

ESTRATÉGIAS DE IMPLANTAÇÃO DOS CONTROLES AMBIENTAIS PARA PREVENIR A DISSEMINAÇÃO DA TUBERCULOSE HOSPITALAR

STRATEGIES FOR IMPLEMENTATION OF ENVIRONMENTAL CONTROLS TO PREVENT THE SPREAD OF TUBERCULOSIS IN HEALTH-CARE SETTINGS

ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES AMBIENTALES EN LA PREVENCIÓN DE LA PROPAGACIÓN DE LA TUBERCULOSIS EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD

Vania Regina Goveia¹
 Silma Maria Cunha Pinheiro Ribeiro¹
 Eduardo Alexandrino Sérvo de Medeiros²
 Antonio Carlos Campos Pignatari³
 Relato de experiência

RESUMO

A transmissão intra-hospitalar da tuberculose consiste em um problema de saúde ocupacional, e as medidas de controle efetivas incluem os controles ambientais que visam prevenir a disseminação dessa doença e reduzir as partículas infecciosas aéreas. Trata-se de um estudo descritivo, realizado com o objetivo de descrever a estrutura necessária para implantar e operacionalizar uma unidade de isolamento para tuberculose com pressão negativa do ar. A unidade foi projetada com um sistema de climatização com controle de temperatura de 22 ± 2 °C, recirculação do ar, filtragem HEPA, 20 trocas de ar por hora e pressão negativa. Após a reforma da unidade e a implantação dos controles ambientais, o funcionamento do isolamento respiratório foi monitorizado por 12 meses. As ocasiões em que a pressão negativa se tornou neutra foram identificadas pelos manômetros nos quartos e nos filtros, indicando a saturação deles e sua substituição. Em seguida, a pressão negativa foi restabelecida. O investimento para a implantação do isolamento foi de 75 mil dólares e o custo mensal de manutenção, 550 dólares. A unidade requer gerenciamento apropriado para assegurar a proteção dos profissionais da saúde e demais pacientes.

Descritores: Tuberculose Pulmonar; Isolamento de Pacientes; Risco Ocupacional; Ar Condicionado.

ABSTRACT

The nosocomial transmission of tuberculosis is a serious occupational health problem. An effective prevention of this disease includes environmental measures to avoid its dissemination and to reduce the amount of droplet nuclei in the air. It is a descriptive study that aimed to describe the necessary structure for the implementation of an isolation room with negative air pressure for patients with tuberculosis. The units were projected with HVAC system with temperature control at 22 ± 2 °C, air recirculation system, HEPA filters, twenty two air changes per hour and negative air pressure. After repairs and the implementation of the environmental control the functioning of the respiratory isolation was monitored for 12 months. In the event of the negative air pressure becoming neutral the manometers in the room would display the filters saturation level and the need for their replacement. Soon after that the negative air pressure could be restarted. The isolation unit implementation required an investment of US\$ 75,000.00 being the monthly repair cost US\$ 550.00. The respiratory isolation unit requires specific management strategies so as to ensure the protection of healthcare workers and patients.

Keywords: Pulmonary Tuberculosis; Patient Isolation; Occupational Risk; Air Conditioning.

RESUMEN

La transmisión intrahospitalaria de la tuberculosis es un problema de salud en el trabajo y las medidas efectivas de control incluyen controles ambientales destinados a prevenir la diseminación de la enfermedad y reducir la cantidad de partículas infecciosas en el aire. Este estudio se realizó con el objetivo de describir la estructura necesaria para implementar y operar una unidad de aislamiento para la tuberculosis con presión de aire negativa. La unidad fue diseñada con un sistema de climatización con control de temperatura de 22 ± 2 °C, recirculación del aire, filtros HEPA, veinte cambios de aire por hora y presión negativa. Después del proceso de reforma e implementación de los controles ambientales, el funcionamiento del aislamiento respiratorio fue monitoreado durante doce meses. Las ocasiones en que la presión negativa se convirtió en neutra fueron identificadas por manómetros en las habitaciones y en los filtros, señalando saturación y necesidad de sustitución. En seguida, la presión negativa fue restablecida. La inversión para instalar el aislamiento fue de US\$ 75.000,00 y el costo de mantenimiento mensual es de US\$ 550,00. La unidad requiere estrategias de gestión adecuadas para garantizar la protección de los profesionales de la salud y de los pacientes.

Palabras clave: Tuberculosis Pulmonar, Aislamiento de Pacientes, Riesgo Ocupacional, Aire Acondicionado.

¹ Professora adjunta do Departamento de Enfermagem Básica da Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais (ENB-EE-UFGM).

² Professora adjunta da Disciplina de Infectologia do Departamento de Doenças Infecciosas e Parasitárias da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (DIPA-EPM-UNIFESP).

³ Professor titular da Disciplina de Infectologia do Departamento de Doenças Infecciosas e Parasitárias da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (DIPA-EPM-UNIFESP).

Endereço para correspondência – Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais (EE-UFGM), Departamento de Enfermagem Básica, Rua Alfredo Balena, 190. CEP 30130100. Belo Horizonte-MG. Telefones: (031) 3409-9854; (031) 3786-2738; (031) 9691-6122. E-mail: vaniagoveia@uol.com.br; vaniagoveia@ufmg.br.

INTRODUÇÃO

A tuberculose constitui grave problema de saúde no mundo inteiro. A estimativa da Organização Mundial da Saúde (OMS) é de que um terço da população mundial esteja infectada pelo *Mycobacterium tuberculosis*. Vinte e dois países são responsáveis por 80% dos casos de tuberculose no mundo, e o Brasil ocupa o 15º lugar nesse ranking. A incidência anual de casos no Brasil é de 48 por 100 mil habitantes.^{1,2}

A disseminação do *Mycobacterium tuberculosis* ocorre pelas partículas aéreas geradas pela tosse ou espirro de pessoas com tuberculose pulmonar ou laríngea. Essas minúsculas partículas infecciosas, que medem de 1 a 5 µm, podem permanecer suspensas no ar por longos períodos de tempo e ser transportadas através de correntes de ar, podendo atingir os alvéolos pulmonares de pessoas suscetíveis e causar infecção ou doença. O risco para uma pessoa tornar-se infectada depende da concentração de partículas no ar e da duração da exposição ao ar contaminado. Após a contaminação pelo *Mycobacterium tuberculosis*, a pessoa pode permanecer infectada por vários anos ou para o resto da vida, a menos que seja tratada. Apenas 5% a 10% das pessoas infectadas desenvolverão a doença clínica. A maioria permanece assintomática, e a única evidência da infecção é o teste tuberculínico positivo.³

O risco ocupacional de profissionais da saúde se infectarem pelo *Mycobacterium tuberculosis* nas unidades assistenciais foi documentado por investigações de surtos ocorridos na década de 1990. A ocorrência da contaminação foi associada ao atraso no início do isolamento dos pacientes com tuberculose pulmonar, bem como a práticas assistenciais inadequadas, a saber, ventilação imprópria do local, falha na manutenção do sistema de ventilação e falta de proteção respiratória para os profissionais envolvidos com a assistência.⁴⁻⁹ Em estudo multicêntrico brasileiro, identificou-se alto risco ocupacional para tuberculose com taxa de prova tuberculínica positiva de 63,1%, que foi associada à ausência de medidas de biossegurança nos hospitais.¹⁰

A magnitude do risco de infecção pode variar conforme as características da instituição, a prevalência de tuberculose na comunidade, as características dos pacientes atendidos, o grupo de profissionais da saúde, a unidade assistencial onde os profissionais da saúde trabalham e a efetividade das intervenções para o controle da tuberculose. O risco pode ser maior nas áreas onde os pacientes com tuberculose são assistidos antes do diagnóstico, antes do início do tratamento e onde não estão disponíveis as medidas de prevenção e controle. Em vários estudos sugere-se que o controle da disseminação da tuberculose nas unidades de saúde pode ser associado à adesão às medidas de controle de infecção padronizadas, porém o fato de várias medidas terem sido implantadas simultaneamente impossibilitou avaliar a efetividade de cada intervenção.^{3,11}

Os controles ambientais para áreas de risco de exposição ao *Mycobacterium tuberculosis* visam prevenir a

disseminação e reduzir a concentração de partículas infecciosas e incluem: controle da fonte infecciosa usando exaustão local, diluição e remoção do ar contaminado pela ventilação geral, controle da direção do fluxo de ar para prevenir a contaminação de áreas adjacentes e limpeza do ar por meio de filtragem.³ A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) avaliou a adequação das unidades de isolamento respiratório dos hospitais brasileiros de referência do Sistema Único de Saúde (SUS). Entre 47 hospitais, apenas 10 dispunham de infraestrutura apropriada com pressão negativa e filtragem HEPA (*high efficiency particulate air*) do ar.¹²

Apesar das recomendações nacionais e internacionais^{3,13,14} de isolamento respiratório com pressão negativa do ar como medida de controle da disseminação de doenças de transmissão por aerossóis, em nosso meio, não há regulamentação ou legislação que oriente os gestores de instituições de saúde para a criação e a manutenção de isolamento respiratório.

Independentemente da regulamentação, considera-se essencial avaliar o risco de transmissão de tuberculose em instituições de saúde para o planejamento e a implantação de isolamento respiratório com pressão negativa do ar. Diante desse contexto, optou-se por realizar este estudo, com o objetivo de descrever a estrutura necessária para a implantação e a operacionalização de uma unidade de isolamento respiratório para tuberculose, fundamentado nas recomendações do Centro de Prevenção e Controle de Doenças do Departamento de Saúde norte-americano – Centers for Disease Control and Prevention, Department of Health and Human Services (CDC-DHHS)³ –, bem como definir e recomendar estratégias para a estruturação e a utilização dos controles ambientais na prevenção da disseminação da tuberculose intra-hospitalar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo descritivo do funcionamento de uma unidade nova de isolamento respiratório com pressão negativa do ar e filtragem HEPA, que foi monitorizada durante o período de 12 meses. Esta unidade de isolamento com 8 leitos foi projetada e implantada com um sistema de climatização com a recirculação do ar que incluiu: o condicionamento com controle de temperatura, a filtragem HEPA, o controle de velocidade e a pressão negativa, tendo como referência a American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) e o Centers for Disease Control and Prevention (CDC).^{3,15}

Descrição do sistema de climatização da unidade

O sistema foi projetado nas limitações da área física, que não permitia a exaustão do ar no piso ou no lado oposto ao insuflamento. Portanto, o insuflamento e a exaustão foram instalados na mesma parede e configurados de forma a obter o fluxo adequado do ar dentro dos quartos, prevenindo sua estagnação ou o curto-

circuito. As grelhas foram instaladas a 30 cm do forro para proporcionar o fluxo do insuflamento horizontal, direcionando para a parede oposta e com um padrão de difusão de 360°, de modo a condicionar o ambiente e retornar para a grelha de exaustão.

Aproximadamente 20% do ar da exaustão foi projetado para ser descarregado para o lado de fora após a passagem pelo conjunto de filtros e substituído por ar fresco externo, que se mistura com 80% do restante que não foi descarregado. Esse ar passa pelo conjunto de filtros no ducto de insuflamento, permitindo a recirculação do ar sem contaminação. A filtragem HEPA do ar remove 99,97% das partículas com diâmetro $\geq 0,3 \mu\text{m}$ em suspensão e foi instalada nos ductos de insuflamento e de exaustão. Para prolongar a vida útil do filtro HEPA, denominado filtro absoluto (A) na classificação descrita por Goveia,^{3,16} foram utilizados dois tipos de pré-filtros – grosso (G) e fino (F) –, sendo o conjunto do insuflamento formado por filtro **G2**, filtro **F2** e filtro **A1**. O conjunto de filtros da exaustão formado por filtro **G2**, filtro **F2** e filtro **A3**.

Foram instalados, nos sistemas de filtros do insuflamento e da exaustão do ar, manômetros diferenciais tipo **U** para fornecer dados exatos e objetivos da perda de carga dos filtros que indica a saturação e a necessidade de troca quando esta é igual a 2,5 vezes a perda da carga inicial.

A taxa de ventilação expressa em número de trocas de ar por hora foi estabelecida em razão das necessidades do sistema de climatização para mover e resfriar o ar entre 22 e 23 trocas de ar por hora, em cada quarto de isolamento, e a temperatura em $22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. A pressão negativa foi estabelecida com o balanceamento do fluxo de exaustão maior do que o fluxo do insuflamento do ar, considerando a abertura e o fechamento das portas durante a entrada e a saída de pessoas nos quartos; e, ainda, uma antessala em cada quarto para reduzir o escape de partículas. Foram instalados manômetros na parede interna de cada quarto para monitorizar a pressão negativa.

Monitorização do funcionamento do isolamento respiratório

A monitorização foi realizada pelo registro dos dados em impressos específicos por um período de 12 meses. As medidas de temperatura e pressão no interior de cada quarto foram tomadas diariamente e registradas. Caso o manômetro indicasse pressão neutra ou positiva, o técnico da empresa de engenharia deveria ser solicitado para a manutenção do sistema.

Foi elaborado um cronograma de manutenção preventiva mensal, executado pelo técnico da empresa de engenharia, que consistia em: inspeção do filtro de ar do condicionador; verificação de correias, polias, fios e cabos; leitura das temperaturas e pressões dos quartos no controlador eletrônico, dos manômetros diferenciais dos filtros e da pressão de baixa e alta do circuito frigorífico; medições de correntes e tensões elétricas;

e limpeza externa dos gabinetes e painéis elétricos. As manutenções preventivas mensais e as manutenções corretivas foram registradas.

RESULTADOS

Controles ambientais

Pressão negativa do ar

Por meio da leitura diária dos manômetros dos quartos de isolamento, foi detectada, em duas ocasiões, a pressão neutra no 4º e no 11º mês de funcionamento. O serviço de manutenção especializada foi solicitado para a averiguação do sistema. Na primeira ocasião, foi realizada a troca do filtro classe G2 do conjunto de filtros da exaustão do ar, sendo restaurada a pressão negativa. Na segunda ocasião, foi realizada a troca dos filtros G2 e F2 do ducto de exaustão do ar, dada a saturação deles, também indicada pela leitura do manômetro em **U**, instalado no conjunto de filtros. Novamente a pressão negativa foi restaurada em todos os quartos da unidade de isolamento.

Após a primeira manutenção corretiva, no quarto mês de funcionamento, decidiu-se, com a equipe de engenharia, a troca do filtro grosso do conjunto de exaustão a cada três meses, a fim de preservar o funcionamento adequado do sistema.

Ao término de 12 meses, observou-se que o conjunto de filtros do insuflamento não apresentou saturação, não indicando substituição. Assim, foi estabelecida a periodicidade de troca dos filtros, juntamente com a equipe de engenharia, para o conjunto da exaustão: filtro grosso a cada 3 meses; filtro fino a cada 12 meses e filtro absoluto a cada 20 meses. Para o conjunto de filtros do insuflamento de ar, foi estabelecido o prazo de 20 meses, além da averiguação dos manômetros em **U** durante as manutenções preventivas.

Temperatura

A temperatura foi mantida em $22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Manutenção preventiva, corretiva e troca dos filtros

O cronograma de manutenção preventiva foi cumprido com visitas técnicas mensais de inspeção, medição e limpeza externa. As corretivas foram realizadas conforme a necessidade identificada na preventiva ou quando solicitada pelo enfermeiro responsável pela unidade de isolamento.

A troca de filtros foi determinada por dois indicadores independentes: manômetro dos quartos indicando pressão neutra ou positiva e manômetro diferencial em **U** mostrando perda da carga dos filtros. Entretanto, a periodicidade para as trocas foi estabelecida como medida de segurança para manter a pressão negativa.

Investimento para a implantação dos controles ambientais

O investimento na reforma da enfermaria para instalar a unidade de isolamentos respiratórios com pressão negativa do ar gerou o custo de 75 mil dólares, incluindo todo o sistema de climatização. O contrato de manutenção preventiva mensal com a empresa de engenharia especializada, que incluiu as trocas dos filtros, quando necessárias, teve o custo de 550 dólares.

DISCUSSÃO

A unidade foi estruturada à luz das recomendações internacionais, mas ajustada à realidade física institucional em questão. O sistema de ventilação implantado combinou a recirculação do ar com a filtragem HEPA, renovação em torno de 20 trocas por hora, pressão negativa e climatização em 22°C para o conforto de pacientes e profissionais. Dessa forma foi possível utilizar um equipamento comercial unitário de expansão direta e diminuir a carga térmica, minimizando o custo da implantação, bem como o consumo de energia elétrica e o espaço para a instalação de equipamentos.

A verificação sistemática da pressão negativa foi uma forma de assegurar um ambiente apropriado para os profissionais da saúde. Vários hospitais que investigaram a ocorrência de surtos de tuberculose ocupacional não monitorizavam rotineiramente a pressão e identificaram falhas na manutenção da pressão negativa do ar.^{4,5,7,17,18} Esses resultados reforçam a importância da monitorização da pressão negativa, pois existem fatores ambientais que interferem na saturação dos filtros, tais como localização, tráfego de pessoas e quantidade de poeira ambiental. Nesse contexto foi estabelecida a periodicidade de troca dos filtros.

Os custos para a implantação de controles ambientais em cinco hospitais americanos foram avaliados pelo CDC e estão muito acima do investimento empregado à unidade do estudo. A renovação da planta física para novas construções foi de 163 mil dólares (variação de 45 mil a 524 mil dólares); a aquisição de novos equipamentos foi de 70 mil dólares (variação de 31 mil a 93 mil dólares). Um desses hospitais reformou uma unidade com dez quartos destinados à tuberculose pelo custo de 484 mil dólares, incluindo as mudanças no sistema de ventilação central. Outro investiu 42 mil dólares para converter o sistema de ventilação existente, para pressão negativa, em dois quartos para tuberculose.¹⁹ O custo da unidade do estudo foi menor para a renovação da planta física, provavelmente, em razão do aproveitamento da área física existente, incluindo quartos no final do corredor e uma área externa que foi utilizada para a instalação dos equipamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estratégias adotadas para a implantação dos controles ambientais demonstraram-se eficazes quando planejadas e gerenciadas por profissionais competentes. Faz-se necessário o gerenciamento adequado da unidade com a monitorização do funcionamento do sistema de ventilação e padronização de medidas de manutenção para assegurar a proteção dos profissionais da saúde e minimizar os riscos ocupacionais.

Profissionais de enfermagem, engenharia e controle de infecção devem somar esforços para oferecer um ambiente que assegure a saúde dos trabalhadores. Recomenda-se a implantação de um sistema de climatização com pressão negativa do ar para instituições com risco para a transmissão de tuberculose.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Saúde. Programa Nacional de Controle da tuberculose (PNCT). [Citado 2009 dez. 4]. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/saude/visualizar_texto.cfm?idtxt=28055>
2. World Health Organization. WHO Report, 2009 Global tuberculosis control – Brazil. [Citado 2009 dez. 4]. Disponível em: <http://www.who.int/tb/publications/global_report/2009/pdf/bra.pdf>
3. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in health-care settings, 2005. MMWR. 2005; 54(RR17): 1-141.
4. Beck-Sagué C, Dooley SW, Hutton MD, et al. Hospital outbreak of multidrug-resistant *Mycobacterium tuberculosis* infections. JAMA. 1992; 268: 1280-6.
5. Edlin BR, Tokars JI, Grieco MH, et al. An outbreak of multidrug-resistant tuberculosis among hospitalized patients with the acquired immunodeficiency syndrome. N Engl J Med. 1992; 326: 1514-21.
6. Haas DW, Milton S, Kreiswirth BN, et al. Nosocomial transmission of a drug-sensitive W-variant *Mycobacterium tuberculosis* strain among patients with acquired immunodeficiency syndrome in Tennessee. Infect Control Hosp Epidemiol. 1998; 19(9): 635-9.
7. Pearson ML, Jereb JA, Frieden TR, et al. Nosocomial transmission of multidrug-resistant *Mycobacterium tuberculosis*: a risk to patients and health care workers. Ann Intern Med. 1992; 117(3): 191-6.
8. Ridzon R, Kenyon T, Lusk-Hawk R, Schultz C, Valway S, Onorato IM. Nosocomial transmission of human immunodeficiency virus and subsequent transmission of multidrug-resistant tuberculosis in a healthcare worker. Infect Control Hosp Epidemiol. 1997; 18(6): 422-3.
9. Joshi R, Reingold AL, Menzies D, Pai M. Tuberculosis among health-care workers in low and middle-income countries: a systematic review. PLoS Med. 2006; 3(12):e494.
10. Roth VR, Garrett DO, Laserson KF, Starling CE, Kritski AL, Medeiros EAS. A multicenter evaluation of tuberculin skin test positivity and conversion among health care workers in Brazilian hospitals. Int J Tuberc Lung Dis. 2005; 9(12):1335-42.
11. Li Y, Leung GM, Tang JW, et al. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review. Indoor Air. 2007; 17:2-18.

- 12.** Parenti CF, Purificação MDS, Santos AAM, Nogueira MAA, Gomes SMT. Diagnóstico da situação das unidades de isolamento respiratório dos hospitais de referência para atendimento de casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave. In: Encontro Nacional de Vigilância Sanitária sobre a Pandemia de Influenza; 2006. [Citado 2009 jan. 11] Disponível em: <<http://www.abev.com.br/controldeinfeccao/temaslivres/poster/id786.doc>>
- 13.** Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. II Consenso Brasileiro de Tuberculose. Diretrizes Brasileiras para Tuberculose 2004. J Bras Pneumol. 2004; 30(S1):1-56.
- 14.** Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de recomendações para o controle da tuberculose no Brasil. PNCT 2010. [Citado 2010 ago. 30]. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/manual_de_recomendacoes_controle_tb_novo.pdf>
- 15.** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., ASHRAE Handbook. Fundamentals Volume. Atlanta, GA; 1993.
- 16.** Goveia VR. Avaliação de uma unidade de isolamento respiratório para tuberculose com pressão negativa [Dissertação]. São Paulo: UNIFESP; 2000.
- 17.** Fraser VJ, Johnson K, Primack J, Jones M, Medoff G, Dunagan WC. Evaluation of rooms with negative pressure ventilation used for respiratory isolation in seven midwestern hospitals. Infect Control Hosp Epidemiol. 1993; 14(11): 623-8.
- 18.** Sutton PM, Nicas M, Reinisch F, Harrison RJ. Evaluating the control of tuberculosis among healthcare workers: adherence to CDC guidelines of three urban hospitals in California. Infect Control Hosp Epidemiol. 1998; 19(7): 487-93.
- 19.** Kellerman S, Tokars JI, Jarvis WR. The cost of selected tuberculosis control measures at hospitals with a history of *Mycobacterium tuberculosis* outbreaks. Infect Control Hosp Epidemiol. 1997; 18(08): 542-7.

Data de submissão: 5/7/2011

Data de aprovação: 8/7/2011