

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

**JULIANE FLORES DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE ENSAIO DE VEDAÇÃO  
PARA RESPIRADORES**

**Porto Alegre**

**2016**

Juliane Flores dos Santos

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE ENSAIO DE VEDAÇÃO PARA  
RESPIRADORES

Artigo apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do Trabalho,  
pelo Curso de Especialização em  
Engenharia de Segurança do Trabalho da  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -  
UNISINOS

Orientador (a): Ms. Prof. Rogério Bueno de Paiva

Porto Alegre  
2016

## **AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE ENSAIO DE VEDAÇÃO PARA RESPIRADORES**

Juliane Flores dos Santos\*

Rogério Bueno de Paiva

\*MBA EEST - Unisinos – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – juliane\_sl@yahoo.com.br

**Resumo:** O presente artigo teve por objetivo realizar uma avaliação comparativa entre os métodos de ensaio de vedação para respiradores, aplicados na atividade de manuseio de resíduos, buscando uma forma eficiente de escolha desse método, bem como, estudar o processo de utilização deste equipamento de proteção respiratória na atividade, objetivando assim, uma melhor proteção aos usuários deste equipamento. Por meio de um estudo do equipamento de proteção respiratória (EPR), de uma avaliação de cenário e do respirador adequado para cada agente químico, e de uma análise dos diferentes tipos de ensaios de vedação, o trabalho pretende indicar o teste de vedação com uma menor taxa de erro na verificação de vedação e, portanto, de uso mais eficiente na atividade de manuseio de resíduos. Neste sentido, com base nos resultados e nas conclusões dos testes avaliados, e ao propor o ensaio de vedação mais adequado para cada tipo de atividade, o trabalho espera contribuir como subsídio teórico ao processo decisório de escolha destes EPR, por parte dos gestores e responsáveis pela atividade de manuseio de resíduos. Por fim, na sua conclusão, tendo por base a análise prática dos equipamentos e dos estudos teóricos das metodologias de ensaio, o presente artigo propõe o tipo de ensaio de vedação mais adequado para cada cenário apresentado.

**Palavras-chave:** ensaio, vedação, equipamento, proteção, respiratória, manuseio, resíduos.

**Abstract:** This article aims to conduct a comparative assessment between the sealing test methods for respirators applied in waste management activity, seeking an efficient way to choose this method as well, to study the process of using this respiratory protective equipment activity, aiming thereby better protection to users of this personal protective equipment. By a study of respiratory protective equipment (RPE), a review scenarios and the appropriate respirator for each chemical agents, and analyzing the different types of sealing tests, labor is intended to indicate a leak test with a lower error rate in the seal verification and therefore more efficient use in waste management activity. Finally this article, based on the results and conclusions of the evaluated tests, and proposing the sealing test most appropriate for each type of activity, hopes to contribute to theoretical subsidy to the decision-making process of choosing these RPE, by managers and responsible the waste management activity.

**Key words:** sealing, test, respiratory, protective, equipment, handling, waste.

## 1 INTRODUÇÃO

As máscaras ou respiradores são equipamentos de proteção individual indispensáveis para uma série de atividades profissionais. A utilização de respiradores faciais se faz necessário quando não se é possível prevenir a exposição das pessoas a substâncias perigosas através de medidas coletivas de prevenção.

No século IV A.C. a toxicidade do chumbo e outros produtos químicos na indústria mineradora foi reconhecida pelo médico Hipócrates, porém somente 500 anos depois, os primeiros esforços para o combate e a exposição de trabalhadores aos perigos de agentes químicos como o chumbo, zinco, enxofre, entre outros, foram feitos pelo sábio romano Plínio. Este sábio, nesta época da mencionava a iniciativa dos escravos na utilização de panos e membradas constituídas de bexiga de carneiro para sua proteção (Introdução a Higiene Ocupacional, 2004).

Quanto a utilização das máscaras, remonta ao sec. XVI, nos experimentos de Leonardo da Vinci, que utilizava panos umedecidos para proteção de marinheiros contra envenenamentos. Durante os séculos seguintes, sua utilização se popularizou nos exércitos do mundo todo, como forma de proteção contra armas químicas, biológicas e nucleares. Posteriormente seu emprego foi ampliado para setores da saúde, industrial, entre outros. (COZMAN, 2011).

O presente artigo tem por objetivo realizar uma avaliação comparativa entre os métodos de ensaio de vedação para respiradores, aplicados na atividade operacional de gerenciamento de resíduos de uma indústria petroquímica, bem como, estudar o processo de utilização deste equipamento de proteção respiratória na atividade operacional relacionada.

O resultado dos testes aferidos nos métodos de ensaio de vedação em respiradores é normalmente o subsídio para escolha do equipamento a ser utilizado por cada indivíduo. Uma eventual falha neste método pode comprometer a escolha do equipamento de proteção respiratória mais adequado para o usuário, o que por sua vez, pode acarretar numa ineficiência na proteção, com graves consequências para sua saúde.

Nesse sentido, este trabalho justifica-se por buscar uma forma eficiente de escolha do método de ensaio de vedação em respiradores, objetivando uma melhor proteção aos usuários deste equipamento de proteção individual.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para avaliar o respirador mais adequado para cada trabalhador deve-se conhecer o cenário e as características das atividades a serem executadas, como tempo de permanência na atividade, movimentos necessários, temperatura média do ambiente, uso concomitante de EPI que possam interferir um no outro, entre outros fatores.

Além da escolha do respirador mais adequado, outro fator importante para efetividade da proteção é a realização dos ensaios de vedação. Onde são realizados a seleção do respirador, conforme características faciais e ou por periodicidade definido pela empresa.

Outro teste que se realiza no momento da escolha do respirador, e também antes de cada uso e muitas vezes confundidos com teste de vedação é o ensaio de pressão positiva e negativa. Este ensaio trata-se de um teste rápido com o objetivo de verificar a efetividade da vedação no momento da utilização, mas que não substitui o ensaio de vedação. (TORLONI, 2016).

### **2.1 Equipamento de Proteção Respiratória - EPR**

Um equipamento de proteção respiratória é equipamento de proteção individual projetado para proteção do trato respiratório, que visa a proteção do usuário contra a inalação de atmosferas perigosas. Devemos sempre buscar medidas de controle de engenharia, que evitem o uso do EPR, como substituição de substâncias ou enclausuramento, desta forma antes de se definir o uso de um EPI deve-se analisar o cenário de forma a evitar o seu uso. (TORLONI, 2016).

Conforme Norma Regulamentadora NR 6, texto alterado pela Portaria SIT 25, /2001, "Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho".

## 2.2 Avaliação do Cenário

Para a definição de utilização de respiradores deve identificar e avaliar os perigos no local de trabalho e a exposição dos trabalhadores aos perigos, bem como a adequação dos respiradores à exposição, adequação dos respiradores a atividades, ao usuário e ao ambiente de trabalho. (TORLONI, 2016).

Após realizadas as etapas de avaliação deverá ser feita seleção do tipo de respirador adequado para o cenário avaliado. Neste artigo trataremos especificamente os respiradores semifaciais (figura 1) e do facial inteiro (figura 2) adequados à exposição a agentes químicos.

Os equipamentos de proteção respiratória se diferem entre; respirador facial inteira, onde abrange a cobertura dos olhos, nariz e boca; e respirador semi-facial que abrange somente nariz e boca. Para ser de fato efetivos são acoplados aos respiradores, filtros para retenção dos contaminantes atmosféricos presentes no ambiente de trabalho, sendo que este conjunto proporciona uma vedação adequada sobre a face do usuário segundo a NBR 12543/1999.

As máscaras são classificadas de acordo com penetração e a resistência à passagem do ar em condições bem definidas, essas condições e exigências estão descritas de acordo com a Norma Técnica Brasileira NBR 13697 (ABNT 2010), - Equipamento de proteção respiratória – Filtros para partículas.

Figura 1 – Respirador Facial Inteira



Fonte: Guia de Seleção de Respiradores 3M (2011).

Figura 2 – Respirador Semi Facial



Fonte: Guia de Seleção de Respiradores 3M (2011).

### 2.3 Avaliação do Respirador Adequado para Agentes Químicos

Segundo Torloni (2016), para escolha do respirador adequado para exposição específica de cada agente químico devemos calcular o Fator de Proteção Mínimo Requerido - FPMR ou como também é chamado Fator de Proteção Requerido, calculado pela eq. (1).

$$\text{FPMR} = \frac{\text{Concentração do Contaminante Atmosférico}}{\text{Limite de Tolerância ou TLV.}} \quad (1)$$

Este fator é determinado pela relação entre concentração do contaminante e o limite de tolerância ou TLV que se trata de valor teto que não poderá ser excedido em nenhum momento da jornada de trabalho. (TORLONI, 2016).

O fator de proteção atribuído, ou seja, a proteção fornecida por cada tipo de máscara é indicado na Instrução Normativa SSST/MTb nº 1 de 1994, e reproduzida na figura 3.

Figura 3 –Tabela para Verificação do Fator de Proteção (2016).

TIPO DE RESPIRADOR	TIPO DE COBERTURA DAS VIAS RESPIRATORIAS			
	PEÇA SEMIFACIAL (1)		PEÇA FACIAL INTEIRA	
PURIFICADOR DE AR	10		100	
DE ADUÇÃO DE AR: - MÁSCARA AUTÔNOMA (2)	10		100	
- LINHA DE AR COMPRIMIDO	10		100	
TIPO DE RESPIRADOR	TIPO DE COBERTURA DAS VIAS RESPIRATORIAS			
	PEÇA SEMIFACIAL	PEÇA FACIAL INTEIRA	CAPUZ CAPACETE	SEM VEDAÇÃO FACIAL
PURIFICADOR DE AR MOTORIZADO	50	1000 (3)	1000	25
DE ADUÇÃO DE AR: LINHA DE AR COMPRIDO - DE DEMANDA COM PRESSÃO POSITIVA	50	1000	-	-
- FLUXO CONTÍNUO	50	1000	1000	25
MÁSCARA AUTONOMA (CIRCUITO ABERTO OU FECHADO) - DE DEMANDA COM PRESSÃO POSITIVA	-	(4)	-	-

**NOTAS**

1 - Inclui a peça quarto facial, a peça semi-facial filtrante e as peças semi-faciais de elastômeros.

2 - A máscara autônoma de demanda não deve ser usada para situações de emergência como incêndios.

3 - Os fatores de proteção apresentados são de respiradores com filtros P3 ou sorbentes (cartuchos, químicos pequenos ou grandes). Com

filtros classe P2, deve-se usar Fator de Proteção atribuindo 100 devido às limitações do filtro.

4 - Em situações de emergência, onde as concentrações dos contaminantes possam ser estimadas, deve-se usar um fator de proteção atribuído não maior que 10.000.

5 - O fator de proteção atribuído, não é aplicável para respiradores de fuga.

Fonte: Instrução Normativa SSST/MTb nº 1 (1994).

Ainda como parte da seleção deve-se levar em conta o tempo de local de utilização do Equipamento de Proteção Respiratória - EPR escolhido, sendo que para atividades que necessitam do uso combinado de óculos e períodos mais longos a proteção facial normalmente se torna mais confortável do que o semifacial.

Além da escolha de acordo com concentração e limite de tolerância do contaminado, O EPR deve ajustar-se perfeitamente ao rosto do trabalhador e para isso existem várias marcas e modelos que melhor se adaptam com as características da atividade e do usuário. Para verificar se a o EPR é adequado as características de cada indivíduo é necessário a aplicação de ensaio de vedação. (TORLONI, 2016).

## **2.4 Ensaio de Vedação**

O ensaio de vedação tem a finalidade de avaliar a vedação de um EPR específico em cada indivíduo, selecionando o equipamento mais adequado. O ensaio pode ser qualitativo ou quantitativo, no entanto ambos os métodos devem ser realizados por pessoa competente, ou seja, que tenha conhecimento em Proteção Respiratória. (TORLONI, 2002).

Segundo OSH Act (2016), esses testes são as referências utilizada pela OSHA (Occupational Safety and Health Administration), órgão normativo norte americano na área de saúde e segurança do trabalho. Foi instituído a partir do OSH Act (legislação de segurança do trabalho) no apêndice A do ato 1910.134. Nesse documento estão previstas a realização do teste qualitativo ou quantitativo.

O ensaio qualitativo trata-se de um método baseado na resposta sensorial do trabalhador e são recomendados apenas para máscaras semifacial e quarto facial. No entanto em ausência de equipamento qualitativo pode ser aplicado também a respirador facial inteira desde que o FPMR seja menor que 10. (NBR 12543/1999).

Já o ensaio quantitativo, utiliza instrumento para medir a concentração ou substancia de ensaio, dentro e fora do respirador. (NBR 12543/1999).

O ensaio de vedação deve ser realizado a cada 12 meses ou quando houver alterações das características faciais do trabalhador como, cicatriz na área de vedação, alteração da arcada dentária ou alteração significativa de peso. (TORLONI, 2002).

### **2.4.1 Tipos de Ensaio de Vedação**

#### **2.4.1.1 Ensaio qualitativo com aerossol de solução de sacarina**

O ensaio qualitativo deve ser realizado por profissional que tenha aptidão para realização do teste. Antes de iniciar o ensaio, o funcionário deve receber instruções sobre todo o ensaio de acuidade do paladar, bem como sobre todos os procedimentos do ensaio de vedação. (TORLONI, 2016).

a) Ensaio de acuidade de paladar

O ensaio de acuidade do paladar é realizado com a finalidade de determinar se o usuário consegue detectar o sabor da sacarina em baixas concentrações. O ensaio não deve ser realizado se o usuário tiver comido ou bebido algo doce nos últimos 15 minutos, pois, se assim o fizer, é provável que não consiga detectar o sabor da sacarina. (TORLONI, 2016). O procedimento para a realização do ensaio é reproduzido na figura 4.

#### Figura 4 – Procedimento para Realização de Ensaio de Acuidade do Paladar

1. Para realizar o ensaio de acuidade de paladar e o ensaio de vedação, deve-se usar um capuz que cubra a cabeça e os ombros. O capuz deve ter diâmetro aproximado de 30 cm, altura de 40 cm e pelo menos a parte frontal livre, para não interferir nos movimentos da cabeça do usuário quando estiver utilizando o respirador durante o ensaio de vedação.
2. Na frente do capuz, na altura do nariz e da boca do usuário, deve existir um orifício com diâmetro aproximado de 20 mm para acomodar o bico nebulizador.
3. Durante o ensaio de acuidade de paladar, o usuário (sem o respirador) deve colocar o capuz e respirar com a boca ligeiramente aberta, com a língua estendida.
4. Usando um nebulizador (DeVilbiss Modelo 40 para inalação de medicamentos ou equivalente), a pessoa que conduz o ensaio deve nebulizar a solução de sacarina para o ensaio preliminar, dentro do capuz, não diretamente na boca ou nariz do usuário. Este nebulizador deve estar identificado perfeitamente, para poder ser distinguido do usado com solução para o ensaio de vedação.
5. A solução para o ensaio de acuidade é preparada dissolvendo-se 0,83 g de sacarina sódica (pró-análise) em 100 mL de água morna. Pode ser também preparada colocando-se 1 mL da solução usada para o ensaio de vedação em 100 mL de água destilada (ver adiante o subitem 5 do item b).
6. Para gerar aerossol, o bulbo do nebulizador deverá ser apertado firmemente de modo que uma parede do bulbo se encoste à outra, deixando o bulbo se expandir totalmente. Com a finalidade de poupar o condutor do ensaio, o uso de nebulizador com atuador elétrico é permitido.
7. Dar 10 bombeadas rapidamente e perguntar à pessoa que está com o capuz se está sentindo o gosto da sacarina. Se a pessoa sentir o gosto da sacarina, deve-se interromper o ensaio de acuidade e anotar o número 10 (dez), independentemente do número de bombeadas em que ela percebeu o sabor.
8. Se com dez bombeadas a resposta for negativa, bombear rapidamente mais 10 vezes e repetir a pergunta. Se a pessoa sentir o gosto da sacarina, deve-se interromper o ensaio de acuidade e anotar o número 20 (vinte), independentemente do momento em que ela acusou o sabor.
9. Se a segunda resposta for negativa, bombear rapidamente mais 10 vezes e repetir a pergunta. Se a pessoa sentir o gosto da sacarina, interromper o ensaio de acuidade e anotar o número 30 (trinta), independentemente do momento em que ela percebeu o sabor.
10. A pessoa que conduz o ensaio deve anotar o número de bombeadas necessárias para conseguir uma resposta positiva.
11. Se, com 30 bombeadas (parágrafo 10), a pessoa não sentir o sabor da sacarina, o ensaio de vedação com sacarina não pode ser usado com ela.
12. Se a pessoa conseguir sentir o sabor, deve-se pedir a ela que procure se lembrar dele, porque vai ser usado no ensaio de vedação.
13. Usando corretamente o nebulizador, 1 mL da solução no nebulizador é suficiente para realizar o ensaio de acuidade.
14. Pelo menos a cada quatro horas, lavar bem o nebulizador com água, secá-lo e enchê-lo novamente.

Fonte: Programa de Proteção Respiratória - Fundacentro (2016).

b) “Ensaio de vedação” no respirador escolhido (TORLONI, 2016).

Após o ensaio de Acuidade de Paladar realiza-se o ensaio de vedação do respirador escolhido como primeira opção, onde se define o tipo e tamanho conforme características do trabalhador e experiência do profissional que realizará o teste. Neste momento a escolha é apenas uma estimativa de que aquele respirador será o mais adequado para a pessoa. Apenas após o teste de vedação se define realmente se aquele respirador é ou não adequado.

### Figura 5 – Procedimento para Realização de Ensaio Vedação

1. Pelo menos 15 minutos antes do ensaio de vedação, o usuário não deve comer, beber (água pura é permitida) ou mascar goma.
2. O capuz empregado no ensaio é o mesmo descrito no ensaio de acuidade.
3. O usuário deve colocar o capuz quando já estiver usando o respirador equipado com filtro para partículas classe P1 ou superior, ou uma peça semifacial filtrante classe PFF1 ou superior.
4. Usar um segundo nebulizador, igual ao primeiro, para nebulizar a solução dentro do capuz. Deve estar marcado de modo visível para distingui-lo do usado durante o ensaio de acuidade de paladar.
5. Preparar a solução para o ensaio de vedação, dissolvendo 83 g de sacarina em 100 mL de água morna.
6. O usuário deve respirar com a boca ligeiramente aberta, com a língua ligeiramente para fora, e ficar atento à percepção do sabor da sacarina.
7. Colocar o bico do nebulizador no orifício do capuz e nebulizar a solução para o ensaio de vedação, usando a mesma técnica empregada no ensaio de acuidade de paladar e o mesmo número de bombeadas necessárias para obter a resposta naquele ensaio (10, 20 ou 30 bombeadas). O ensaio é feito, no mínimo, com 10 bombeadas. Com a finalidade de poupar o condutor do ensaio, o uso de nebulizador com atuador elétrico é permitido.
8. Após gerar o aerossol, o usuário deve iniciar a execução dos exercícios.
9. Para manter uma concentração de aerossol adequada durante este ensaio, dar, a cada 30 segundos, a metade do número de bombeadas utilizadas no ensaio de sensibilidade de paladar (5, 10 ou 15).
10. O usuário deve avisar ao condutor do ensaio o instante em que sentir o gosto de sacarina. Se não perceber o sabor doce, o respirador está aprovado. Os resultados devem ser registrados em formulário que contenha, no mínimo, o nome e a assinatura do usuário, data do ensaio, observações (uso de óculos, presença de cicatrizes etc.), características do respirador (fabricante, modelo, tamanho etc.) e o nome do condutor do ensaio. Os formulários devem ser arquivados.
11. Se o gosto de sacarina for detectado, a vedação não foi satisfatória; deve-se procurar outro respirador e recomeçar os procedimentos, inclusive o ensaio de acuidade de paladar.
12. Como o nebulizador tende a entupir durante os exercícios, o condutor do ensaio deve verificar essa ocorrência frequentemente. Se ocorrer entupimento, deverá interromper o ensaio e o considerar inválido, sendo necessário recomeçar os procedimentos. Lavar o nebulizador com água para dissolver os cristais formados. Para desentupir o bico do nebulizador, usar água ou o fio metálico que faz parte do kit de ensaio, de modo a não danificar o bico.

Fonte: Programa de Proteção Respiratória - Fundacentro (2016).

#### **2.4.1.2 Ensaio de vedação quantitativo pelo método do Controle da Pressão Negativa (CNP)**

Este método se baseia no fato que quando o usuário de um respirador inspira um volume e segura a respiração, a pressão negativa gerada dentro da peça facial se manterá constante se não houver vazamentos, desta forma a ocorrência de qualquer vazamento, neste intervalo de tempo, provocará uma diminuição da pressão negativa dentro da peça e por sua vez reduzindo o volume de ar e alterando a pressão dentro do respirador.

Este ensaio de vedação é utilizado em respiradores que operam com pressão negativa, e deve ser utilizado o respirador do próprio usuário, onde serão acaoplados adaptadores que fazem o papel dos filtros,

A medição deve ser feita após cada exercício, onde o usuário fecha a boca e segura a respiração, enquanto uma bomba de vácuo remove o ar de dentro da peça facial, de modo a manter a pressão constante num valor pré-selecionado.

A qualidade e a validade do ensaio dependem da manutenção da pressão dentro da peça facial durante os 5 segundos, que é o tempo que demora a medida da vazão.

O fator de vedação é calculado pelo quociente entre a vazão de ar inalado durante a realização de um trabalho moderado, para a qual é admitida o valor de 53,8 L/min, e a vazão do ar provocada pela bomba de vácuo. O critério de aprovação é de fator de vedação de no mínimo 100 para os respiradores com peça semifacial e 1.000 para os respiradores com peça facial inteira.

Antes de entrar na câmara, a pessoa deve receber instruções completas sobre qual será a sua participação nos ensaios. (TORLONI, 2016).

## Figura 6 – Requisitos para Ensaio de Vedação Método CNP

O usuário deve prender a respiração durante a medida e permanecer absolutamente imóvel, pois caso contrário a medida do vazamento não será confiável. Uma vez que as medidas não podem ser feitas enquanto o usuário executa os exercícios previstos, ele deve parar de se mover e de respirar entre os exercícios enquanto a medida é feita. Este procedimento de teste é substancialmente diferente do protocolo de exercício dinâmico, usado na maioria dos outros métodos de ensaio.

Como o método admite que o ar que penetra na cobertura das vias respiratórias durante o ensaio o faça através da zona de selagem facial, a confiabilidade do método CNP depende de que a válvula de exalação da peça facial esteja vedando perfeitamente na pressão de teste de CNP. Alguns modelos de válvulas de exalação, mesmo quando funcionam corretamente, podem permitir pequenos vazamentos de ar para dentro da peça facial durante este ensaio de vedação. Este vazamento resultaria em um falso baixo fator de vedação.

Por esta razão, o vazamento através da válvula da exalação deve ser eliminado a fim de garantir que o fator de vedação obtido seja relativo somente aos vazamentos devidos à selagem facial.

a) O instrumento deve operar na pressão de 15 milímetros de coluna de água (mm.c.a) e ela não deve ser ajustável.

b) O sistema de detecção de falhas deve ser ajustado em -15 mm.c.a e a vazão de inspiração (volume/minuto) ajustada em 53,8 L/min para a realização do ensaio.

Nota: O instrumento CNP permite conduzir o ensaio de vedação em um determinado nível de esforço desenvolvido durante a atividade laboral. O ajuste do sistema de detecção de falhas em -15 mm.c.a simula a resistência de um filtro químico numa vazão de ar correspondente a um trabalho moderado e permite a comparação da vedação alcançada com respiradores diferentes.

c) O condutor do ensaio deve estar bem treinado para poder conduzir o teste de modo correto.

d) O filtro do respirador deve ser removido e substituído pelo que acompanha o instrumento. A válvula de inalação deve ser temporariamente removida ou mantida aberta.

e) O usuário do respirador deve ser treinado a prender a respiração por, no mínimo, 20 segundos.

f) O usuário deve colocar o respirador sem a ajuda da pessoa que conduz o ensaio.

g) O ensaio deve obedecer aos procedimentos indicados nas Informações Gerais no início deste Anexo, exceto o item Exercícios, que deve ser substituído pelo item descrito adiante. (TORLONI, 2016).

h) O instrumento deve ter um dispositivo de alarme eficiente que avise o condutor quando o usuário do respirador não conseguir prender a respiração durante o ensaio. O ensaio deve ser suspenso toda vez que o usuário não conseguir manter a respiração presa.

i) Se o respirador for aprovado, o registro dos ensaios deve ser guardado em arquivo. Deve conter o nome do usuário, o fator global de vedação, o fabricante, o modelo, tipo e tamanho do respirador, a data do ensaio, o nome do condutor do ensaio e o ensaio adotado.

Fonte: Programa de Proteção Respiratória - Fundacentro (2016).

Figura 7– Exercícios do Ensaio de Vedação Método CNP

- a) Respirar normalmente. De pé, na posição normal, sem falar, o usuário deve respirar normalmente durante 1 minuto. Após esse período, manter a cabeça voltada para frente e prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição.
- b) Respirar profundamente. O usuário, na posição normal, deve respirar devagar e profundamente por um minuto, mas sem hiperventilar. Após esse período, manter a cabeça voltada para frente e prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição.
- c) Mover a cabeça de um lado para outro. O usuário, de pé, sem sair do lugar, deve mover devagar a cabeça, completamente, de um lado para o outro durante 1 minuto, mantendo momentaneamente a cabeça parada em cada extremidade enquanto inala em cada lado. Não deixar o respirador bater nos ombros. Após esse período, manter a cabeça totalmente voltada para o lado esquerdo e prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição. A seguir manter a cabeça totalmente voltada para o lado direito e prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição.
- d) Mover a cabeça para cima e para baixo. O usuário, de pé, sem sair do lugar, deve movimentar devagar a cabeça para cima e para baixo. Inalar somente enquanto a cabeça estiver voltada para cima (olhando para o teto). Não deixar o respirador bater no peito. Após esse período, manter a cabeça totalmente voltada para cima e prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição. A seguir, manter a cabeça totalmente voltada para baixo e prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição.
- e) Falar. Ler devagar um trecho indicado ou falar de modo que o condutor do ensaio ouça claramente ou contar retroativamente a partir de 100. Após esse período, manter a cabeça voltada para frente e prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição.
- f) Careta. Fazer careta, franzir a testa ou sorrir por 15 segundos.
- g) Curvar-se. O usuário deve tentar tocar os pés com as mãos durante um minuto. O exercício de curvar-se deve ser substituído por correr devagar no mesmo lugar, quando não for possível aquele movimento. Após esse período, prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição.
- h) Respirar normalmente. O usuário deve retirar e colocar o respirador durante um minuto. Então, na posição normal, sem falar, o usuário deve respirar normalmente por 1 minuto. Após esse período, manter a cabeça voltada para frente e prender a respiração por 10 segundos, durante os quais é feita a medição. Depois dos exercícios, o usuário deve ser questionado pela pessoa que conduz o ensaio sobre o conforto do respirador. Se for considerado inaceitável, deve ser experimentado outro modelo.

Fonte: Programa de Proteção Respiratória - Fundacentro (2016).

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho será baseado num estudo qualitativo e quantitativo dos métodos de ensaio de vedação para respiradores, aplicados na atividade de operacional de gerenciamento de resíduos de uma indústria petroquímica.

O estudo será realizado no Polo Petroquímico do Sul, que é formado por um conjunto de empresas do setor petroquímico implantado na cidade de Triunfo, Rio Grande do Sul, no início dos anos 80, contando com uma área verde perimetral de quase 4 mil hectares.

O Polo Petroquímico de Triunfo possui mais de 6 mil funcionários distribuídos em 8 empresas de grande porte. Entre os produtos gerados no Polo, estão petroquímicos básicos, elastômeros, poliestireno, polietileno, polipropileno, solventes, borracha sintética e gases industriais. O Polo Petroquímico do Sul está localizado às margens da BR-386, a 26 km do município de Triunfo (MICHALSKI, 2011).

A empresa de gestão ambiental objeto de estudo deste trabalho atua como contratada no setor Químico e Petroquímico, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia e Rio Grande do Sul, com foco na valorização do meio ambiente e na gestão de resíduos, realizando desde controles documentais e operacionais até a homologação e qualificação dos receptores finais. Atua também na limpeza de bacias, tanques, canaletas e equipamentos industriais diversos.

A atividade realizada, nesta empresa contempla toda gestão de resíduos que atualmente conta com 52 funcionários divididos e equipe técnica, formada por engenheiros, técnicos e equipe operacional, formada por operadores de equipamentos e auxiliares operacionais.

A equipe técnica atua na gestão de pessoas, controle de documentos gestão de requisitos legais e inspeções de campo.

A equipe operacional atua na coleta, segregação, triagem, pesagem, manuseio (para alguns resíduos específicos), e armazenamento temporário de resíduos. Nas etapas de coleta, pesagem em armazenamento de resíduos, os mesmos estão acondicionados em tambores fechados sem exposição ao contaminante. No entanto nas etapas de segregação, triagem e manuseio ocorre a abertura dos tambores com exposição a vapores orgânicos contendo nos resíduos perigos.

Foram avaliados 108 ensaios de vedação no método com aerossol de solução de sacarina, além dos documentos do sistema de gestão ambiental da Organização analisada, bem como, a consulta à legislação, aos manuais de proteção respiratória e acompanhamento das atividades em campo para acompanhamento do processo.

Já no método quantitativo, foram analisados 39 ensaios previamente realizados, no método de Controle da Pressão Negativa (CNP).

Os materiais utilizados na verificação deste projeto foram os resultados dos testes de vedação realizados entre os períodos de novembro de 2013 a setembro de 2016 na organização analisada.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Esse estudo possibilitou o acompanhamento da atividade, discutindo e reavaliando método de trabalho para reduzir a exposição dos trabalhadores aos contaminantes. A etapa na qual se evidenciou o maior período de exposição foi a de manuseio de resíduos, que consiste em passar os resíduos da embalagem coletada na fonte geradora para outro recipiente para destinação final.

Neste sentido, o primeiro passo foi conhecer o processo para substituir a embalagem utilizada na área geradora, de forma que, fosse fornecida a embalagem apropriada para destinação. Este acompanhamento ocorreu no período de 12 a 30 de setembro de 2016 e possibilitou de forma imediata a alteração do processo de fornecimento do recipiente e por sua vez, evitando o manuseio do resíduo oleoso, que representa aproximadamente 40 % dos resíduos manuseados no mês. Desta forma, se trabalhou no conceito definido no início do trabalho que busca primeiramente evitar a exposição do trabalhador ao agente.

Como não foi possível eliminar totalmente as operações que geram exposição dos trabalhadores, foi mantido o processo de utilização de respiradores, avaliando se os mesmos atendem os critérios de acordo com a atividade, cenário, período de exposição.

Nesse intuito, e após o estudo teórico, bem como, no acompanhamento da atividade, e analisando as questões ergonômicas na realização da mesma, pôde-se com isso definir em conjunto com a equipe envolvida que: para atividades de média e longa duração, seria mais indicada a utilização da máscara facial inteira e, que para atividades de curta duração a máscara semifacial seria a mais indicada.

Esta escolha busca o conforto dos funcionários na realização de suas tarefas e para isso definimos como atividades de média e longa duração, o período de utilização do respirador por mais de duas horas da jornada diária e, como período de curta duração, uma utilização de até duas horas.

Em relação da avaliação dos documentos foi possível analisar 147 resultados de testes anteriores, de novembro de 2013 a setembro 2016, sendo que nos meses de agosto e setembro foram acompanhados também os testes de forma prática.

Conforme a tabela abaixo, a amostragem de teste qualitativo foi 4 vezes maior do que o teste quantitativo, isso ocorreu devido ao custo mais acessível para realização do teste, sendo que uma vez adquirido o aparelho não necessita manutenção e a substância utilizada para o teste é fornecida de forma gratuita pelo fabricante do equipamento, além de ser portátil e sem necessidade de energia elétrica, podendo assim, facilmente ser utilizada em frentes de trabalho.

O aspecto negativo deste teste é o tempo de execução e o fato de ser necessário solicitar que o trabalhador execute várias ordens, o que por sua vez se torna desgastante e pode contribuir para a ocorrência de falsos resultados.

Por sua vez, o teste qualitativo exige um alto investimento inicial, manutenções periódicas, energia elétrica e equipamento de impressão interligado, porém esse teste elimina os falsos resultados além de levar aproximadamente a metade do tempo do teste qualitativo.

As máscaras utilizadas eram dos tamanhos pequeno, médio e grande. Inicialmente todos os funcionários receberam máscaras do tamanho médio. Com a aplicação da avaliação qualitativa em todos os ensaios realizados houve a aprovação do uso da máscara, não havendo necessidade de troca de tamanho da máscara ou do modelo da máscara fornecida.

Posteriormente foi realizado o ensaio aplicando o método quantitativo e das 39 pessoas avaliadas, 9 tiveram que trocar as máscaras do tamanho por médio por outro tamanho (5 usuários para tamanho P e 4 para tamanho M), pois foram reprovados no ensaio quantitativo utilizando a máscara tamanho M. O índice de reprovação foi da ordem de 23,1% dos trabalhadores testados.

<b>Ensaio X Tamanho do Respirador</b>	<b>P</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>Quantidade Avaliada</b>	<b>% de Variação de Tamanho</b>
Ensaio Qualitativo	0	108	0	108	0
Ensaio Quantitativo	5	30	4	39	23,1

Um fator que pode ter contribuído para esse resultado é fato de que o teste qualitativo leva em torno de 30 minutos para execução, além de exigir vários

movimentos e atitudes do usuário conforme método citado no referencial teórico, sendo que, se o trabalhador informar que não sentiu o gosto da sacarina, o teste se encerra, mas se sentir terá que o repetir com outro respirador e assim por diante, até conseguir um resultado satisfatório.

Desta forma, percebe-se um desconforto por parte dos trabalhadores que buscam a finalização do teste o mais rápido possível. Sendo necessária a conscientização do funcionário e seriedade na execução do teste para que falsos resultados não ocorram.

O teste poderia ser realizado com outras substâncias, já que a sacarina, pode estar familiarizada com o paladar do trabalhador e não ser perceptível. A norma prevê a utilização do óleo de banana, do bitrex, entre outros.

Assim, com base nos estudos apresentados, sugerimos a utilização do ensaio qualitativa como última opção de escolha e apenas para trabalhos eventuais, com poucos funcionários expostos e onde o investimento no equipamento de ensaio quantitativo se tornasse algo impeditivo para a realização do teste.

Já o ensaio quantitativo por não depender da percepção do indivíduo, e fornecer um valor numérico independente da percepção do trabalhador, demonstrou ser mais efetivo e seguro, devendo ser o utilizado como primeira opção para garantir a saúde e integridade física do trabalhador. Além disso é um teste mais rápido para o usuário.

## **5 CONCLUSÃO**

Por fim, pode-se concluir que com base nos estudos realizados das máscaras faciais e semifaciais, bem como, no acompanhamento da atividade de manuseio, na observação das questões ergonômicas, e principalmente na análise comparativa dos testes de vedação de ensaio, pôde-se com isso definir em conjunto com a equipe envolvida e com um maior grau de confiabilidade, que cada respirador apresenta características próprias, que melhor se adaptam a situações distintas, cabendo aos respiradores faciais o uso em atividades de média e longa duração e os semi faciais para as operações de curta duração em função do primeiro apresentar maior conforto e reduzir a sobre posição de EPI's quando necessário a utilização de óculos de segurança para realização das atividades.

Em relação aos ensaios de vedação sugere-se o uso do método quantitativo sempre que viável economicamente e com o intuito de garantir uma maior segurança dos usuários, visto que os ensaios qualitativos, embora com menor custo e maior acessibilidade, apresentaram fragilidade em função principalmente da percepção do usuário e do tempo gasto para a realização do teste.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 13.697**: equipamentos de proteção respiratória – Filtros para partículas. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12.543**: equipamentos de proteção respiratória – terminologia. Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 6**: equipamento de proteção individual - EPI. Brasília, DF, 1978. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Instrução Normativa nº 1**, Brasília, DF, 1994. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/instrucoes\\_normativas/1994/in\\_19940411\\_01.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/instrucoes_normativas/1994/in_19940411_01.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2016.

COZMAN, Cássio Gagliardi. - **Análise do uso do EPI máscara facial filtrante para proteção contra agentes biológicos transmitidos por bioaerossóis em relação ao uso da máscara cirúrgica** – São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/bibliotecadigital?P=m%C3%A1scara&qp=10>> Acesso em: 18 set. 2016.

Guia de seleção de Respiradores 3M, 2011. Disponível em: <<http://multimedia.3m.com/mws/media/779940O/guia-de-selecao-respiradores.>>> Acesso em: 12 set. 2016.

**Introdução a Higiene Ocupacional**. São Paulo Fundacentro, 2004. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/>> Acesso em: 12 set. 2016.  
MICHALSKI, J. F. **GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS: Identificação de oportunidades de melhorias na gestão de resíduos**. Canoas RS. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso, ULBRA, 2011.

Occupational Safety and Health Standards - Fit Testing Procedures (Mandatory). Disponível em: <[https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARD\\_S&p\\_id=9780](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARD_S&p_id=9780)>. Acesso em: 02 nov. 2016.

TORLONI, **Programa de proteção respiratória**. - 1. ed. - São Paulo: Fundacentro, 2003. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/>> Acesso em: 12 set. 2016.

TORLONI, **Programa de proteção respiratória**. - 4. ed. - São Paulo: Fundacentro, 2016. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/>> Acesso em: 12 set. 2016.

### Anexo A – Informações Básicas para Seleção dos EPR

A) Todas as substâncias tóxicas existentes na empresa foram listadas, bem como o uso de cada uma delas?	Sim: 5	Não: 0
B) As substâncias tóxicas em uso foram identificadas e as suas concentrações foram determinadas de modo apropriado?	Sim: 5	Não: 0
C) Foram determinadas, no último ano ou com uma frequência adequada, as concentrações dos contaminantes (confirmar as informações consultando os laudos)?	Sim: 5	Não: 0
D) É conhecido o limiar de odor, se aplicável, das substâncias listadas no item A?	Sim: 5	Não: 0
E) É conhecido o limite de exposição ou outros índices da toxicidade das substâncias listadas no item A?	Sim: 5	Não: 0
F) A concentração IPVS das substâncias listadas no item A é conhecida?	Sim: 5	Não: 0
G) É conhecido o potencial de irritação dos olhos das substâncias listadas no item A?	Sim: 5	Não: 0
H) Foram identificados os trabalhadores, por atividade, bem como as características das tarefas, duração, frequência e demanda física?	Sim: 5	Não: 0
I) São conhecidas as condições de temperatura, umidade relativa e pressão do ambiente de trabalho?	Sim: 5	Não: 0
J) É conhecido o nível de esforço em cada atividade?	Sim: 5	Não: 0
I) Todos os espaços confinados foram identificados?	Sim: 5	Não: 0
Total possível de pontos:	55	
Total obtido:	<input type="text"/>	

Fonte: Programa de Proteção Respiratória - Fundacentro (2016).

### Anexo B – Seleção de Respiradores

A) Existe um critério lógico para selecionar a classe apropriada de respirador para cada situação de risco?	Sim: 20	Não: 0
B) No critério de seleção constam os itens:		
1) risco de incêndio?	Sim: 5	Não: 0
2) deficiência de oxigênio?	Sim: 5	Não: 0
3) uso em emergências?	Sim: 5	Não: 0
4) concentração média dos contaminantes e respectivas faixas?	Sim: 5	Não: 0
5) situações IPVS?	Sim: 5	Não: 0
6) irritação dos olhos?	Sim: 5	Não: 0
7) fator de proteção atribuído?	Sim: 5	Não: 0
8) natureza dos contaminantes (poeira, névoa, fumos, gás, vapor)?	Sim: 5	Não: 0
9) tamanho das partículas contendo sílica cristalizada?	Sim: 5	Não: 0
10) uso somente para escape?	Sim: 5	Não: 0
11) as propriedades de alerta das substâncias estão abaixo do LE?	Sim: 5	Não: 0
12) é conhecida a vida útil dos filtros químicos?	Sim: 5	Não: 0
13) se existem misturas de contaminantes, qual é o LE utilizado?	Sim: 5	Não: 0
14) é conhecida a inflamabilidade dos contaminantes (limite inferior de explosividade - LIE)?	Sim: 5	Não: 0
15) efeitos à saúde devido a superexposição?	Sim: 5	Não: 0
Total possível de pontos:	95	
Total obtido:	<input type="text"/>	

Fonte: Programa de Proteção Respiratória - Fundacentro (2016).

### Anexo C – Questionário para Qualificação de Ensaio de Vedação

A) Os ensaios de vedação são realizados por pessoa qualificada?	Sim: 10	Não: 0
B) Os usuários conseguem mostrar como se faz a verificação de vedação pelo teste de pressão negativa ou positiva?	Sim: 10	Não: 0
C) Nos ensaios de vedação qualitativos:		
1) os usuários compreendem qual é o objetivo do ensaio?	Sim: 10	Não: 0
2) são usados somente os métodos recomendados pela Fundacentro?	Sim: 10	Não: 0
3) são obedecidos os procedimentos de ensaio?	Sim: 10	Não: 0
4) antes do ensaio de vedação é feito o ensaio de sensibilidade olfativa/sabor?	Sim: 10	Não: 0
5) o usuário tem a possibilidade de escolha (modelo e tamanho) do respirador?	Sim: 10	Não: 0
6) os registros dos ensaios de vedação qualitativos estão disponíveis?	Sim: 10	Não: 0
D) Nos ensaios de vedação quantitativos:		
1) os usuários compreendem qual é o objetivo do ensaio?	Sim: 10	Não: 0
2) o equipamento de teste obedece às especificações?	Sim: 10	Não: 0
3) o equipamento funciona bem e está em bom estado?	Sim: 10	Não: 0
4) estão disponíveis diversos tamanhos e modelos de respiradores?	Sim: 10	Não: 0
5) os registros dos ensaios de vedação estão disponíveis?	Sim: 10	Não: 0
Total possível de pontos:	130	
Total obtido:	<input type="text"/>	

Fonte: Programa de Proteção Respiratória - Fundacentro (2016).

### Anexo D – Tabela de Consulta dos Resultados

Item do PPR	Total possível de pontos	Pontos obtidos	Escala de avaliação (ver abaixo)
I	50	0 - 20	1
		21 - 30	2
		31 - 40	3
		41 - 50	4
II	55	0 - 20	1
		21 - 30	2
		31 - 40	3
		41 - 55	4
III	95	0 - 40	1
		41 - 60	2
		61 - 85	3
		86 - 95	4
IV	60	0 - 12	1
		13 - 36	2
		37 - 48	3
		49 - 60	4
V	130	0 - 50	1
		51 - 70	2
		71 - 95	3
		96 - 130	4
VI	45	0 - 20	1
		21 - 30	2
		31 - 40	3
		41 - 45	4
VII	20	0 - 5	1
		6 - 10	2
		11 - 15	3
		16 - 20	4
Todos os itens	455	0 - 180	1
		181 - 275	2
		276 - 375	3
		376 - 455	4

#### Avaliação final:

1. Inaceitável
2. Sérias deficiências
3. Algumas deficiências
4. Aceitável

Sinalização dos Resultados pertinentes aos questionários de qualificação

Fonte: Programa de Proteção Respiratória - Fundacentro (2016).