

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**JOÃO VITOR RAMOS FERREIRA
WILLIAN EDUARDO BARBOSA DE JESUS**

**UMEDECIMENTO DE PARTÍCULAS EM LEITO FLUIDIZADO COM ADIÇÃO DE
AR PULSADO**

PONTA GROSSA

2024

**JOÃO VITOR RAMOS FERREIRA
WILLIAN EDUARDO BARBOSA DE JESUS**

**UMEDECIMENTO DE PARTÍCULAS EM LEITO FLUIDIZADO COM ADIÇÃO DE
AR PULSADO**

Particle Moistening In Fluidized Bed With Pulsed Air Addition

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito parcial para a obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Química,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador(a): Maria Regina Parise.

PONTA GROSSA

2024

JOÃO VITOR RAMOS FERREIRA
WILLIAN EDUARDO BARBOSA DE JESUS

**UMEDECIMENTO DE PARTÍCULAS EM LEITO FLUIDIZADO COM ADIÇÃO DE
AR PULSADO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química, Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 11 de junho de 2024

Maria Regina Parise
Doutorado
<http://lattes.cnpq.br/9628534130171420>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Everton Moraes Matos
Doutorado
<http://lattes.cnpq.br/3862730184197182>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Jhon Jairo Ramirez Behainneome
Doutorado
<http://lattes.cnpq.br/7698157175001504>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PONTA GROSSA
2024

RESUMO

FERREIRA, João V. R.; JESUS, Willian E. B. **Umedecimento de partículas em leito fluidizado com adição de ar pulsado**. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 11 de junho 2024.

O fenômeno de fluidização envolve a suspensão de partículas sólidas em um fluxo ascendente de fluido, proporcionando altas taxas de transferência de calor e de massa. Para garantir um desempenho eficaz na umidificação com partículas inertes, é essencial manter a estabilidade fluidodinâmica, prevenindo a aglomeração de partículas e a formação de canais preferenciais. Este trabalho teve como objetivo estudar, utilizando a técnica da frequência central baseada em medidas de flutuação de pressão, a influência da adição de ar pulsado na fluidodinâmica de um leito fluidizado durante a umidificação de partículas sólidas. Para a realização dos ensaios experimentais utilizou-se esferas de vidro como material do leito e água destilada para umedecimento por atomização. As esferas possuem densidade aparente de 2540 kg/m^3 , esfericidade de 0,94 e diâmetro médio de 0,389 mm. Os experimentos ocorreram em uma coluna de leito fluidizado de 1 m de altura e 0,11 m de diâmetro interno, equipado com uma válvula solenóide para pulsação do ar. Utilizou-se razão de velocidade superficial do ar/velocidade de mínima fluidização de 2,2, caracterizando condições de regime borbulhante. As vazões de atomização de água utilizadas foram 6, 10 e 15 mL/min, aplicando simultaneamente frequências de pulsação do ar fluidização de 0 (modo contínuo), 1, 3 e 5 Hz, totalizando 12 ensaios experimentais. Os testes realizados demonstraram que a transição do regime borbulhante para a defluidização ocorre quando a frequência central do sinal das flutuações de pressão diminui. Foi observado que, sem a adição de ar pulsado, um aumento na vazão de atomização proporciona redução do tempo necessário para o início da defluidização, embora esse aumento na vazão da água adicionada não interfira no tempo para alcançar posteriormente o estado de leito fixo. Com a adição de pulsação do ar de fluidização, a maioria dos casos mostrou uma redução ainda maior no tempo necessário para a defluidização, sugerindo que a pulsação contribui para distribuir mais rapidamente a água adicionada no volume do leito. No entanto, em alguns casos, aumentou o tempo para alcançar o estado de leito fixo. Em geral, para baixas vazões de água adicionada, a pulsação tende a promover mais rapidamente a defluidização e a condição de leito fixo. Para vazões um pouco mais elevadas, uma frequência de 3 Hz foi suficiente para alcançar resultados significativos, como um aumento de tempo para atingir a defluidização e um maior tempo de duração dos experimentos. Sendo o ensaio com 10 mL/min e 3 Hz de pulsação que apresentou os melhores resultados, tendo um aumento de 3,6 vezes maior no tempo necessário para a defluidização e 4,5 vezes maior para que fosse atingido o leito fixo quando comparados com o ensaio de 10 mL/min sem adição de pulsação. Este estudo comprova que a introdução de pulsação em leitos fluidizados pode melhorar a homogeneidade do leito, a distribuição de umidade, e dependendo da frequência e vazão de atomização aplicadas, pode ser benéfica quando se trata de secagem utilizando um gás de fluidização a temperaturas mais altas.

Palavras-chave: umedecimento; leito fluidizado pulsado; suspensão diluída; gás sólido

() Não autorizo a disponibilização de endereço de correio eletrônico para contato.

(X) Autorizo a disponibilização do seguinte correio eletrônico para contato:

Willian Eduardo: willianed.jesus@gmail.com

João Vitor: joaovitorrf16@gmail.com

ABSTRACT

FERREIRA, João V. R.; JESUS, Willian E. B. **Particle moistening in fluidized bed with pulsed air**. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 11 de junho 2024. Título original: Umedecimento de partículas em leito fluidizado com adição de ar.

The phenomenon of fluidization involves the suspension of solid particles in an upward flow of fluid, providing high rates of heat and mass transfer. To ensure effective performance in humidifying with inert particles, it is essential to maintain fluid dynamic stability, preventing particle agglomeration and the formation of preferential channels. This work aimed to study, using the central frequency technique based on pressure fluctuation measurements, the influence of adding pulsed air on the fluid dynamics of a fluidized bed during the humidification of solid particles. Glass beads were used as the bed material, and distilled water was used for wetting by atomization in the experimental tests. The beads have an apparent density of 2540 kg/m^3 , sphericity of 0.94, and a mean diameter of 0.389 mm. The experiments took place in a height of 1 m and 0.11 m internal diameter fluidized bed column, equipped with a solenoid valve for air pulsation. A superficial air velocity to minimum fluidization velocity ratio of 2.2 was used, characterizing bubbling regime conditions. Water atomization flow rates of 6, 10, and 15 mL/min were used, applying air pulsation frequencies of 0 (continuous mode), 1, 3, and 5 Hz simultaneously, totaling 12 experimental tests. The tests showed that the transition from the bubbling regime to defluidization occurs when the central frequency of the pressure fluctuation signal decreases. It was observed that without the addition of pulsed air, an increase in the atomization flow rate leads to a reduction in the time required for the onset of defluidization, although this increase in added water flow does not interfere with the time to subsequently reach the fixed bed state. With the addition of fluidized air pulsation, in most cases, there was an even greater reduction in the time required for defluidization, suggesting that pulsation helps to distribute the added water more rapidly in the bed volume. However, in some cases, it increased the time to reach the fixed bed state. In general, for low flow rates of added water, pulsation tends to promote defluidization and fixed bed conditions more rapidly. For slightly higher flow rates, a frequency of 3 Hz was sufficient to achieve significant results, like an increase in the time to reach defluidization and a longer duration of the experiments. The test with 10 mL/min and 3 Hz pulsation showed the best results, with a 3.6 times increase in the time required for defluidization and a 4.5 times increase to achieve the fixed bed compared to the test with 10 mL/min without pulsation added. This study proves that introducing pulsation in fluidized beds can improve bed homogeneity, moisture distribution, and depending on the applied frequency and atomization flow rates, it can be beneficial for drying using a higher-temperature fluidization gas.

Keywords: Moistening; Pulsed Fluidized Bed; Dilute Suspension; Gas-Solid.