



INVESTIGAÇÃO DA FORÇA DE ADESÃO ENTRE PARTÍCULAS E UMA SUPERFÍCIE PLANA USANDO A TÉCNICA CENTRÍFUGA.

MATHEUS HENRIQUE MARQUES¹, MARCIELI KARINA RODRIGUES², JEFERSON DA SILVA CORREA JUNIOR³, MARCOS ALCEU FELICETTI⁴

1 Introdução

Em todos os processos de produção a eficiência é um dos fatores mais importantes, principalmente em relação ao aspecto econômico. Portanto, todas as espécies de perda são indesejáveis em qualquer indústria que busca alta eficiência. No que diz respeito à produção de alimentos, fármacos, principalmente quando há uso de tubulações, a adesão entre materiais pulverulentos (pós) e a superfície de equipamentos pode causar perda significativa às indústrias. Adesão pode ser entendida como a atração entre dois corpos sólidos com superfícies de contato comuns produzida pela existência de forças atrativas intermoleculares de ação a curta distância (Charlaix e Crassous, 2005).

Para estudos efetivos sobre força de adesão entre determinado material e uma superfície é imprescindível que as propriedades de ambos sejam conhecidas, uma vez que essas forças atrativas dependem das mesmas.

Diferentes métodos e técnicas experimentais foram desenvolvidos durante anos, afim de determinar a força de adesão entre partículas e uma superfície (Krupp, 1967; Boehme, Krupp, Rabenhorst e Sandstede, 1962; Lodge, 1983), entre os quais, a técnica Centrífuga (Otsuka, Iida, Danjo e Sunada, 1988; Booth e Newton, 1987; Otsuka, Iida, Danjo e Sunada, 1983; Podczec et al., 1995; Shimada et al., 2000; Zhou et al., 2003 e Takeuchi, 2006) tem sido amplamente difundida e utilizada.

O diferencial desta técnica é o fato de, através dela, ser possível determinar a

1 Graduando em Engenharia de Alimentos, instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, contato: matheushenriquemarques7@gmail.com

2 Graduanda em Engenharia de Alimentos, Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: marcieli.karina@gmail.com

3 Graduando em Engenharia de Alimentos, Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: jef.correa2609@gmail.com

4 Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul - PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: marcos.felicetti@uffs.edu.br **Orientador.**



força de adesão entre partículas regulares e irregulares em superfícies lisas e rugosas, potencializando sua utilização. Além disso, a técnica centrífuga permite determinar a força de adesão através da distribuição da força adesiva dentro de um grupo grande de partículas (incluindo até 100 partículas) sobre um substrato, em uma única medida (Böhme et al., 1962). Para que a força de adesão entre as partículas e a superfície dos discos seja determinada, essa técnica é empregada para analisar a velocidade de rotação da centrífuga e monitorar o tamanho e a percentagem de partículas desprendidas.

Os resultados dos estudos anteriormente citados permitem análises posteriores para tornar o processo, o produto e o equipamento em um conjunto que elimine o máximo possível de perdas, o que justifica a execução deste projeto. Além disso, os estudos realizados sobre a força de adesão do material pulverulento inorgânico abordado (CaO – Óxido de Cálcio) serão pertinentes para futuras necessidades industriais de aplicação ampla.

2 Objetivos

Investigar a influência do tamanho das partículas do material pulverulento inorgânico (CaO – Óxido de Cálcio) sobre a força de adesão partícula-superfície, utilizando a técnica centrífuga para diferentes velocidades de compressão (*press-on*) e desprendimento (*spin-off*).

3 Metodologia

Uma centrífuga, cujo rotor possui dois adaptadores, especialmente construídos, que permitiram a deposição das partículas no disco de prova (aço inoxidável) perpendicularmente ao eixo de rotação da centrífuga foi utilizada para a execução deste projeto de pesquisa. Foram monitorados o tamanho e a percentagem das partículas desprendidas, para que a força de adesão entre as partículas e a superfície dos discos fosse determinada, de acordo com a velocidade de rotação da centrífuga.

A visualização das partículas que permaneceram nos discos foi viabilizada pela utilização de um microscópio óptico com câmera acoplada para registro de imagens. As imagens obtidas foram analisadas por um programa analisador de imagens (Image-Pro

1 Graduando em Engenharia de Alimentos, instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, contato: matheushenriquemarques7@gmail.com

2 Graduanda em Engenharia de Alimentos, Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: marcieli.karina@gmail.com

3 Graduando em Engenharia de Alimentos, Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: jef.correa2609@gmail.com

4 Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul - PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: marcos.felicetti@uffs.edu.br **Orientador.**



Plus 7.0) e, então, a força de adesão partícula-superfície foi determinada.

Para materiais pulverulentos é necessária uma umidade baixa, uma vez que as forças de Van der Waals são as forças predominantes na determinação da força de adesão. Para que esse controle de umidade fosse possível, o material pulverulento foi armazenado em dessecadores de sílica-gel antes da realização dos experimentos.

O disco foi acomodado no adaptador e no tubo após controle da umidade relativa do ar abaixo de 50% e da dispersão uniforme das partículas pulverulentas sobre a superfície do disco de prova, em seguida, foi submetido ao processo de centrifuga. Para realização do processo de centrifuga, o disco foi disposto no equipamento de forma que a força centrífuga comprimisse as partículas sobre a superfície do disco. Esta força de compressão (*press-on*) foi aplicada sobre o disco de prova na velocidade de rotação de 3.000 rpm, sendo 1 minuto o tempo da força aplicada. Após este processo, os discos foram levados para captura de imagens no microscópio anteriormente citado afim de registrar a quantidade/características das partículas na superfície. Depois desta etapa, os discos foram levados novamente à centrífuga, desta vez em posição invertida da etapa de *press on* para o desprendimento das partículas pulverulentas (*spin-off*), também por 1 minuto. As forças de *spin-off* aplicadas sobre os discos foram nas velocidades de rotação de 1.000, 3.000, 5.000, 7.000 e 10.000 rpm, sendo 10.000 rpm a velocidade máxima de rotação da centrífuga disponível em nosso laboratório. Após esta etapa, os discos foram novamente levados ao microscópio para captura de imagens e futura análise através da utilização do software (Image-Pro Plus 7.0).

A força de adesão partícula-substrato foi obtida pela separação das faixas de diâmetro de partícula (CaO)

4 Resultados e Discussão

Os resultados não puderam ser analisados devido a ocorrência de imprevistos, como a pandemia do COVID 19; porém, espera-se que a granulometria tenha influência na força de adesão partícula-superfície, de maneira que a força de adesão aumente com o aumento do diâmetro médio das partículas pulverulentas.

1 Graduando em Engenharia de Alimentos, instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, contato: matheushenriquemarques7@gmail.com

2 Graduanda em Engenharia de Alimentos, Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: marcieli.karina@gmail.com

3 Graduando em Engenharia de Alimentos, Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: jef.correa2609@gmail.com

4 Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul - PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: marcos.felicetti@uffs.edu.br **Orientador.**



5 Conclusão

Assim que as atividades presenciais forem retomadas será possível a análise da influência das características, tanto do material quanto da superfície, na força de adesão partícula-superfície.

Referências

Felicetti MA. “Investigação da influência do tamanho das partículas de materiais pulverulentos sobre a força de adesão em diferentes substratos aplicando a Técnica Centrífuga” [internet]. 2008. [Acesso em: 14 fev. 2020]. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3856/1719.pdf?sequence=1>.

KRUPP, H., “Particle adhesion theory and experiment”, Adv. Coll. Interface Science, v.1, n.2, p. 111 - 239, 1967.

LODGE, K. B., “Techniques for the measurement of forces between solids”, Adv. Colloid Interface Sci., v. 19, p. 27, 1983.

OTSUKA, A., IIDA, K., DANJO, K. and SUNADA, H.; “Measurement of the Adhesive Force between Particles of Powdered Organic Substances and a Glass Substrate by Means of the Impact Separation Method, I, Effect of Temperature”, Chem. Pharm. Bull., 31, p. 4483, 1983.

PODCZECK, F., NEWTON, J.M., “Development of an ultracentrifuge technique to determine the adhesion and friction properties between particles and surfaces”. J. Pharmaceutical sciences, v.84, n.9, p. 1067 - 1071, 1995.

TAKEUCHI, M., “Adhesion forces of charged particles”. Chemical Engineering Science, v.61, n.7, p. 2279 – 2289, 2006.

Palavras-chave: Adesão, interação partícula-superfície, técnica centrífuga, compressão, descompressão, Óxido de Cálcio.

Financiamento

UFFS- Universidade Federal da Fronteira Sul (Edital 459/GR/UFFS/2019).

1 Graduando em Engenharia de Alimentos, instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, contato: matheushenriquemarques7@gmail.com

2 Graduanda em Engenharia de Alimentos, Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: marcieli.karina@gmail.com

3 Graduando em Engenharia de Alimentos, Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul-PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: jef.correa2609@gmail.com

4 Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Laranjeiras do Sul - PR, Endereço: Rodovia BR 158 - Km 405, CEP 85301-970, E-mail: marcos.felicetti@uffs.edu.br **Orientador.**