimento

A avaliação do desenvolvimento do experimento ocorreu por meio da avaliação olfatométrica e da determinação físico-química do teor de  $H_2S$  presente nas amostras analisadas antes e após a aeração dos reatores piloto.

O teste da intensidade de odor usado para avaliação do experimento foi o “*Standard Practices for Referencing Suprathreshold Odor Intensity: E 544-75* (ASTM, 1997), utilizando como escala de referência o n-butanol e o reator testemunha (reator que não sofreu processo de aeração). A interpretação dos resultados obtidos se deu por meio da estatística descritiva, utilizando a distribuição de frequência para as respostas do corpo de jurados.

A Tabela 6 apresenta avaliação olfatométrica referente a Parte 1 para 4 horas de aeração com carga de oxidação de 36  $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$  com o difusor por jato de ar e poroso, respectivamente.

Tabela 6. Percentagem da avaliação olfatométrica do teste de intensidade do odor para o tempo de oxidação de 4 horas (Difusor Jato de Ar e Difusor Poroso).

Difusor Jato de Ar		
Escala de Intensidade	Carga de 36 $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$ (%)	Testemunha (%)
Muito Forte	0	75
Forte	75	25
Médio	25	0
Fraco	0	0
Muito Fraco	0	0
Difusor Poroso		
Escala de Intensidade	Carga de 36 $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$ (%)	Testemunha (%)
Muito Forte	0	67
Forte	25	33
Médio	75	0
Fraco	0	0
Muito Fraco	0	0

Enquanto que as Tabelas 7 e 8 apresentam avaliação olfatométrica referente a Parte 2 para 8 horas de aeração com cargas de oxidação de 48 e 72  $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$  com o difusor por jato de ar e poroso, respectivamente.

Tabela 7. Percentagem da avaliação olfatométrica do teste de intensidade do odor para o tempo de oxidação de 8 horas (Difusor Jato de Ar).

Escala de Intensidade	Carga de 48 $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$ (%)	Testemunha (%)
Muito Forte	0	50
Forte	25	50
Médio	75	0
Fraco	0	0
Muito Fraco	0	0
Escala de Intensidade	Carga de 72 $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$ (%)	Testemunha (%)
Muito Forte	0	67
Forte	0	33
Médio	25	0
Fraco	75	0
Muito Fraco	0	0

Tabela 8. Percentagem da avaliação olfatométrica do teste de intensidade do odor para o tempo de oxidação de 8 horas (Difusor Poroso).

Escala de Intensidade	Carga de 48 $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$ (%)	Testemunha (%)
Muito Forte	0	75
Forte	0	25
Médio	33	0
Fraco	67	0
Muito Fraco	0	0
Escala de Intensidade	Carga de 72 $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$ (%)	Testemunha (%)
Muito Forte	0	100
Forte	0	0
Médio	0	0
Fraco	8	0
Muito Fraco	92	0

Diante dos resultados apresentados nas Tabelas 6; 7 e 8 observa-se que em todas as etapas do experimento verificou-se um elevado desprendimento dos gases odorantes durante a aeração, que de acordo com SCHIMER (2004), é devido à turbulência gerada no efluente durante o processo.

Portanto, na Tabela 6 pode-se verificar que o emprego do difusor de jato de ar para uma variação de tempo de 4 horas a intensidade odorante esteve sempre na escala forte (de acordo com a avaliação olfatométrica do corpo de jurados), isso pode ser devido ao difusor de jato de ar proporcionar uma maior agitação do meio, sem, entretanto, influenciar necessariamente numa maior desodorização. Todavia, quando se compara a escala de intensidade do reator com a do reator testemunha, nota-se que para a carga de 36  $L_{ar}.L_{efluente}^{-1}$  (menor carga e menor vazão) apresentou eficácia na diminuição da escala de

intensidade de odor em relação ao efluente não-aerado; onde com relação ao difusor jato de ar após 4 horas de aeração 75% dos jurados avaliou a intensidade de odor como forte, enquanto que 25% detectou como intensidade média, contra 75% e 25% intensidade muito forte e forte para o reator testemunha, respectivamente. Com respeito ao difusor poroso foi sentida uma intensidade 25% para a escala de intensidade forte e 75% como uma intensidade média, enquanto que para o reator testemunha foram sentidas uma intensidade 67% para a escala muito forte e 33% para a escala forte.

O desempenho do difusor poroso aparentemente implicou numa desodorização mais eficaz, provavelmente devido a difusão mais homogênea de oxigênio proporcionada pelo mesmo.

Com respeito a variação de tempo, carga e vazão maiores, isto é, período de tempo de 8 horas, cargas de 48 e 72  $L_{ar.Lefluente}^{-1}$  e vazões de 300 e 450  $mL_{ar.min}^{-1}$ , as Tabelas 7 e 8 apresentam a escala de intensidade de odor para os difusores de jato de ar e poroso. Para essas condições, observa-se que o tempo é parâmetro de fundamental importância em relação a desodorização do odor. Contudo, continua-se a observar a melhor eficiência de aeração dos difusores porosos em relação aos de jato de ar.

As Tabelas 9 e 10 apresentam o percentual de  $H_2S$  determinado por titulação de oxi-redução (por iodometria) para a carga de oxidação de 36  $L_{ar.Lefluente}^{-1}$  (tempo de 4 horas) e cargas de 48 e 72  $L_{ar.Lefluente}^{-1}$  (tempo de 8 horas), além de apresentar o percentual de eficiência de redução do teor de gás sulfídrico do reator tratado em relação ao reator testemunha. Onde a eficiência de redução foi calculada segundo apresentado na equação (11):

$$\%Efi\acute{c}i\acute{e}n\acute{c}i\acute{a} = \frac{(\%H_2S_{reatortestemunha} - \%H_2S_{reatortradado})}{\%H_2S_{reatortestemunha}} \cdot 10^2 \quad (11)$$

Tabela 9. Percentual de  $H_2S$  determinado por titulação de oxi-redução (iodometria) para o tempo de oxidação de 4 horas (Difusor Jato de Ar e Difusor Poroso).

Difusor Jato de Ar				
Determinação Química	Físico-Químico	Carga de 36 $L_{ar.Lefluente}^{-1}$	Testemunha	Eficiência (%)
% de $H_2S$		1,03	1,26	18,25
Difusor Poroso				
Determinação Química	Físico-Químico	Carga de 36 $L_{ar.Lefluente}^{-1}$	Testemunha	Eficiência (%)
% de $H_2S$		0,89	1,21	26,45

Tabela 10. Percentual de  $H_2S$  determinado por titulação de oxi-redução (iodometria) para cargas 48 e 72  $L_{ar.Lefluente}^{-1}$  e tempo de oxidação de 8 horas (Difusor Jato de Ar e Difusor Poroso).

Difusor Jato de Ar				
Determinação Química	Físico-Químico	Carga de 48 $L_{ar.Lefluente}^{-1}$	Testemunha	Eficiência (%)
% de $H_2S$		0,77	1,25	38,40
Difusor Poroso				
Determinação Química	Físico-Químico	Carga de 72 $L_{ar.Lefluente}^{-1}$	Testemunha	Eficiência (%)
% de $H_2S$		0,45	1,24	63,71
Difusor Poroso				
Determinação Química	Físico-Químico	Carga de 48 $L_{ar.Lefluente}^{-1}$	Testemunha	Eficiência (%)
% de $H_2S$		0,69	1,24	44,35
Difusor Poroso				
Determinação Química	Físico-Químico	Carga de 72 $L_{ar.Lefluente}^{-1}$	Testemunha	Eficiência (%)
% de $H_2S$		0,29	1,22	76,23

Nos resultados percentuais apresentados nas Tabelas 9 e 10 observa-se que o processo de aeração de fato promove a oxidação do  $H_2S$ . Também é observado que a medida que foi aumentada a carga e o tempo de oxidação ocorreu o aumento do percentual de eficiência do processo, ou seja, a eficiência de oxidação do  $H_2S$  por aeração foi diretamente proporcional a essas duas variáveis.

A seguir, a Tabela 11, mostra a frequência de observações dos jurados para o índice de intensidade do odor, segundo a carga de oxidação e o tipo de difusor.

Tabela 11. Resultado do índice de intensidade de odor conforme a frequência de observações do corpo de jurados.

Difusor Jato de Ar		
Intensidade de Odor	% de Frequência (Carga de 36 L <sub>ar</sub> .L <sub>effluente</sub> <sup>-1</sup> )	Índice de Intensidade de Odor
Médio	25	3,46
Forte	75	
Difusor Poroso		
Intensidade de Odor	% de Frequência (Carga de 36 L <sub>ar</sub> .L <sub>effluente</sub> <sup>-1</sup> )	Índice de Intensidade de Odor
Médio	75	3,00
Forte	25	
Difusor Jato de Ar		
Intensidade de Odor	% de Frequência (Carga de 48 L <sub>ar</sub> .L <sub>effluente</sub> <sup>-1</sup> )	Índice de Intensidade de Odor
Médio	75	2,77
Forte	25	
Difusor Poroso		
Intensidade de Odor	% de Frequência (Carga de 48 L <sub>ar</sub> .L <sub>effluente</sub> <sup>-1</sup> )	Índice de Intensidade de Odor
Médio	33	2,33
Fraco	67	
Difusor Jato de Ar		
Intensidade de Odor	% de Frequência (Carga de 72 L <sub>ar</sub> .L <sub>effluente</sub> <sup>-1</sup> )	Índice de Intensidade de Odor
Médio	25	2,08
Fraco	75	
Difusor Poroso		
Intensidade de Odor	% de Frequência (Carga de 72 L <sub>ar</sub> .L <sub>effluente</sub> <sup>-1</sup> )	Índice de Intensidade de Odor
Médio	75	2,25
Fraco	25	

De acordo com os dados apresentados na Tabela 11, nota-se que a medida que aumentou-se a carga de oxidação e o seu tempo o índice de intensidade de odor foi decaindo. Com relação ao difusor jato de ar, para uma carga de 36 L<sub>ar</sub>.L<sub>effluente</sub><sup>-1</sup>, o índice de intensidade de odor foi de 3,46, ou seja correspondendo a um odor de intensidade de médio a forte (Md/Ft). Enquanto que para as cargas de oxidação de 48 e 72 L<sub>ar</sub>.L<sub>effluente</sub><sup>-1</sup>, os índices de intensidade de odor foram de 2,77 e 2,08, correspondente a intensidade de fraco a médio (Fr/Md). Para o difusor poroso também observou-se que o aumento da carga de oxidação e do tempo foram inversamente proporcionais ao índice de intensidade, obtendo-se 3,00; 2,33 e 2,25 para as respectivas cargas de 36; 48 e 72 L<sub>ar</sub>.L<sub>effluente</sub><sup>-1</sup>.

Diante dos resultados obtidos com o índice de intensidade do odor e da concentração percentual de gás sulfídrico (análise físico-química) foi possível montar as matrizes de correlação para as variáveis X e Y, apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12. Matriz de correlação para as variáveis: análise físico-química (X) e índice de intensidade (Y) do teor de gás sulfídrico.

Difusor Jato de Ar		
Variável	Concentração (X)	Índice de intensidade(Y)
Concentração	1	0,99
Índice de Intensidade	**	1
Difusor Poroso		
Variável	Concentração (X)	Índice de intensidade(Y)
Concentração	1	0,82
Índice de Intensidade	**	1

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados e discutidos os diagramas de dispersão para os reatores tratados, onde em cada gráfico, o par (x<sub>i</sub>) e (y<sub>i</sub>) representará a concentração (%) e o índice de intensidade, correspondentes as cargas de oxidação de 36 L<sub>ar</sub>.L<sub>effluente</sub><sup>-1</sup> (4 horas). 48 e 72 L<sub>ar</sub>.L<sub>effluente</sub><sup>-1</sup>, respectivamente, para os difusores de jato de ar e poroso. Em conjunto com os pontos plotados no diagrama de dispersão estão presentes as retas estimadas de regressão para os valores observados.



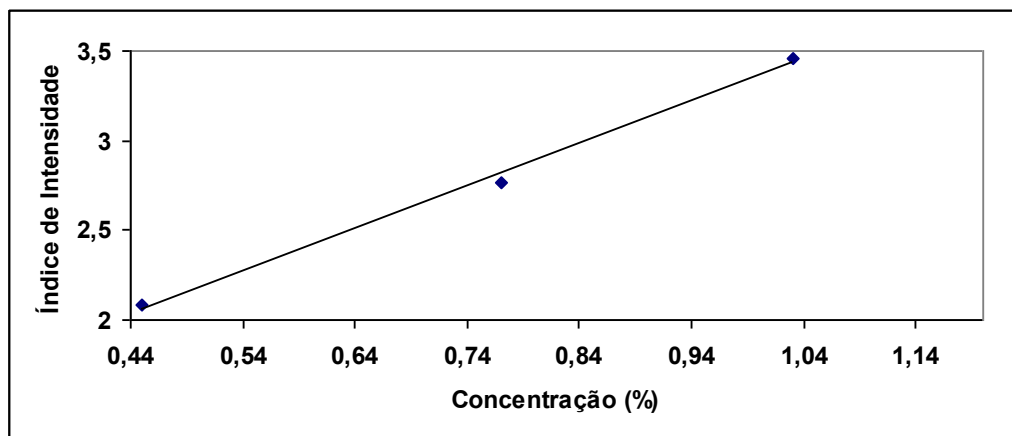


Figura 3. Diagrama de dispersão e a reta de regressão da concentração *versus* índice de intensidade de odor para o gás sulfídrico tratado por aeração (Difusor jato de ar).

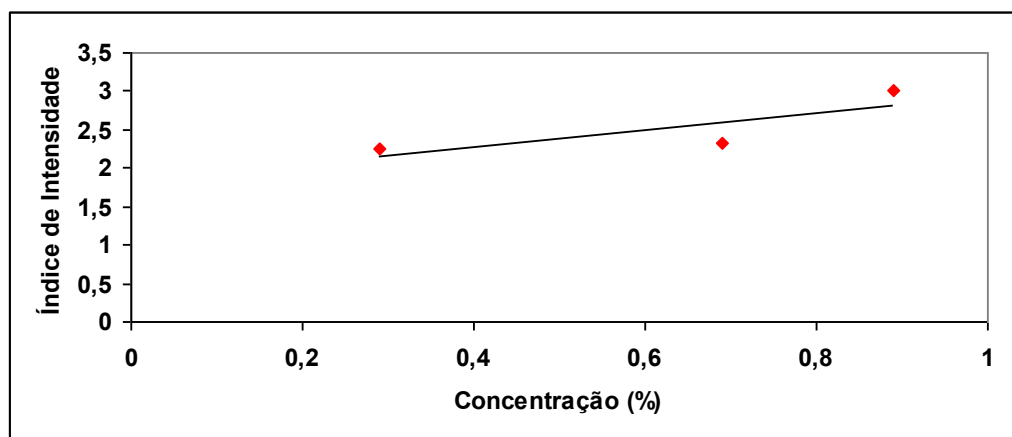


Figura 4. Diagrama de dispersão e a reta de regressão da concentração *versus* índice de intensidade de odor para o gás sulfídrico tratado por aeração (Difusor poroso).

A partir da observação da Tabela 12 e das Figuras 3 e 4 é possível notar que há correlação para os três compostos já que o valor do coeficiente de correlação de *Pearson* ( $r$ ) para os dois tipos de difusores é de 0,99 (Jato de ar); e 0,82 (Poroso), ou seja, apresentam correlação positiva extremamente forte para o difusor jato de ar e forte para o difusor poroso.

Com a obtenção do valor de  $r$  é possível testar a hipótese ao nível de  $\alpha = 0,01$ , conforme o critério de decisão:

- Hipótese Nula  $\rightarrow H_0: \alpha = 0$  (as variáveis  $X$  e  $Y$  são não correlacionadas);
- Hipótese Alternativa  $\rightarrow H_1: \alpha \neq 0$  (as variáveis  $X$  e  $Y$  são correlacionadas).

Por conseguinte, partindo-se do coeficiente de correlação de *Pearson* e aplicando-se o Teste  $t$  com as amostras analisadas, tem-se  $t = 16,74$  para o difusor jato de ar e  $t = 2,20$  para o difusor poroso. Uma vez que, conforme MONTGOMERY e RUNGER (2003), tem-se  $t_{\alpha/2, n-2}$  da Distribuição  $t$  considera-se o teste bilateral ao nível de significância de 1% da Distribuição  $t$ , obtendo-se  $t_{0,005;10} = 3,169$ , rejeitando-se  $H_0$  e aceitando-se que o coeficiente de correlação é  $\alpha \neq 0$ , ou seja, conclui-se que as medidas realizadas para a concentração percentual e o índice de intensidade de odor são realmente correlacionadas linearmente.

Portanto, os fortes coeficientes de *Pearson* comprovam a correlação entre o teor de gás sulfídrico determinado por titulação de oxi-redução (iodometria) e teste de intensidade com a escala de n-butanol (traduzido para o índice de intensidade), confirmando a importância da realização dos dois tipos de técnicas (físico-química e sensorial), como fontes de informações químicas dos compostos odorantes e o impacto sensorial causados pelos mesmos.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos no presente experimento, conclui-se que:

- A elaboração e aplicação de questionário baseado em critérios estáticos rigorosos é uma ferramenta de apoio criterioso na análise das respostas obtidas dos entrevistados ou respondentes;

- A metodologia de aplicação de questionário tem como vantagem obter respostas objetivas e rápidas das quais se pode ter uma visão geral, do perfil psicofísico dos candidatos, através da distribuição de frequência das respostas as perguntas realizadas.
- Os resultados demonstraram que, de fato, o teste de determinação do grau de sensibilidade ao teste de intensidade ao odor, usando a escala de referência do n-butanol é efetivo e determinante na aprovação dos candidatos a membros do corpo de jurados permanentes.
- O Teste estatístico do Qui-Quadrado, foi determinante na confirmação da não associação entre doenças do trato respiratório superior e o acerto da escala de n-butanol, desde que, os candidatos (ou mesmo selecionados) não estejam no momento do teste de intensidade do odor com problemas de saúde, como, por exemplo, congestão nasal.
- O percentual de eficiência do processo de aeração do reator tratado em comparação com o reator testemunha mostra a aeração como forma efetiva de oxidação do gás sulfídrico em efluentes com elevada presença do mesmo.
- O teste de intensidade de odor mostrou-se eficaz como indicador do incômodo olfativo, haja vista, o olfato humano ter elevado grau de sensibilidade. Dessa forma, a intensidade de odor é indicada como parâmetro de qualidade do ar, sobretudo para comunidades de baixo poder aquisitivo.
- Os índices de intensidade de odor apresentados confirmam o teste sensorio como instrumento essencial à avaliação de aeração como bom tratamento para atenuação do teor de odores em estações de tratamento.
- Os resultados encontrados por meio da determinação físico-química do teor de gás sulfídrico, demonstraram a titulação iodométrica como efetiva para quantificar concentração do mesmo em meio aquoso.
- Os coeficientes de *Pearson (r)* de 0,99 e 0,82 confirmam a forte correlação do teste de intensidade de odor e a análise titulométrica, mostrando a associação linear entre o teste sensorio e o teste físico-químico.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM Designation: E 544 – 75. **Standart practices for referencing suprathreshold odor intensity.** American National Standart ( Reapproved 1997).
- BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais.** 6. ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. 315p.
- BELLI FILHO, P. **Stockage et odeurs des dejections animals cas du lisier de porc.** Rennes (France). Tese (Doutorado em Sciences Chimiques) – École Nationale Supérieure de Chimie, Université de Rennes. France, 1995. 210p.
- BELLI FILHO, P.; DE MELO LISBOA, H. **Avaliação de emissões odorantes.** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: Abes. v3. n3. jul./set. v4. n.4 out./dez. 1998..
- CARMO JÚNIOR, G. N. da R; **Otimização e Aplicação de Metodologias para Análises Olfatométricas Integradas ao Saneamento Ambiental.** 2005. 174f. Tese ( Doutorado em Engenharia Ambiental ). Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2005.
- EN 13.725. **Determination of odour concentration measurement by dynamic olfactometry.** (English Version). European Committee for Standardization: Brussels, 2003.
- GUIDELINE VDI 3883 part 2. **Effects na assessment of odour – Determination of Annoyance Parameters by questioning** – Reapted Brief Questionig of Neighbour Panelist. 1993.
- HOBBS, P. J.; MISSELBROOK; Y. H.; PAIN, B. **Assesment of odours from livestock wastes by a photoinization detector, na electronic nose, olfactometric and gas chromatography-mass spectrometry.** J. Agric. Engng. Res. V.60. 1995. P.137-144. Disponível em< [www.pic.iaste.edu/reports/00swinereports/asl-683.pdf](http://www.pic.iaste.edu/reports/00swinereports/asl-683.pdf) >.
- LE CLOIREC, P.; FANLO, J. L.;DEGORGE-DUMAS, J. R. **Odeurs et désodorisation industrielles.** Ecole des Mines D' Alés. 1991.

McGINLEY, C. M.; McGINLEY, D. L. **Odor basics, understanding and using odor testing**. In.: XXII ANNUAL HAWWAI WATER ENVIRONMENT ASSOCIATION CONFERENCE HONOLULU.1999. Disponível em CD-ROM.

McGINLEY, C. M.; McGINLEY, M. A.; MANN, J. **Olfactomatics: applied mathematics for odor testing**. In.: WATER ENVIRONMENT FEDERATION ODOR – VOC 2000 SPECIALTY CONFERENCE. Cincinnati. 2000. Disponível em CD-ROM.

MINITAB. **Minitab Statistical Software**. Version 13.20. State College, Minitab Ins., 1998.

MONTGOMERY, D.C; RUNGER, G.C. **Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros**. 2ª ed. São Paulo: LTC. 2003, 463p.

MUNIZ, A. C. S. **Investigação do limite de percepção olfativa por olfatometria e por cromatografia gasosa – espectrometria de massa**. 2007. 156f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2007.

NORMA REGULAMENTADORA Nº 15. **Atividades e operações insalubres**. Portaria nº 3.751. 23/11/1990. Brasil.

OHLWEILER, O. A. **Química analítica quantitativa**. 3 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora. 1981. 226p.

SCHIRMER, W. N. **Amostragem, análise e proposta de tratamento de compostos orgânicos voláteis (COV) e odorantes em estação de despejos industriais de refinaria de petróleo**. 2004. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SCHIRMER, W. N.; DE MELO LISBOA, H.; MUNIZ, A.C. S. **Determinação de gases inorgânicos odorantes a partir de superfície líquida: aplicação de câmara de fluxo em lagoas de tratamento de efluentes de refinarias de petróleo**. Revista de Ciência e Tecnologia. v13. n25/26. Piracicaba, 2005. p.55-63.

VDI 3883 part 2 – VDI –**Verein Deutscher Ingenieure. Effects and assessment of odours – Psychometric assessment of odour annoyance – Questionnaires**.1997.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais – Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001.v.02, 211p.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Odor Control in Wastewater treatment Plants**. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice nº 82; NY, EUA. 1995.

X 43 – 103 – **Qualité de l'air Mesurage de l'odeur d'une atmosphère gazeuse**. Méthode supraliminaire. Associação Francesa de Normas, 1993.