

## **INFLUÊNCIA DO PRINCÍPIO DE ALIMENTAÇÃO, VAZÃO DE GÁS DE ARRASTE E TIPO DO PÓ METÁLICO NA VAZÃO MÁSSICA DA DEPOSIÇÃO POR LMD (*LASER METAL DEPOSITION*) PARA MANUFATURA ADITIVA<sup>1</sup>**

Júlia Selbach Machioro<sup>2</sup>, Danielle Bond<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Vinculado ao projeto “Estudo do Processamento de Ligas Metálicas com Nanopartículas Utilizando Plasma por Arco Transferido (PTA) para Manufatura Aditiva”

<sup>2</sup>Acadêmica do curso de Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PROIP/UDESC

<sup>3</sup>Orientadora, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – CCT – daniellebond80@gmail.com

A manufatura aditiva é uma tecnologia ainda pouco explorada no mercado, principalmente devido a seu maior custo, e consiste em unir material para formar objetos a partir de um modelo computacional, geralmente construindo camada por camada. Existem variações desse processo, principalmente com relação a forma física da matéria prima e fonte de energia. Destaca-se aqui o processo de *Laser Metal Deposition* (LMD), que consiste na manufatura aditiva com matéria prima em pó metálico depositado juntamente com a fonte de energia, especificamente feixe de *laser*.

Como em qualquer processo de construção, existem muitas variáveis que influenciam nas características da peça final, no caso do LMD pode-se citar a vazão mássica de pó, que influencia a espessura da camada depositada e, portanto, a microestrutura final e acuracidade dimensional da peça. Além disso, caso esse parâmetro não for constante, gera vales e picos de deposição que por sua vez geram problemas como falta de fusão, entre outros. Tendo em vista a importância da vazão mássica de pó, pode-se estudar as variáveis que influenciam esse parâmetro, como as características do pó a ser alimentado e a vazão de gás de arraste utilizada, sendo o gás de arraste um fluxo que auxilia o carregamento do pó da armazenagem até o bocal de deposição. Neste contexto, o objetivo desse trabalho é analisar a influência desses dois parâmetros na vazão mássica de alimentação da matéria prima no processo de LMD.

Para estudar a influência da matéria prima analisaram-se dois pós metálicos, aço inoxidável AISI 316L e Inconel 625, ambos fornecidos pela Höpfganas. Realizou-se a caracterização desses pós por meio de análise de escoabilidade com funil Hall, conforme a norma ASTM B213 (ASTM, 2013), amostras de pó foram embutidas, passaram por preparação metalográfica e sua microestrutura foi revelada por reagente Marble. Além disso, as amostras foram analisadas em suas seções transversais com microscopia óptica e eletrônica de varredura. Os pós passaram também por uma análise de imagem dinâmica no equipamento Particle Insight, que analisou a morfologia de cerca de 8500 partículas de ambos os pós. Essa análise fornece valores de compactidade e distribuição de diâmetro equivalente em área.

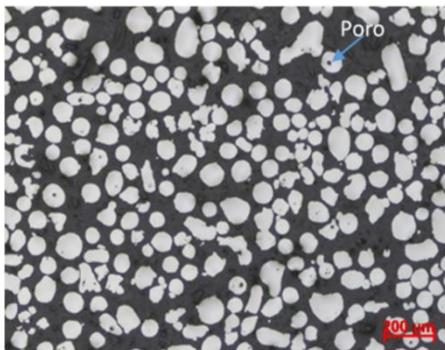
Para analisar as influências dos pós na vazão mássica alimentada fez-se a calibração do alimentador da máquina de LMD RPMI 535, da empresa americana PRM Innovations Inc., medindo a cada dois minutos de alimentação o peso do pó coletado, variando com incrementos de 1 rpm a rotação do disco de alimentação de 1 até 20 rpm, usando vazão de gás de arraste constante em 6 L/min. Já para analisar a influência do gás de arraste, fixou-se a vazão mássica em 13 g/min e variou-se de 4 até 10 L/min a vazão de argônio.

Os resultados obtidos da caracterização dos pós foi uma média de 19,3 segundos de escoabilidade de 50g de aço inox 316L e de 15,0 segundos para escoar 50g de Inconel 625, as imagens em microscópio eletrônico de varredura mostram presença de partículas satélite e partículas irregulares com maior frequência na amostra de aço 316L, em comparação com a amostra de Inconel 625. As análises em microscópio óptico da seção transversal das partículas

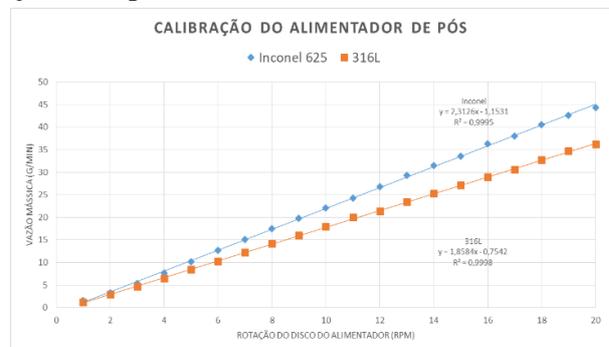
mostra pouca presença de poros internos em ambas as amostras, conforme destacado na Figura 1. Os resultados obtidos a partir do Particle Insight mostram a distribuição granulométrica das partículas, para ambos os pós são normais e homogêneas, e a média de diâmetro das partículas é de  $105,6\mu\text{m} \pm 31,9\mu\text{m}$  para o aço 316L e  $83,8\mu\text{m} \pm 22,3\mu\text{m}$  para o Inconel 625. Já para o fator de compactidade, que aproxima a partícula de um círculo sendo 1 o valor de um círculo perfeito, obteve-se um valor médio de  $0,576 \pm 0,092$  para o aço 316L e  $0,598 \pm 0,091$  para o Inconel 625. Comparando com os resultados obtidos por Mostafaei, *et al* (2018), que compara o fator de compactidade de pó de Inconel 625 atomizado à água e à gás, entende-se que esses valores de compactidade são baixos, mas ainda coerentes com os resultados de escoabilidade, sendo a do Inconel 625 mais rápida e, portanto, esperava-se que tivesse circularidade maior, o que de fato aconteceu.

Para complementar esses resultados fez-se a calibração vazão mássica alimentada por rotação do disco de alimentação na máquina de LMD e, conforme esperado a partir da caracterização dos pós metálicos, o pó de Inconel 625, que escoar mais rapidamente, apresenta uma maior vazão mássica para mesmas rotações do disco de alimentação, quando comparado com o pó de aço 316L, conforme mostrado no gráfico da Figura 2. Ao analisar a influência da vazão de gás de arraste, percebe-se que não há grandes variações na vazão mássica alimentada quando aumentamos ou diminuímos a vazão de argônio, sendo o ponto de maior vazão mássica atingido perto de 6 L/min de vazão de gás de arraste, conforme indicado pelo fornecedor da máquina.

Com esses resultados, conclui-se que as características de morfologia e escoamento dos pós tem influência na vazão mássica alimentada, visto que esse parâmetro é maior para o pó que se apresentou mais uniforme e de escoamento mais rápido, já a vazão de gás de arraste não gera grandes variações. Dessa forma, visto que variações nas características das peças são indesejadas em produções em série, conclui-se que o pó utilizado na deposição deve ser caracterizado antes do processo, pois tem grande influência na deposição e, dependendo da rota de produção do pó, podem haver grandes variações nas partículas de lotes e marcas diferentes.



**Figura 1.** Morfologia do pó do aço AISI 316L



**Figura 2.** Gráfico de calibração do alimentador para pós de aço 316L e Inconel 625

**Palavras Chave:** Laser Metal Deposition. Inconel 625. AISI 316L.

#### Referências:

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM B213-13, **Standard Test Methods for Flow Rate of Metal Powders Using the Hall Flowmeter Funnel**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- MOSTAFAEI, A. *et al.* **Comparison of characterization methods for differently atomized nickel-based alloy 625 powders.** Powder Technology, v. 333, p. 180-192, 2018.