

Monitoramento da concentração de fosfina como um fator crítico de sucesso em processos de fumigação.

Miguel Rogers¹, Dayana de Souza².

RESUMO

O monitoramento de gases na fumigação é uma das principais ferramentas para o sucesso dos processos. Com um maior número de medições ao longo do tempo, é possível visualizar fenômenos importantes da fumigação, permitindo que os processos sejam gerenciados adequadamente e em tempo real para garantir sua eficácia, fornecendo rastreabilidade e possibilitando o processo de melhoria contínua. Neste trabalho, foram avaliados diferentes métodos de aplicação de fosfina e diferentes métodos de medição de gás, permitindo observar as vantagens e desvantagens das diferentes metodologias aplicadas.

Palavras-chave: Monitoramento, fumigação, fosfina, HDS® , fosfina líquida.

INTRODUÇÃO

O sucesso de um processo de fumigação de grãos depende de múltiplos fatores, entre os quais podemos citar o tipo de fumigante utilizado, a estratégia de aplicação, o estado de conservação e o processo de vedação da instalação a ser fumigada, a condição do produto tratado, os materiais de embalagem, se houver, as condições climáticas, entre outros.

Todos esses fatores são dinâmicos e mudam constantemente ao longo do tempo, combinando-se de forma única em cada processo de fumigação e podendo gerar resultados diferentes. Embora, ao analisar o trabalho de fumigação como um todo, ele pareça ser um processo artesanal, a verdade é que se trata de um processo bastante complexo, que deve ser analisado adequadamente para garantir bons resultados e gerar o processo de melhoria contínua.

Se você não estiver monitorando, não estará fumigando (VAN S. GRAVER, J., 2004). O monitoramento do gás fumigante é uma ferramenta fundamental para a avaliação correta dos processos de fumigação (DUCOM et al, 2021), que mostra o resultado da interação de todos os fatores de sucesso da fumigação. Embora existam diferentes técnicas para medir a concentração de fosfina, como colorimetria ou medições por sensores eletrônicos, elas geralmente representam um instante de uma situação dinâmica, o que por si só não permite avaliar o sucesso do processo de fumigação.

Ao aumentar a frequência de medições ao longo do tempo, é possível passar de uma imagem estática ou pontual para uma visão dinâmica, um filme de como a fumigação evolui, permitindo avaliar diferentes estratégias de trabalho e até mesmo tomar ações corretivas ao longo do processo de fumigação no caso de ter medições de concentração em tempo real (HORN et al, 2010).

Neste trabalho, foram avaliados quatro métodos diferentes de aplicação de fosfina em silos metálicos verticais com pistache e como a medição de fosfina, por meio de monitoramento eletrônico em tempo real, representando uma ferramenta fundamental para avaliá-los de forma eficaz e permitir a tomada de decisões adequadas.

1 Fosfoquim S.A., Av. General O'Higgins 2165, Padre Hurtado, Chile. E-mail: mrogers@fosfoquim.cl

2 Fosfoquim Brasil, Rua Joao Zarpelon 800, Sao Jose Dos Pinhais, Brasil. E-mail: hds-sales02@fosfoquim.cl

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma planta de processamento de pistache localizada no condado de Kern, Califórnia, EUA. A planta tem silos metálicos com 15 metros de diâmetro e 12,5 metros de altura, com capacidade para 1.000 toneladas de pistache sem casca e um volume de 2.200 metros cúbicos.

Os silos têm um sistema de aeração com dois ventiladores na parte inferior do silo que injetam ar em uma câmara sob o piso do silo, que tem perfurações para permitir a passagem do ar durante o processo de aeração. A parte superior dos silos é hermética e tem escotilhas de ventilação que podem ser abertas e fechadas hermeticamente.

Os silos têm três pontos de medição de gás pré-instalados, equipados com mangueiras de 6 mm de diâmetro, localizados a 1, 6 e 11 metros acima do piso do silo, a aproximadamente 2 metros da parede do silo.

O objetivo definido pela planta para os tratamentos de fumigação é manter uma concentração mínima de 200 ppm por um tempo mínimo de exposição de 72 horas. A planta diz que as fumigações não estão funcionando e acredita que tenha se desenvolvido resistência à fosfina, e eles estão procurando outras alternativas de tratamento.

Esse estudo avaliou a prática atual de fumigação e monitoramento de gás da planta e a comparou com outras técnicas de aplicação e medição de gás em tempo real.

Caso 1: fumigação de fosfeto de alumínio com monitoramento discreto de gás.

Esse caso corresponde à prática usual de fumigação e medição de gás nos silos

A fumigação foi realizada no silo nº 108 usando fosfeto de alumínio em tabletes de 3 gramas. Após selar o silo, a quantidade total de pastilhas de fosfeto de alumínio necessária para a fumigação foi dosada em uma bandeja, que foi colocada na câmara de aeração sob o piso perfurado do silo. A dose aplicada corresponde a 1,57 g de fosfina por m³.

As medições de gás foram realizadas diariamente usando um detector eletrônico Dräger® Xam 5000 com uma célula eletroquímica capaz de medir até 2.000 ppm de fosfina e uma bomba de amostragem de gás. As medições de concentração de gás são realizadas uma vez ao dia como a primeira tarefa após o intervalo de almoço dos fumigadores e são registradas manualmente em uma folha de registro.

Devido ao tempo necessário para a reação completa do fosfeto de alumínio, a planta mantém as condições de fumigação por 12 dias, antes de remover as bandejas do fundo do silo e prosseguir com a desativação, o descarte de resíduos e a aeração do silo.

Caso 2: fumigação de fosfeto de alumínio com monitoramento de gás em tempo real.

Esse caso corresponde à prática usual de fumigação da planta, mas com um sistema de medição de fosfina em tempo real.

A fumigação foi realizada no silo nº 109 usando fosfeto de alumínio em tabletes de 3 gramas. Depois de selar o silo, o número total de pastilhas de fosfeto de alumínio necessárias para a fumigação foi colocado em uma bandeja, que foi introduzida na câmara de aeração sob o piso perfurado do silo. A dose aplicada corresponde a 1,57 g de fosfina por m³.

Para a medição do gás, foi utilizado um monitor de gás FOSFOQUIM®, modelo CertiPH3os®, com capacidade para medir até 4.000 ppm de fosfina, que possui uma bomba de amostragem integrada para medições contínuas do silo, fornecendo registros de concentração a cada 15 minutos durante toda a fumigação.

Devido ao tempo necessário para a reação completa do fosfeto de alumínio, a planta mantém as condições de fumigação por 12 dias, antes de remover as bandejas do fundo do silo e prosseguir com a desativação, o descarte de resíduos e a aeração do silo.

Caso 3: Fumigação com fosfina líquida em cilindros com monitoramento de gás em tempo real.

A fumigação foi realizada no silo nº 125 com a aplicação de fosfina líquida (Fosfina 97%) usando o equipamento Horn Technologies®, modelo HDS® 200, com capacidade para injetar 47 g/min de fosfina misturada com ar. A aplicação foi feita diretamente na câmara de aeração sob o piso perfurado do silo. A dose aplicada corresponde a 1 g de fosfina por m³.

Para a medição do gás, foi utilizado um monitor de gás FOSFOQUIM®, modelo CertiPH3os®, com capacidade para medir até 4.000 ppm de fosfina, que possui uma bomba de amostragem integrada para medições contínuas do silo, fornecendo registros de concentração a cada 15 minutos durante toda a fumigação.

No final do processo, no quinto dia, o silo foi ventilado e o produto foi liberado para processamento.

Caso 4: Fumigação com fosfina líquida em cilindros mais recirculação com monitoramento de gás em tempo real.

A fumigação foi realizada no silo nº 129 com a aplicação de fosfina líquida (Fosfina 97%) usando o equipamento Horn Technologies®, modelo HDS® 200, com capacidade para injetar 47 g/min de fosfina misturada com ar. A aplicação foi realizada diretamente na câmara de aeração sob o piso perfurado do silo. A dose aplicada corresponde a 1 g de fosfina por m³. Nesse caso, adicionalmente foi usado um ventilador para recircular o ar dentro do silo, da marca J System®, modelo B9, com uma vazão de 900 m³/h durante toda a fumigação.

Para as medições de gás, foi utilizado um monitor de gás Fosfoquim®, modelo CertiPH3os®, com capacidade para medir até 4.000 ppm de fosfina, que possui uma bomba de amostragem integrada para medições contínuas do silo, fornecendo registros de concentração a cada 15 minutos durante toda a fumigação.

No final do processo, no quinto dia, o silo foi ventilado e o produto foi liberado para processamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caso 1: Fumigação com fosfeto de alumínio com monitoramento de gás discreto.

Observa-se que as concentrações de gás aumentam lentamente desde o início da fumigação, atingindo o limite mínimo de concentração em todas as zonas de medição aproximadamente 30 horas após o início do processo. As zonas de medição localizadas mais abaixo no silo mostram concentrações mais altas do que as zonas superiores devido à colocação do fosfeto de alumínio na parte inferior do silo. Com

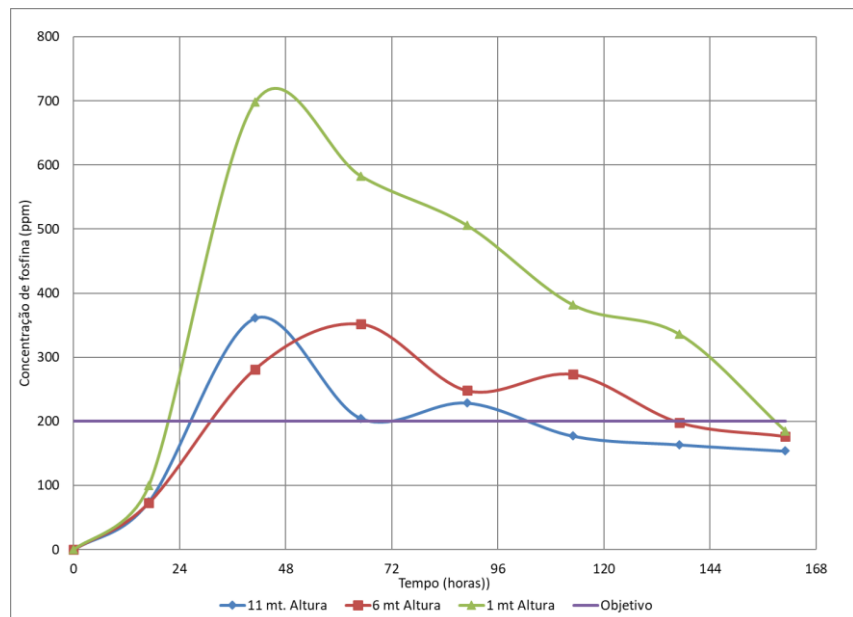


Gráfico 1. Fumigação com fosfeto de alumínio com monitoramento de gás discreto (Caso 1) – Dosis Total 1,57 gr PH_3/m^3

os dados obtidos, o processo pode ser considerado bem-sucedido, pois o objetivo de manter 200 ppm por um tempo de exposição de mais de 72 horas foi alcançado.

Caso 2: Fumigação com fosfeto de alumínio com monitoramento de gás em tempo real.

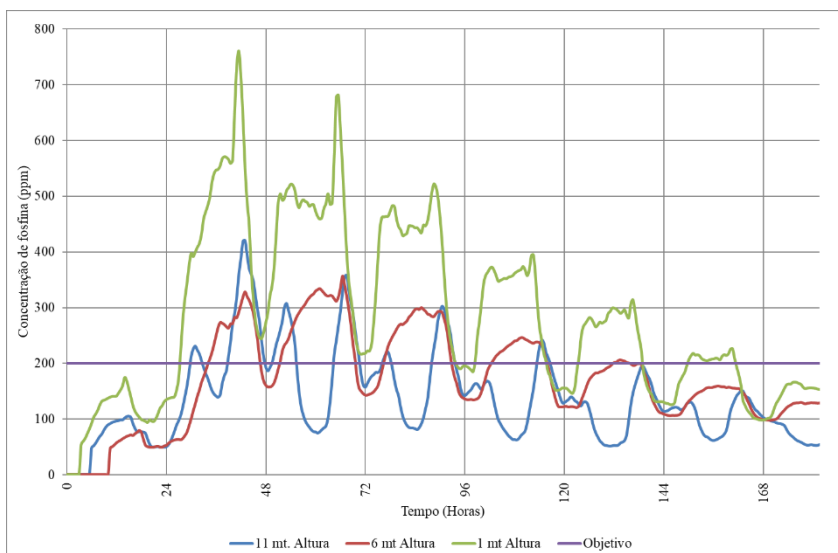


Gráfico 2. Fumigação de fosfeto de alumínio com monitoramento de gás em tempo real (Caso 2) - Dosis total 1,57 gr PH_3/m^3

Nesse caso, ao aumentar a frequência das medições usando o monitor CertiPh3os que realiza medições em tempo real, é possível observar um comportamento muito diferente do caso 1, com oscilações acentuadas nos níveis de concentração e com ciclos de aproximadamente 24 horas entre os picos de concentração.

Esse comportamento pode ser devido a uma combinação

de fatores; a reação de hidrólise dos fosfetos, que depende da umidade e da temperatura, dos movimentos do ar dentro do silo e da hermeticidade. Com essa maior frequência de medições, pode-se ver claramente que o objetivo da fumigação não foi alcançado, pois as concentrações

não se mantém sobre 200 ppm durante o tempo de tratamento. Esse comportamento pode ser a causa dos problemas enfrentados pela planta em termos de sobrevivência de insetos no produto tratado.

Caso 3: Fumigação com fosfina líquida em cilindros com monitoramento de gás em tempo real.

Nesse caso, a fosfina líquida é aplicada e, como pode ser visto, as concentrações de gás aumentam muito rapidamente no silo, atingindo concentrações letais em todas as áreas em menos de duas horas. Durante o processo de injeção, foi detectado que o silo estava em condições herméticas ruins, especialmente na parte inferior do silo, e vazamentos consideráveis puderam ser observados.

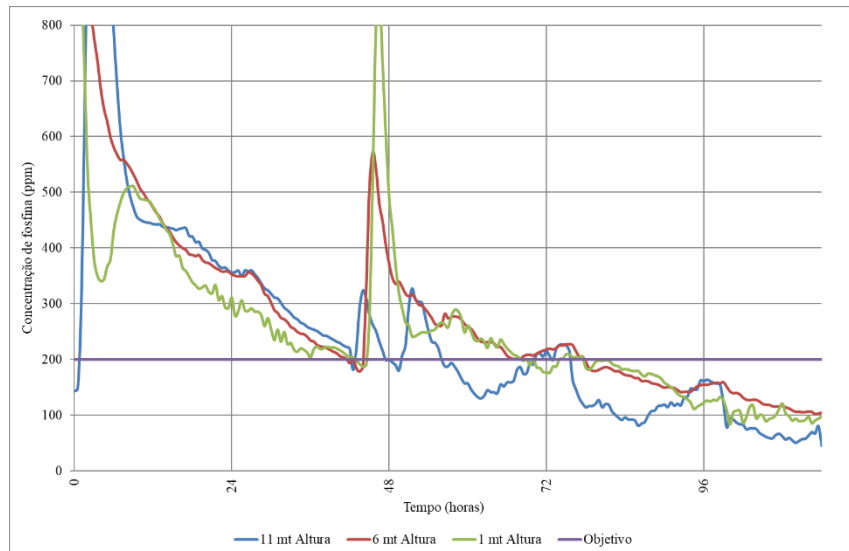


Gráfico 3. Fumigação com fosfina líquida com monitoramento de gás em tempo real (Caso 3) - Dosis Total 1,27 gr PH_3/m^3

Como pode ser visto, a concentração de gás caiu rapidamente no silo, tornando necessária a reinjeção de gás após 48 horas, a fim de manter a concentração e atingir o objetivo do tratamento. Foi aplicada uma reinjeção equivalente a 0,27 g/m³ de fosfina. Apesar do processo de reinjeção, não foi possível manter as concentrações de gás necessárias devido às condições herméticas do silo.

Caso 4: Fumigação com fosfina líquida em cilindros com recirculação e monitoramento em tempo real.

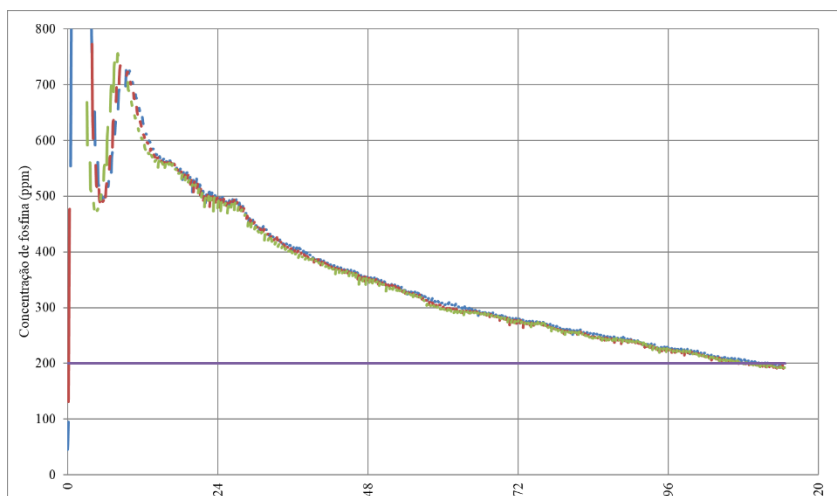


Gráfico 4. Fumigação com fosfina líquida com recirculação e monitoramento em tempo real (Caso 4) - Dosis total 1 gr PH_3/m^3

Nesse caso, a fosfina líquida é aplicada e, como pode ser visto, as concentrações de gás aumentam rapidamente no silo, atingindo concentrações letais em todas as áreas em menos de 2 horas, com comportamento semelhante ao do caso 3. Pode-se observar que o uso do sistema de recirculação gera uma distribuição mais

uniforme do gás em todo o silo. Nesse caso, as concentrações de gás permaneceram acima dos 200 ppm exigidos por mais de 96 horas, atendendo com êxito aos requisitos.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir:

- É essencial ter uma alta frequência de medições de gás para poder avaliar a eficácia do trabalho de fumigação. Isso também nos permite garantir o uso adequado da molécula, evitando a geração de resistência nas populações de insetos, pois medições muito distantes podem ocultar fenômenos como os observados no caso 2, levando a avaliações errôneas dos processos.
- Contar com informações oportunas sobre as concentrações de gás no silo permite a tomada de decisões e ações corretivas, como a reinjeção, que é possível por meio do uso de tecnologias como o HDS®, permitindo aumentar as concentrações de fosfina, evitando a perda de tratamento.
- A combinação de uma alta frequência de medição de gás fosfina com a capacidade de transmissão de dados em tempo real por internet, traz benefícios significativos em termos de eficiência operacional, evitando despesas com transporte e pessoal para verificar o andamento da aplicação.
- A aplicação de fosfina líquida permite que as concentrações de gás sejam atingidas em um tempo muito curto (< 1 hora) em comparação com a aplicação de fosfetos metálicos (> 24 horas), reduzindo significativamente os tempos de fumigação.
- O uso da recirculação tem um efeito importante na distribuição do gás em todo o silo, garantindo uma distribuição homogênea do gás.

BIBLIOGRAFIA

- DUCOM, V.; SIMIONI, F.; MERCADAL, D.; BUSSON, D. A comparative study of phosphine distribution using two application methods with 30,000 gas concentration measurements. In: Pp. 63-70. In: Proceedings of the 11th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Winnipeg, CAF Permanent Committee Secretariat 2021. p. 63-70.
- HORN, F.; HORN, F.; HORN, P.; ROGERS, M. Fosfina Pura en Cilindros, Formas de Uso, Sistemas de Aplicación y Potenciales usos en Brasil. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, 05., 2010, Foz do Iguaçu. Anais, Foz do Iguaçu: ABRAPOS, 2010. p. 105-118.
- VAN S. GRAVER, J. Guide to Fumigation under Gas Proof Sheets. Canberra: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004. 176 p.