



ARTIGO 312

MÉTODOS DE DIFUSÃO PASSIVA PARA QUANTIFICAÇÃO DE AMÔNIA EM INSTALAÇÕES ABERTAS PARA PRODUÇÃO ANIMAL – REVISÃO¹

Fernanda Campos de Sousa, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Jairo Alexander Osório Saraz, Keller Sullivan Oliveira Rocha, Maximiliano Arredondo Ramirez, Cecília de Fátima Souza, Diogo José de Resende Coelho, Alex Lopes da Silva

RESUMO: O objetivo deste estudo foi comparar os mencionados dois métodos de difusão passiva por poderem se adaptar mais facilmente às instalações que trabalham com ventilação natural durante a maior parte do tempo, com base em resultados de pesquisas já existentes com estudos relacionados a diversas características de ambos os métodos. O método *Saraz* é uma nova metodologia que vem sendo testada e aperfeiçoada para a operação em ventilação natural (baixas taxas de concentrações e ventilação), e tem apresentado uma eficiência de recuperação de volatilização de amônia maior que 80 %. O método “Ferm Tube” constitui o primeiro amostrador de fluxo passivo, tendo sido principalmente aplicado para determinar as emissões de NH₃ em confinamentos de bovinos. Os amostradores de fluxo passivo são fáceis de construir, transportar e manusear, e necessitam de poucos requisitos de laboratório. No entanto, assim como outros métodos de fluxo passivo, os amostradores de fluxo passivo são baseados na difusão de uma superfície de reação e, por conseguinte, precisam de longos períodos de amostragem. Os dois métodos foram comparados em termos de requisitos, tais como: custo, eficiência, aplicabilidade e uso em instalações abertas. No geral, em condições de ventilação natural, o método *Saraz* mostrou-se mais apropriado que o método *Ferm Tube*. Porém a escolha entre um ou outro método vai depender de uma série de condições, como recursos econômicos, disponibilidade de reagentes e laboratórios, tipos de análises possíveis de serem realizadas, além da precisão desejada e grau de dificuldade de operação.

Palavras-chave: Método de fluxo passivo, instalações animais, emissão de amônia

ABSTRACT: The aim of this study was to compare the two methods mentioned by passive diffusion may adapt more easily to facilities that work with natural ventilation for most of the time, based on results from existing surveys related to various characteristics of both studies methods. The *Saraz* is a new methodology that has been tested and optimized for operation on natural ventilation (low concentrations and ventilation rates), and has shown a recovery efficiency of volatilization of ammonia greater than 80%. The “Ferm Tube” is the first flow and passive sampler, have been mainly used for determining the emission of NH₃ in feedlot cattle. Passive flux samplers are easy to build, transport and handle, and require few laboratory requirements. However, as other methods of passive flow stream passive samplers are based on diffusion of a reaction surface and therefore require long periods of sampling. The two methods were compared in terms of requirements, such as cost, efficiency, applicability and usability in open facilities. Overall, in terms of natural ventilation *Saraz* the method was more appropriate than *Ferm Tube*. However, the choice between one or other method will depend on a number of conditions such as economic resources and availability of laboratory reagents, possible types of analysis to be performed, in addition to the desired precision and difficulty of operation.

Key words: Passive flux methods, poultry houses, ammonia emissions

¹Departamento Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.



INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre as taxas de emissão de amônia nos ambientes de produção animal tem importância relevante, pois influencia diretamente o crescimento de animais jovens (OSORIO et al., 2009). Além dos prejuízos econômicos nos ambientes de criação animal devidos aos danos a saúde dos animais e dos trabalhadores, vale ressaltar que a amônia é um gás de efeito estufa e, quando emitida para a atmosfera em altas concentrações, gera consequências ambientais indesejáveis (FELIX & CARDOSO, 2012).

As taxas de emissão de amônia nos ambientes de produção animal tem sido objetivo de estudos de pesquisadores em diversos países da Europa e da América do Norte, onde já se procedeu a realização de inventários sobre emissões destes gases, estabelecendo seus protocolos. As concentrações máximas de amônia sugeridas por NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health (2001), indicam que os seres humanos podem estar expostos a 25 ppm, por 8 hs de permanência no ambiente, 35 ppm durante 15 min e 50 ppm por 5 min. Para o caso dos animais, recomenda-se nível máximo de 20 ppm de amônia para exposição contínua no interior das instalações, durante toda a fase de criação (WATHES et al., 1997).

Assim, a maioria das metodologias disponíveis para quantificação de amônia apresenta bom desempenho em instalações fechadas, já para o caso das regiões de climas tropicais e subtropicais, como é o caso do Brasil e dos países da América do Sul, a determinação das taxas de emissão de amônia é mais complexa, uma vez que basicamente todos os abrigos de produção animal são mantidos abertos durante a maior parte do tempo, indicando que os referidos métodos requerem adaptações, além da necessidade de metodologias que trabalhem de forma eficiente a um baixo custo, para serem utilizados nestes casos (OSORIO SARAZ et al., 2013).

Entre os métodos disponíveis para condições de ventilação natural em instalações predominantemente abertas,

destacam-se dois métodos de fluxo passivo, a saber: Ferm Tube e Método Saraz ou SMDAE (Saraz Method for Determination of Ammonia Emissions), os quais podem ser utilizados com boa precisão e a custos reduzidos.

Os métodos de fluxo passivo são utilizados para medir poluentes no ar de forma simples, eficiente e com baixo custo além de apresentarem fácil construção e operação. Amostradores de fluxo passivo operam segundo o princípio da micro difusão onde as moléculas da espécie alvo difundem-se no meio por gradiente de concentração (MOSQUERA, et al., 2005).

Esses métodos são ideais para serem utilizados em instalações dotadas de ventilação natural, onde ocorrem aberturas nas laterais, sem que ocorra comprometimento de sua eficiência de absorção (DORE, et al., 2004). Uma das vantagens dos métodos de fluxo passivo é não necessitar de fonte de energia externa, o que influencia em várias outras características como custo, simplicidade de operação e aplicação em locais remotos, com carência de energia (CARLSON, et al., 2013). Como desvantagens desses métodos destacam-se: o tempo de amostragem, principalmente em situações de baixas concentrações e o tempo gasto em análises laboratoriais (DORE et al., 2004).

Diante disso, buscou-se traçar uma análise comparativa entre os dois métodos de fluxo passivo, Ferm Tube e SMDAE, com base em resultados de pesquisas já existentes avaliando diversas características de diversos métodos para a determinação da amônia em instalações abertas para produção animal, em termos dos requisitos: aplicabilidade, custo, eficiência e uso em condições de campo.

MÉTODOS DE DIFUSÃO PASSIVA

Os métodos de difusão passiva, para determinação/quantificação de gases em ambientes, são utilizados desde meados do século XIX, quando eram realizadas medições de ozônio ao nível do solo, com papéis de teste impregnados em iodeto de potássio (NAMIESNIK et al., 2005). Nas últimas



décadas, o uso da amostragem passiva para coletar dados de amostras ambientais tem sido uma tendência crescente (ZABIEGALA et al., 2010). Os amostradores de difusão passiva são métodos utilizados para medição de poluentes no ar de forma simples e com baixo custo, além de apresentarem fácil construção e implementação, operando segundo o princípio da difusão molecular, no qual as moléculas da espécie alvo difundem-se no ambiente em função do gradiente de concentração no meio (JIMÉNEZ et al., 2011; MOSQUERA et al., 2005).

Para o caso de instalações abertas, como ocorre com a maioria dos abrigos utilizados na produção animal no Brasil e nos países da América do Sul, os métodos de fluxo passivo são ideais na avaliação/quantificação de gases, por não dependerem ou não serem influenciados pela direção do vento, podendo ser utilizados em fluxos de ar complexos, sem comprometimento de sua eficiência de absorção (DORE et al., 2004). Amostradores de fluxo passivo apresentam a vantagem de não necessitarem de nenhuma fonte de energia externa para quantificar o fluxo continuamente, tornando-se, assim, uma alternativa mais econômica e aplicável em relação a outros métodos de detecção considerados ativos (CARLSON et al., 2013), além de apresentarem a característica de fácil instalação em campo por não necessitarem de fonte de alimentação e cabos, podendo ser aplicados em locais remotos ou sem energia. Adicionalmente, exigem menos habilidade e experiência dos operadores, por serem métodos mais simples e ainda exigem menos investimento inicial de capital na implementação de um sistema de medição de amônia (DORE et al., 2004). O custo da amostragem por difusão passiva foi estimado por MOODLEY et al. (2011) como 50 vezes menor que o custo da amostragem ativa.

Como desvantagens dos métodos de fluxo passivo, destacam-se a necessidade de disponibilidade e de tempo considerável em laboratório, tanto antes quanto depois da exposição em campo, de longos períodos de amostragens, principalmente para baixas

concentrações, além de não poderem ser expostos a condições de chuva ou ambientes abertos sujeitos a presença de orvalho, por causar interferência no meio ácido utilizado na captura da amônia (DORE et al., 2004).

MÉTODO FERM TUBE

O método Ferm Tube foi desenvolvido em 1986, reportado por SCHORRING et al. (1992), para medição de taxa de emissão de amônia em instalações de produção de bovinos por meio de amostradores de fluxo passivo e tem sido muito utilizado desde então (SOMMER et al., 1996; PHILLIPS et al., 1998). O princípio do método é capturar a amônia presente no ar, com base na sua difusão em uma superfície de reação, localizada no interior do amostrador, com um revestimento ácido que tem a função de prender essa amônia que passa com o fluxo de ar. A quantificação é feita por colorimetria.

Segundo PHILLIPS et al. (2001) o método Ferm Tube, é uma maneira simples e conveniente de medir concentrações de amônia, podendo ser aplicado em instalações de produção animal, com faixa ilimitada de medições, desde 2,5 ppm, tendo variações no tempo de exposição dependendo da concentração, com acurácia elevada, precisão e custo médio dependendo da quantidade de amostras, em comparação com outros métodos de difusão passiva.

De acordo com OSORIO SARAZ et al. (2013), o método Ferm Tube pode ter um custo elevado quando aplicado em instalações para aves, dotadas de ventilação natural, já que são necessárias grandes quantidades de amostras devido à complexidade das características do fluxo de ar, além da necessidade de maior tempo de exposição para cada amostra.

MÉTODO SARAZ

O método Saraz é um novo método de difusão passiva que vem sendo testado e aperfeiçoado para a quantificação da amônia em instalações com ventilação natural (OSORIO, 2010). Trata-se de uma metodologia que faz uso de um sistema coletor passivo de amostra de ar do ambiente de investigação através de material poroso



absorvente impregnado em solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e glicerina ($C_3H_5(OH)_3$) para fixação da amônia por micro difusão. Após a captura a quantificação do gás é feita por titulação ácido-base (OSORIO SARAZ et al., 2013).

Em situações de baixas concentrações de amônia e de baixas taxas de ventilação, o método Saraz tem apresentado eficiência de recuperação da amônia volatilizada maior que 80 %. Para o caso de galpões com ventilação natural, o custo do método torna-se um pouco mais elevado, devido à necessidade de maior quantidade de coletores que devem ser posicionados nas laterais dos alojamentos com o objetivo de atenuar o efeito das flutuações do vento, além de demandar maior número de análises laboratoriais. Apesar disso, devido a sua simplicidade de construção e uso, o método torna-se menos oneroso em comparação a outros métodos de difusão passiva, o que o torna interessante. Um ponto negativo do método Saraz é que este é preciso para concentrações de amônia maiores que 1 ppm, tendo aplicabilidade para os galpões de frango de corte somente à partir da segunda semana de vida das aves, quando começa a ocorrer presença de amônia em níveis acima dessa concentração, necessitando de um tempo mínimo de duas horas de exposição para a coleta (OSÓRIO SARAZ et al., 2013).

COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS FERM TUBE E SARAZ

OSÓRIO SARAZ et al. (2013) realizaram um estudo de avaliação dos principais métodos disponíveis para determinação das taxas de emissão de amônia em instalações para produção animal. Entre eles foram avaliados o Ferm Tube e Saraz, de forma quantitativa e qualitativa, com base nas características positivas e negativas de cada método, avaliadas por realização de entrevistas com diversos pesquisadores de diversos países, em relação a gama de metodologias utilizadas para quantificação de amônia em instalações de produção animal. Foram atribuídas notas de 0 a 10, onde 0 indicava nenhuma condição de uso, de 1 a 3 ruim, 4 a 6 regular, 7 a 9 bom e 10 excelente.

Já PHILLIPS et al. (2001) realizaram várias análises entre métodos utilizados na medição de fluxos de amônia em instalações de produção animal em termos de faixa de medição, acurácia, precisão e custo.

Assim, esta análise comparativa entre os dois métodos escolhidos, Ferm Tube e Saraz, foi baseada, principalmente nos trabalhos citados acima, focando nas situações onde as instalações de produção animal trabalhavam com ventilação natural durante a maior parte do tempo. Foram utilizados os mesmos critérios, em relação à atribuição de notas aos métodos, adotados por OSORIO SARAZ et al. (2013).

CUSTO

Em relação ao custo foram considerados todos os possíveis custos embutidos na utilização de cada método, como custo de implementação, utilização, manutenção, e mensuração, comparando sua utilização em instalações dotadas de ventilação mecânica, positiva e negativa e ventilação natural.

Na Figura 1, observa-se que o método Saraz apresentou maiores notas em relação ao Ferm Tube para os custos dos métodos nos diferentes tipos de instalações analisadas. Com isso, o método Saraz apresenta menores custos, sendo classificado como bom (nota igual a 7) para instalações com ventilação mecânica por pressão positiva e negativa, sendo, contudo, regular (nota igual a 6), para instalações com ventilação natural. Por sua vez o método Ferm Tube foi classificado como regular, (nota igual a 6), tanto para as instalações com ventilação mecânica por pressão positiva e negativa, quanto para a ventilação natural (nota igual a 4), mostrando que o seu custo é ainda maior nas instalações com ventilação natural, comparativamente a mecânica.

Vale ressaltar que quando se utiliza o método Ferm Tube em instalações com ventilação natural, o custo pode ser elevado, dependendo do número de amostradores necessários e do tempo de exposição no ambiente, devido às características do vento nesses locais.



O método Saraz, além de possibilitar maior área de captação de gás em relação ao Ferm Tube, apresenta simplicidade quanto aos materiais utilizados na construção do

amostrador, o que o torna menos oneroso quando utilizado nas instalações com ventilação natural (OSORIO SARAZ et al.,2013).

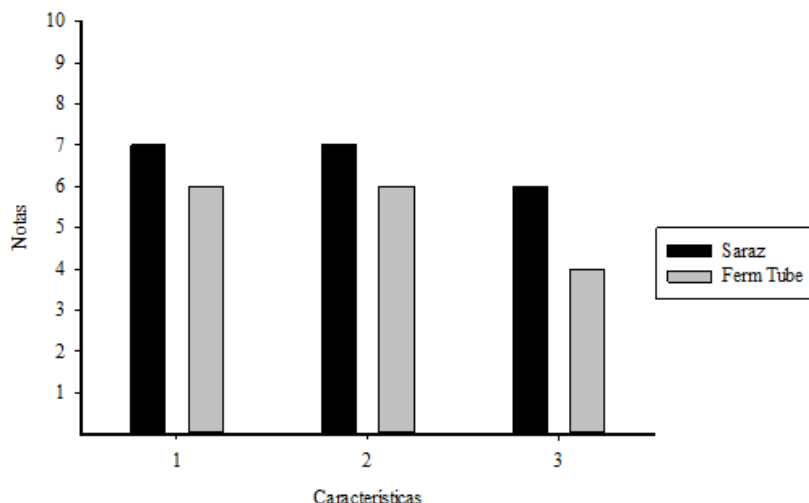


FIGURA 1 - Médias das notas atribuídas para os dois métodos (Saraz e Ferm Tube) de acordo com as seguintes características de custo do método nas diferentes instalações: (1) Instalações com ventilação mecânica e pressão positiva; (2) Instalações com ventilação mecânica e pressão negativa; (3) Instalações com ventilação natural. Figura adaptada de OSORIO SARAZ et al. (2013).

Para os dois métodos, os custos são mais elevados em condições de ventilação natural, dado o maior número de amostragens necessárias, devido às flutuações na direção do vento, gerando, além do aumento no número de amostras, aumento na quantidade de análises laboratoriais e, conseqüentemente, aumento nos custos. No método Ferm Tube são necessárias maiores quantidades de análises, pois a quantidade de amônia recolhida é proporcional a componente do fluxo de amônia nessa direção. Assim, para cada amostra coletada, quatro tubos são analisados separadamente, (PHILLIPS, et al., 2001), diferentemente do método Saraz, no qual, que para cada amostra, é realizada uma análise; com isso o custo do Ferm Tube já aumenta em quatro vezes em relação ao Saraz.

APLICABILIDADE

Em termos de aplicabilidade foi considerada a precisão de quantificação de amônia de cada método em instalações

dotadas de ventilação mecânica, positiva e negativa e ventilação natural.

Pela Figura 2, pode-se observar que para o caso de instalações com ventilação mecânica, o método Ferm Tube apresenta maior precisão (notas iguais a 7, classificado como bom) que o método SMDAE (notas iguais a 6, classificado como regular). Porém, para o caso de instalações com ventilação natural, as notas caem para ambos os métodos, ficando maior para o método Saraz.

De acordo com OSÓRIO SARAZ et al. (2013), o método Ferm Tube pode ser utilizado com maior precisão em instalações que trabalham com ventilação mecânica, tanto em pressão positiva quanto negativa, devido à presença de uma direção predominante do fluxo de ar. Porém, quando operados em instalações dotadas de ventilação natural, são necessários maiores tempos de amostragem e maiores números de amostradores, para que se consiga a mesma eficiência do método, dada à



ocorrência de fluxo de ar em várias direções e a baixas velocidades.

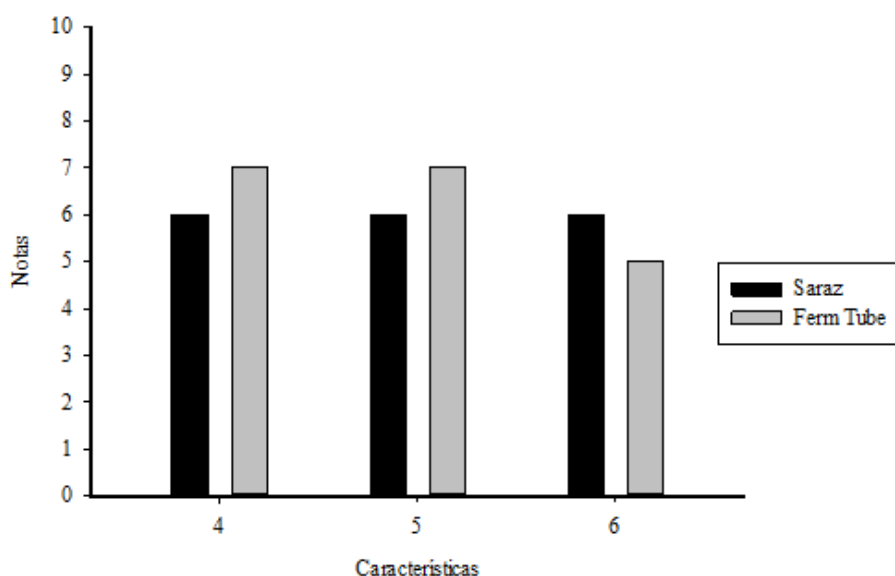


FIGURA 2 - Médias das notas atribuídas para os dois métodos (Saraz e Ferm Tube), de acordo com as seguintes características: (4) Precisão do método em instalações com ventilação mecânica e pressão negativa; (5) Precisão do método em instalações com ventilação mecânica sob pressão positiva; (6) Precisão do método em instalações com ventilação natural. Figura adaptada de OSORIO SARAZ et al. (2013).

No entanto, o método Saraz pode ser utilizado com maior precisão nas instalações dotadas de ventilação natural, uma vez que, seja identificado o local desse fluxo de ar entre o interior e o exterior da instalação, e sejam instalados dois amostradores, um no interior e outro no exterior da instalação.

O método Saraz, assim como o Ferm Tube, apresenta a desvantagem de não poder ser aplicado em todas as fases de criação, já que avalia com precisão condições de concentrações de amônia maiores que 1 ppm e 2,5 ppm, respectivamente. No caso de frangos de corte, isso normalmente ocorre somente após a segunda semana de criação para o caso de utilização de cama nova, o que limitaria sua utilização durante a fase inicial, a não ser nos casos em que a cama é reutilizada (OSORIO, 2010).

Um inconveniente comum é que os dois métodos não podem ser aplicados em locais abertos sujeitos à chuva e orvalho, o que poderia levar a uma diluição e até

lavagem do ácido utilizado para captura da amônia gerando perda da amostra (PHILLIPS et al., 2001).

USO

O uso dos métodos foi analisado comparativamente entre Ferm tube e Saraz de acordo com o grau de dificuldade de aquisição de dados e de limitações de uso apresentadas nos diferentes tipos de instalações de produção animal, incluindo aquelas que trabalham com ventilação natural.

Pela análise realizada por OSÓRIO SARAZ et al. (2013), o grau de dificuldade para aquisição de dados nos dois métodos foi classificado como bom, sendo atribuída a nota 7,0 para o método Saraz e 8,0 para o Ferm Tube. Assim o método Ferm Tube apresenta menor grau de dificuldade na aquisição dos dados.

O método Saraz apresenta construção simples, não exigindo mão de obra especializada para ser construído e utilizado.



Porém, o que limita seu uso é a necessidade de laboratório para a realização de análises das amostras coletadas (OSÓRIO, 2010), além da necessidade de manuseio das soluções ácidas com o material absorvente, tanto antes quanto após a coleta, diferentemente do método Ferm Tube que vem com o meio ácido na forma sólida, fixado ao amostrador que somente é manuseado em laboratório. Os dois métodos de fluxo passivo analisados apresentam limitações em seu uso por não permitirem o monitoramento contínuo das emissões de gases; eles dão uma medida do fluxo ao longo do tempo de exposição, além de necessitarem de elevados tempos de exposição, dependendo das condições de velocidade e direção do vento (PHILLIPS, et al., 2001).

EFICIÊNCIA

A eficiência dos métodos, Ferm Tube e Saraz, foi analisada de acordo com a eficiência operacional dos métodos quando utilizados nas diferentes instalações de produção animal com diferentes características ambientes de concentrações de amônia.

Na Figura 3, observa-se que ambos os métodos analisados apresentam melhor eficiência em instalações com ventilação mecânica em relação à ventilação natural. Novamente devido à direção predominante do fluxo de ar nas instalações com ventilação mecânica, o que favorece a aplicação dos métodos, melhorando a eficiência operacional em quantificar amônia.

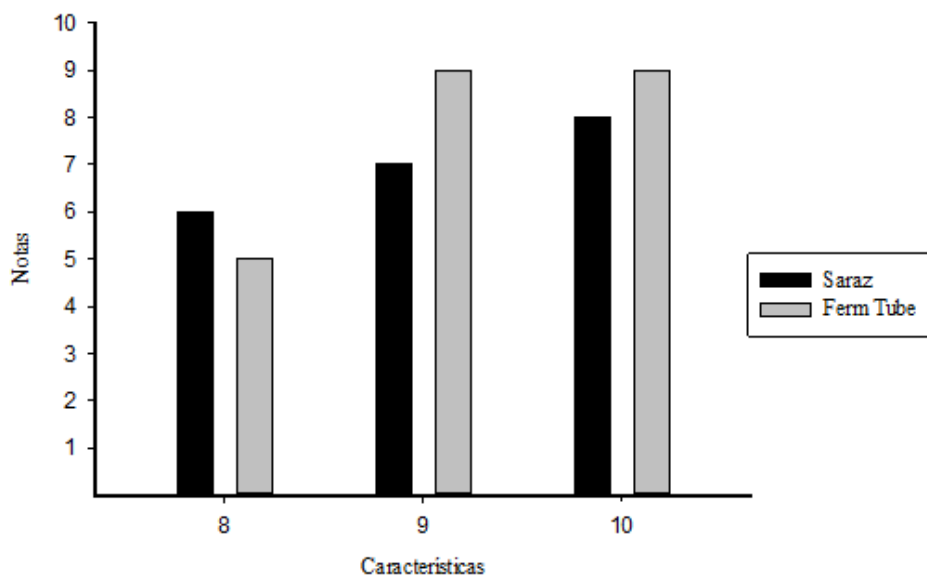


FIGURA 3 - Médias das notas atribuídas para os dois métodos (Saraz e Ferm Tube) de acordo com as seguintes características: (8) Eficiência operacional em sistemas com ventilação natural; (9) Eficiência operacional em sistemas de ventilação mecânica e pressão positiva e (10) Eficiência operacional em sistemas de ventilação mecânica e pressão negativa. Figura adaptada de OSORIO SARAZ et al. (2013).

Os dois métodos de difusão passiva analisados apresentam maior eficiência em condições de concentrações elevadas de amônia, para o Saraz acima de 1 ppm (OSORIO SARAZ et al., 2013) e para o Ferm Tube acima de 2,5 ppm (PHILLIPS, et al., 2001). Para o caso de frangos de corte, os dois

métodos poderão ser utilizados com maior eficiência somente após 14 dias de criação, onde as concentrações de amônia no ambiente de criação tendem a aumentar com o tempo ou idade dos animais quando é utilizada cama nova ou em primeiro uso para criação.



CONCLUSÕES

O método Saraz apresenta menor custo por necessitar de um número menor de amostradores em relação ao método Ferm Tube e, conseqüentemente, menor custo nas análises laboratoriais. O método Saraz destaca-se ainda como sendo mais eficiente em instalações com ventilação natural, além de apresentar menor grau de dificuldade de aquisição de dados nessas instalações.

Em condições de campo e de ventilação natural, o método Saraz indica ser

mais apropriado que o método Ferm Tube; porém a escolha entre um ou outro método vai depender de uma série de condições, como recursos econômicos, disponibilidade de reagentes e tipos de análises possíveis de serem realizadas em laboratório, além da precisão desejada, grau de dificuldade de operação, entre outros.

AGRADECIMENTOS

Capes, Fapemig e CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARLSON, B. R. **Development of a Passive Surface Flux Meter to estimate spatially distributed nutrient mass fluxes**. Iowa: 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade de Iowa, Iowa City, Iowa, 2013.

DORE, C. J.; JONES, B. M. R.; SCHOLTENS, R.; HUIS, J. W. H.; BURGESS, L. R.; PHILLIPS, V. R. Measuring ammonia emission rates from livestock buildings and manure stores-part 2: Comparative demonstrations of three methods on the farm. **Atmospheric Environment**, v. 38, p. 3017-3024, 2004.

FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. A method for determination of ammonia in air using oxalic acid-impregnated cellulose filters and fluorimetric detection. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.23, n.1, p. 142-147, 2012. ISSN 0103-5053.

JIMÉNEZ, A. S.; HEAL, M. R.; BEVERLAND, I. J. Intercomparison study of NO_x passive diffusion tubes with chemiluminescence analysers and evaluation of bias factors. **Atmospheric Environment**, v. 45, p. 3062-3068, 2011.

MOSQUERA, J.; MONTENY, G. J.; ERISMAN, J. W. Overview and assessment of techniques to measure ammonia emissions from animal houses: the case of the Netherlands. **Environmental Pollution**, v. 135, p. 381-388, 2005.

MOODLEY, K. G.; SINGH, S.; GOVENDER, S. Passive monitoring of nitrogen dioxide in urban air: A case study of Durban metropolis, South Africa. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 2145–2150, 2011.

NAMIEŚNIK, J.; ZABIEGALA, B.; KOT-WASIK, A.; PARTYKA, M.; WASIK, A. Passive sampling and/or extraction techniques in environmental analysis: a review. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 381, n. 2, p. 279–301, 2005. doi:10.1007/s00216-004-2830-8

NIOSH. National Institute for Occupational Safety and Health. Ministério do Meio Ambiente. Ontario Air Standards for Ammonia. 47 p. 2001. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/pel88/7664-41.html>>. Acessado em: 24 jul. 2013.

REVISTA ELETRÔNICA NUTRITIME – ISSN 1983-9006 www.nutritime.com.br

Artigo 312 Volume 12 - Número 04– p. 4140 – 4148 Julho/Agosto 2015

MÉTODOS DE DIFUSÃO PASSIVA PARA QUANTIFICAÇÃO DE AMÔNIA EM INSTALAÇÕES ABERTAS PARA PRODUÇÃO ANIMAL – REVISÃO



OSORIO, J. A.; TINOCO, I. F.; CIRO, H. J. Ammonia: A review about concentration and emission models in livestock structures. **Dyna**, Medellín, v. 76, n. 1, p. 89-99, 2009.

OSORIO, J. A. **Determinação experimental e modelagem em CFD das taxas de emissões de amônia de camas de aviários e distribuições de concentrações, temperatura e velocidade do ar no interior de galpões avícolas**. Viçosa: 136 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2010.

OSORIO SARAZ, J. A.; TINOCO, I. F. F.; GATES, R. S.; PAULA, M. O.; MENDES, L. B. Evaluation of different methods for determining ammonia emissions in poultry buildings and their applicability to open facilities. **Dyna**, Medellín, v.80, n.178, p. 51-60, 2013.

PHILLIPS V. R.; BISHOP, S. J.; PRICE, J. S.; YOU, S. Summer emissions of ammonia from a slurry-based UK dairy cow house. **Bioresource Technology**, v. 65, p. 213-219, 1998.

PHILLIPS, V. R.; LEE, D. S.; SCHOLTENS, R.; GARLAND, J. A.; SNEATH, R. W. SE-Structures and Environment: A Review of Methods for measuring Emission Rates of Ammonia from Livestock Buildings and Slurry or Manure Stores, Part 2: monitoring Flux Rates, Concentrations and Airflow Rates. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 78, p. 1-14, 2001.

SCHORRING, J. K.; SOMMER, S. G.; FERM, M. A simple passive sampler for measuring ammonia emission in the field. **Water Air and Soil Pollution**, v. 62, p. 13-24, 1992.

SOMMER S. G.; SIBBESEN, E.; NIELSEN, T.; SCHORRING, J. K.; OLESEN, J. E. A passive flux sampler for measuring ammonia volatilization from manure storage facilities. **Journal of Environmental Quality**, v. 25, p. 241-247, 1996.

WATHES, C. M.; HOLDEN, M. R.; SNEATH, R. W.; WHITE, R. P.; PHILLIPS, V. R. Concentrations and emissions rates of aerial ammonia, nitrous-oxide, carbon-dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. **British Poultry Science**, v. 38, n. 1, p. 14-28, 1997.

ZABIEGALA, B.; KOT-WASIK, A.; URBANOWICZ, M.; NAMIEŚNIK, J. Passive sampling as a tool for obtaining reliable analytical information in environmental quality monitoring. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 396, n. 1, p. 273-296, 2010.