

FLOW – AirMixer (FAM) – Estudo de Caso #3

Estudo de Caso - Homogeneização Térmica em Linha de Ar de Processo utilizando Flow AirMixer (FAM)

Resumo Executivo

Durante a investigação de uma limitação operacional em um leito fluidizado, foi identificada uma estratificação térmica significativa no duto de ar aquecido por vapor. Embora o sistema de aquecimento possuísse capacidade suficiente, a distribuição não uniforme da temperatura fazia com que o sensor de controle medisse apenas a região mais quente do escoamento, enquanto outras regiões recebiam ar substancialmente mais frio. Esse gradiente térmico comprometia a operação do leito fluidizado, embora a capacidade instalada do sistema de aquecimento fosse suficiente.

A instalação de um Flow AirMixer (FAM) promoveu a homogeneização do perfil térmico do ar, eliminando a estratificação observada. Como consequência, a temperatura indicada pelo sensor foi reduzida de aproximadamente 95 °C para 82 °C, não por redução da energia fornecida ao processo, mas porque o sensor passou a medir uma temperatura representativa do escoamento como um todo.

Contexto

Radiadores de aquecimento a vapor normalmente são dimensionados para a condição mais severa de operação, correspondente à temperatura mínima do ar ambiente durante o inverno.

Durante grande parte do ano, entretanto, a demanda térmica é significativamente inferior à condição de projeto. Nessa situação, a válvula de controle reduz a vazão de vapor e o radiador passa a operar em carga parcial.

Dependendo da configuração do sistema, essa condição pode produzir uma distribuição não uniforme da transferência de calor ao longo da seção do radiador, originando gradientes de temperatura no ar de processo.

Quando inexistem mecanismos de homogeneização do escoamento, esses gradientes podem permanecer por vários metros após o radiador, comprometendo tanto a representatividade das medições quanto a uniformidade térmica entregue ao processo.

Situação Inicial

Uma planta de processamento de alimentos apresentava limitação de capacidade em um leito fluidizado alimentado por ar aquecido através de um radiador a vapor.

Os instrumentos de controle indicavam condições aparentemente normais de operação, impossibilitando identificar imediatamente a origem do problema.

Durante a inspeção de campo, entretanto, foi observado um comportamento incomum: a parede inferior do duto apresentava temperatura perceptivelmente inferior à região superior, diferença facilmente identificável ao toque.

Essa observação motivou uma investigação detalhada da distribuição térmica do escoamento.

FLOW – AirMixer (FAM) – Estudo de Caso #3

Investigação

Como o cliente não autorizava a abertura de novos pontos de medição no duto, foi realizado um levantamento da temperatura superficial aproximadamente 3 metros após o radiador, utilizando medições distribuídas ao longo da altura do duto.

Embora a temperatura superficial não represente diretamente a temperatura do ar, ela constitui um excelente indicador qualitativo da distribuição térmica existente.

As medições confirmaram uma diferença aproximada de 30 °C entre as regiões superior e inferior da tubulação, evidenciando uma intensa estratificação térmica.

O sensor de temperatura do processo encontrava-se instalado próximo à região superior do duto, exatamente onde as temperaturas eram mais elevadas.

Análise da Causa Raiz

A investigação demonstrou que o problema não estava relacionado à capacidade do radiador, mas sim à distribuição da energia térmica.

Como o equipamento havia sido dimensionado para a condição de inverno, durante a operação em temperaturas ambientes mais elevadas a válvula de vapor permanecia parcialmente fechada.

Nessa condição, o perfil de transferência de calor tornava-se não uniforme, aquecendo determinadas regiões do fluxo mais intensamente que outras.

Sem um elemento capaz de promover a homogeneização do escoamento, o ar permanecia estratificado ao longo do duto.

Consequentemente:

- o sensor media apenas uma região de temperatura elevada;
- o leito fluidizado recebia uma distribuição não uniforme de energia térmica;
- a operação ficava limitada, apesar da potência térmica instalada ser suficiente.

Solução Aplicada

Foi especificado e instalado um Flow AirMixer (FAM-550) após o radiador.

O equipamento promoveu intensa mistura do escoamento, redistribuindo uniformemente a energia térmica existente na seção transversal do duto.

É importante destacar que o FAM não aumenta a potência do radiador, não reduz a demanda térmica do processo e não gera economia direta de energia.

Sua função consiste em eliminar gradientes térmicos, tornando uniforme a distribuição da energia disponível.

FLOW – AirMixer (FAM) – Estudo de Caso #3

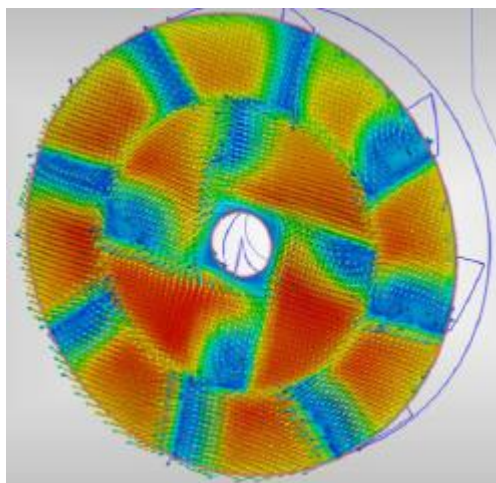


Imagem de estudo para desenvolver FAM redondo

Folha de Dados do produto utilizado

FLOW - AIRMIXER- VORTEXFLOW (FAM)

Cliente:

ID:
Folha de Dados: FVF-CF4-FD Rev. 0
Modelo Calculado: FAM-550
Tipo:
Por:
Data:

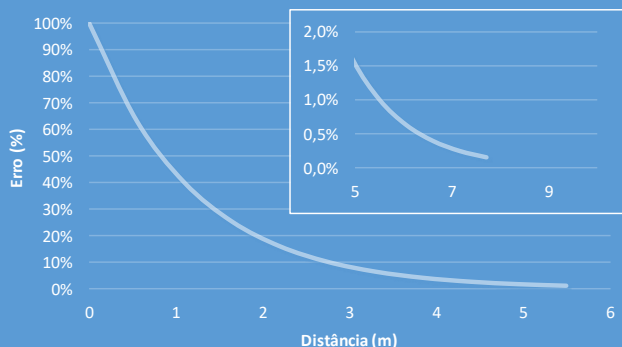


DADOS DE PROCESSO

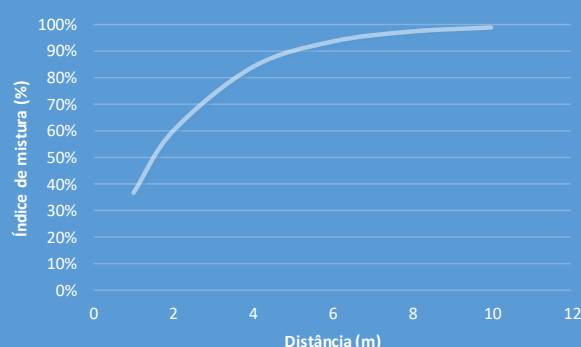
Modelo: FAM-550
Vazão de ar (kg/h) 16000 kg/h
Umidade no ar 4 g/Kg AS
Atm Temp 20 C
Temperatura do ar 82 C
Altitude 200 m
Pressao 98991 Pa
Densidade na mistura 0,969 kg/m3
Vazao vol 16515 m3/h
Velocidade 19,3 m/s
Diâmetro 550 mm
Delta P 10,8 mmCA

Antes do Mixer 2 D
Depois do mixer 8D para eficiência alta
Medição de temperatura > 6 D
Medição de umidade > 8 D
Material SS304
Acabamento Decapado
Tipo solda TIG
Número de Camadas 2
Hélices estimadas 16
Comprimento 150 mm

ERRO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA



UNIFORMIDADE DA MISTURA



FLOW – AirMixer (FAM) – Estudo de Caso #3

Resultados Obtidos

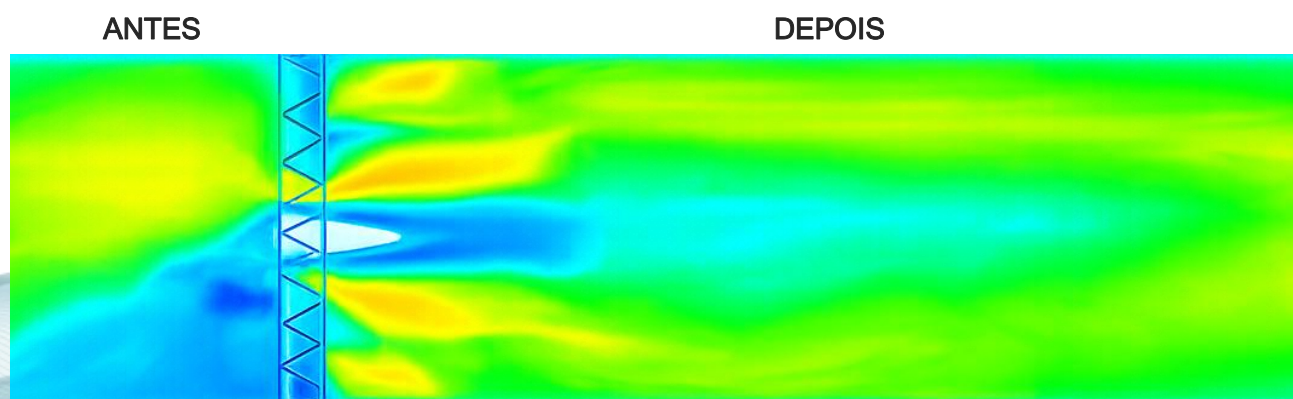
Após a instalação do Flow AirMixer observou-se:

Item	Antes	Depois
Temperatura indicada pelo sensor	~95 °C	~82 °C
Estratificação térmica	~30 °C	~2 °C
Perfil térmico	Não uniforme	Homogêneo
Operação do leito fluidizado	Limitada	Normalizada

Obs.: A redução da temperatura indicada pelo sensor não representa diminuição da energia requerida pelo processo.

Na condição anterior, o sensor estava instalado em uma região significativamente mais quente do escoamento.

Após a homogeneização promovida pelo FAM, a temperatura medida passou a representar adequadamente toda a seção transversal do duto, eliminando regiões de superaquecimento localizadas.



CFD demonstrando a homogeneização do perfil térmico promovida pelo Flow AirMixer.

Discussão Técnica

Uma solução baseada apenas na instalação de sensores adicionais poderia melhorar a estimativa da temperatura representativa do escoamento, porém não eliminaria a causa do problema.

O processo continuaria recebendo regiões de ar mais quente e outras mais frias, mantendo uma distribuição não uniforme da energia térmica.

O Flow AirMixer atua diretamente na causa raiz do fenômeno, promovendo a homogeneização do perfil térmico antes que o ar seja entregue ao processo.

Aplicações Adicionais

FLOW – AirMixer (FAM) – Estudo de Caso #3

O mesmo princípio foi identificado em outra aplicação da mesma planta, desta vez em um sistema de desumidificação por resfriamento.

A investigação mostrou que o ar resfriado apresentava estratificação térmica inversa, com temperaturas inferiores concentradas na região inferior do duto. Essa condição favorecia a condensação localizada no interior da tubulação à medida que o ar atingia a temperatura de orvalho.

Embora, por questões de implantação, o cliente tenha optado pela instalação de drenos para remoção do condensado, a análise demonstrou que a utilização de um Flow AirMixer antes do eliminador de gotas teria promovido a homogeneização do escoamento, reduzindo significativamente a tendência à condensação localizada.

Esse caso evidencia que os benefícios do FAM não se restringem a aplicações de aquecimento, sendo igualmente relevantes em processos de resfriamento.

Conclusão

A investigação demonstrou que a limitação operacional do leito fluidizado não estava associada à capacidade do sistema de aquecimento, mas à estratificação térmica do ar provocada pela operação do radiador em carga parcial.

A instalação do Flow AirMixer eliminou o gradiente térmico existente, tornando uniforme a distribuição da energia ao longo da seção transversal do duto e proporcionando uma condição de operação mais representativa e estável.

Este caso evidencia que a homogeneização do escoamento pode ser tão importante quanto a própria capacidade térmica instalada, especialmente em sistemas de aquecimento e resfriamento sujeitos a grandes variações de carga.