

# Metodologia para análise da degradação da matéria-prima utilizados em processos de fusão em leito de pó metálico

Marcello Vertamatti Mergulhão  
Marcelo Fernandes de Oliveira

mvmergulhao@cti.gov.br

## INTRODUÇÃO

O uso de pós metálicos utilizados em processos de manufatura aditiva (MA) via fusão em leito de pó (do inglês *powder bed fusion - PBF*) é um dos principais fatores associados ao custo, eficiência e qualidade das peças fabricadas. A qualidade da matéria-prima associada às características das propriedades físicas e químicas dos pós devem ser rigorosamente avaliadas durante seu ciclo de vida (vide Figura 1).

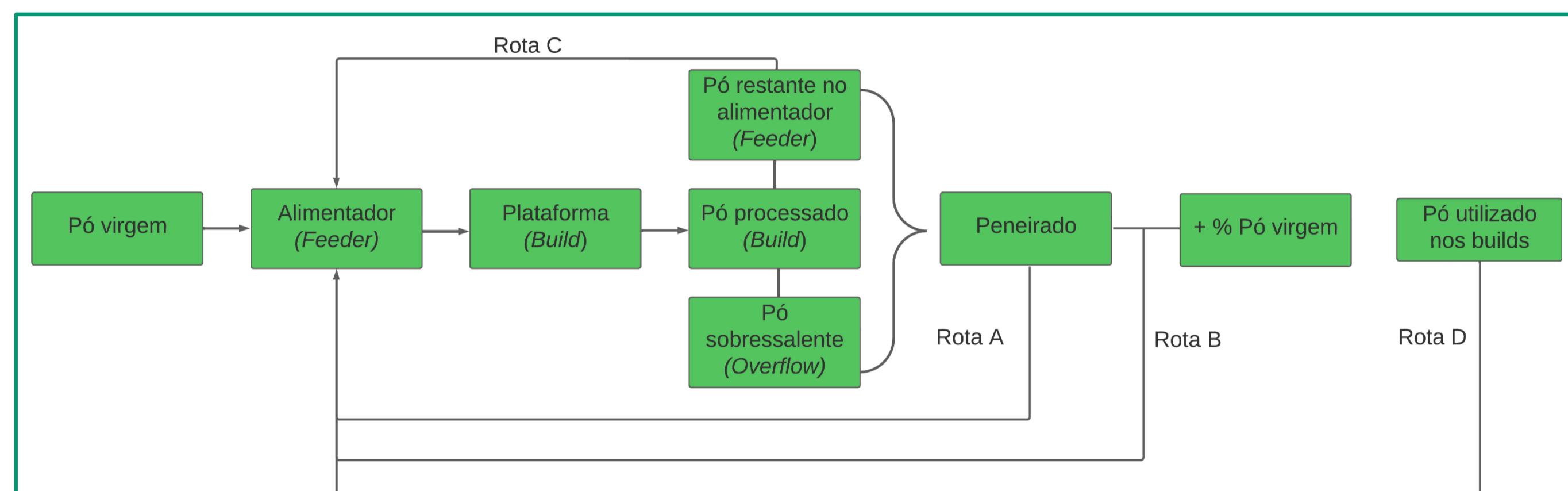


Figura 1 – Rotas do ciclo do uso da matéria-prima utilizada nos processos PBF.

A partir dessa premissa, os procedimentos de reuso e análises da qualidade do pó utilizados nos processos de PBF devem ser estabelecidos com certa periodicidade durante as fabricações realizadas. Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia para analisar a degradação da matéria-prima a fim de proporcionar um controle rígido, em específico para a liga de Ti-6Al-4V.

## OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma metodologia para analisar a degradação dos pós metálicos a fim de proporcionar a qualidade e integridade das peças.

## MÉTODOS

Este estudo avalia uma metodologia desenvolvida para análise da degradação da matéria-prima de Ti-6Al-4V (vide Tabela 1) utilizada em processos PBF de laser e elétrons, respectivamente com tamanhos de partícula de 15-45 µm e 45-106 µm.

Tabela 1 – Composição química da matéria prima utilizada nos processos de PBF.

Liga	Al	V	Fe	O	C	N	H	Y	Ti	ASTM
Ti64 Gd.5	5.5 - 6.75	3.5 - 4.5	0.30	0.20	0.08	0.05	0.015	0.005	Balanço	F2924
Ti64 Gd.23	5.5 - 6.50	3.5 - 4.5	0.25	0.13	0.08	0.05	0.012	0.005	Balanço	F3001

A análise de pequenas frações volumétricas do pó devem ser conduzidas por distintas características (físicas e químicas) durante o ciclo de vida do lote com base na norma ISO/ASTM 52907-19. Conforme fluxograma da Figura 2, a matéria-prima será coletada em diferentes etapas do processo de manipulação do lote, por meio de amostras de pó "AP" e de corpos de prova "CP" padronizados.

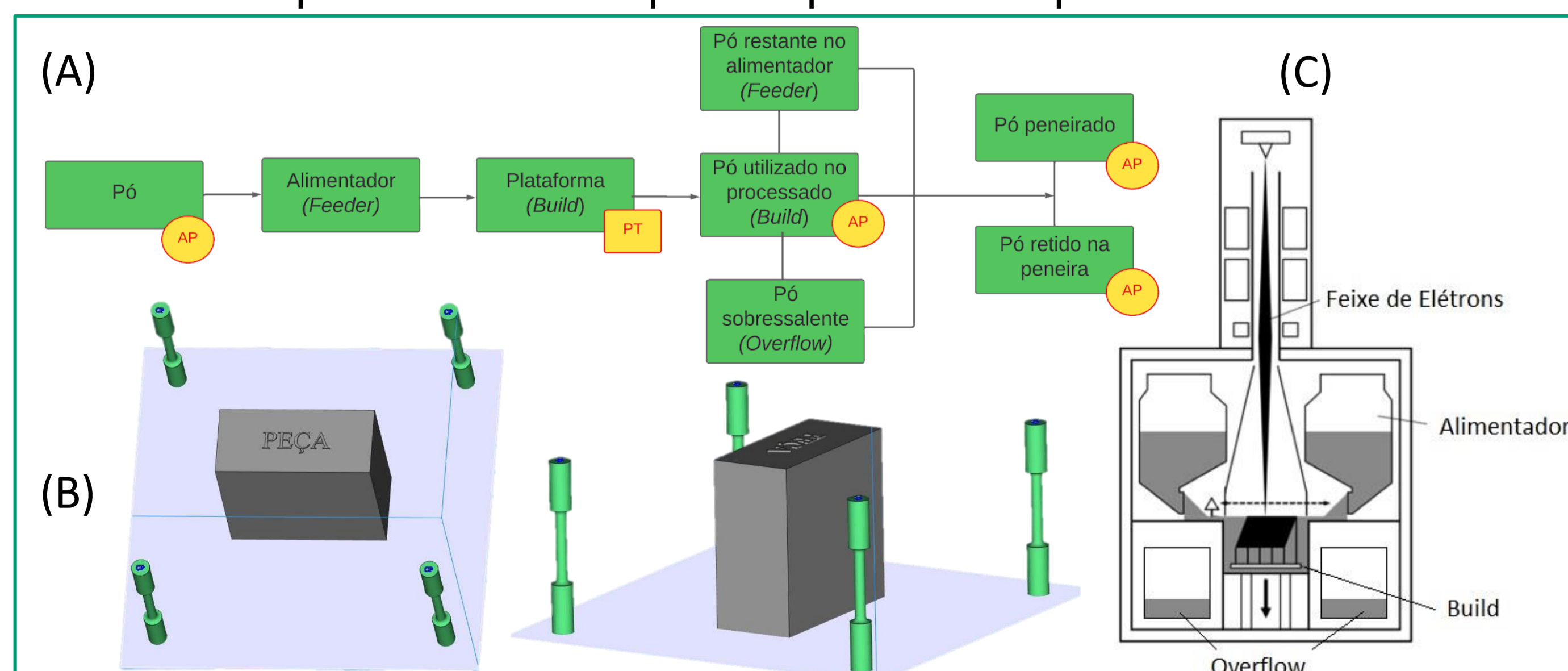


Figura 2 – (A) Esquema de seleção de amostras para análise da degradação durante o ciclo de uso da matéria-prima, (B) amostras de CP padronizados durante fabricação do build e (C) representação da matéria-prima no processo E-PBF.

## RESULTADOS

Com base na metodologia desenvolvida são apresentados os resultados preliminares de morfologia das partículas por MEV e composição química por FRX e LECO dos elementos de O e N. São evidenciados os resultados com base em referências bibliográficas para compor a metodologia do procedimento da análise de degradação da matéria-prima.

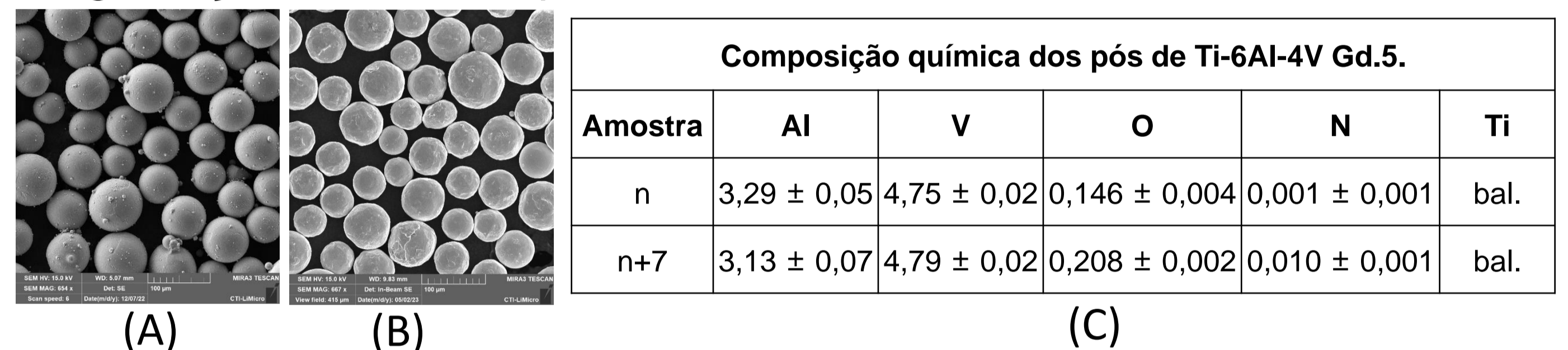


Figura 3 – Degradação do pó de Ti64 Gd.5 comparação entre 7 corridas da amostra (a) para (b) e (c) composição química por FRX e LECO.

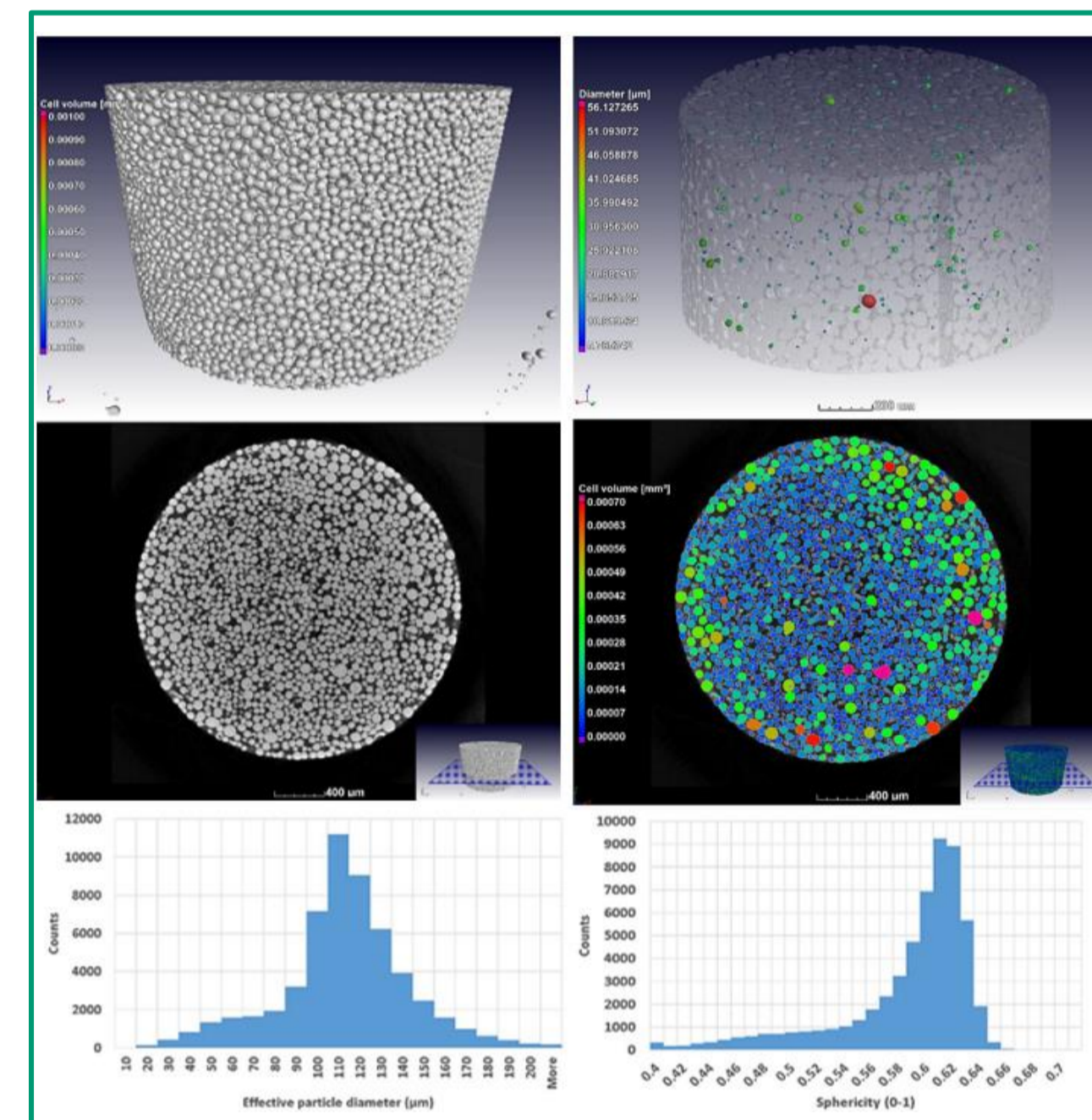


Figura 4 – Uso de microtomografia na avaliação de porosidade interna, distribuição de tamanhos de partícula e esfericidade. Fonte: Du Plessis et al, 2018.

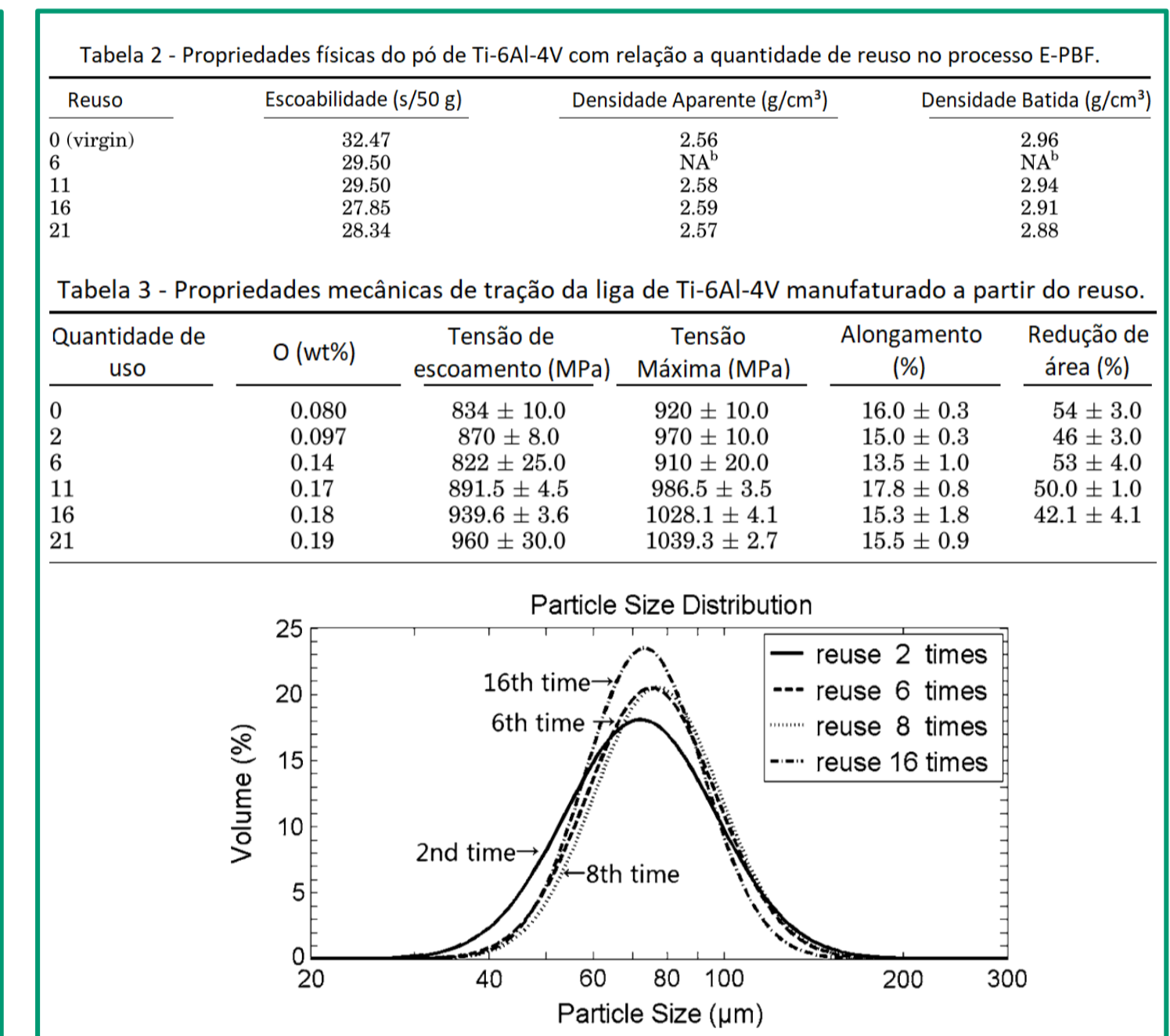


Figura 5 – Resultados de propriedades de escoabilidade, mecânicas e tamanho das partículas durante a degradação de pós de Ti64 por E-PBF. Fonte: Tang et al, 2015.

## CONCLUSÕES

Os resultados iniciais apresentados e a metodologia resultante da bibliografia revelam a principal alteração no formato das partículas e na composição química da matéria-prima para os elementos de O e N. Como também, verifica-se a influência das propriedades mecânicas com a quantidade de reuso da matéria-prima. As estratégias de reuso ainda não apontam uma definição pelas normas responsáveis da área, pois esta diretamente associado ao fluxo de produção das peças fabricadas. A principal contribuição desta pesquisa estende o conhecimento de ponta sobre estratégias de reuso de pós metálicos, propondo modelos preditivos para o ciclo de vida da matéria-prima utilizada em processos de PBF. Como também podendo ser aplicada a outras tecnologias de MA.

## REFERÊNCIAS

- ASTM F2924-14(2021). Standard Specification for Additive Manufacturing Titanium-6 Aluminum-4 Vanadium with Powder Bed Fusion. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.
- ASTM F3001-14(2021). Standard Specification for Additive Manufacturing Titanium-6 Aluminum-4 Vanadium ELI (Extra Low Interstitial) with Powder Bed Fusion. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.
- Du Plessis, A. et al. Standard method for microCT-based additive manufacturing quality control 4: Metal powder analysis. *MethodsX*, 5, 1336–1345, 2018.
- ISO/ASTM 52907-19. Additive Manufacturing-Feedstock Materials-Methods to Characterize Metal Powders. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.
- Tang, H. P. et al. Effect of Powder Reuse Times on Additive Manufacturing of Ti-6Al-4V by Selective Electron Beam Melting. *JOM*, 67(3), 555–563, 2015.

**AGRADECIMENTOS:** Agradeço ao CNPQ e à comissão PCI pela contemplação da bolsa. Agradeço ao CTI Renato Archer pela infraestrutura para execução deste trabalho. Agradeço a parceria do Prof. Dr. Rubens Caram e ao Márcio Sangali pelas análises químicas realizadas na FEM/UNICAMP. Aos meus colegas de laboratório e em especial ao meu orientador Marcelo Fernandes de Oliveira, pelo conhecimento e oportunidades de debate que contribuem tanto para o trabalho como para meu desenvolvimento como pesquisador.