cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

ANÁLISE EXPERIMENTAL COM CILINDROS DE PLA COM INTEGRAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL | EXPERIMENTAL ANALYSIS WITH PLA CYLINDERS INCORPORATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Eduardo Miranda da Silva[1];
Daniel Filipe Vieira[1],
Hugo Sakai Idagawa[1],
Ricardo Favaro[1],
Carlos Augusto de Araújo Melo[1],
[1]Centro Universitário UniSENAI

Introdução

A manufatura aditiva por impressão 3D tem ampliado sua aplicação industrial, sendo o PLA um dos materiais mais utilizados. Entretanto, variações no processo de fabricação podem gerar **defeitos internos não identificáveis externamente**, comprometendo o desempenho mecânico das peças.

Como identificar automaticamente essas possíveis anomalias?

Este trabalho integra análise estatística, mineração de dados e Inteligência Artificial para investigar o comportamento de cilindros de PLA e identificar amostras com padrões atípicos.

Objetivos

Documentar e validar uma metodologia baseada em análise estatística, mineração de dados e aprendizado de máquina para **identificação** de amostras cilíndricas de PLA com possíveis **defeitos internos**, utilizando apenas variáveis físicas de fácil obtenção experimental, sem qualaquer alteração física

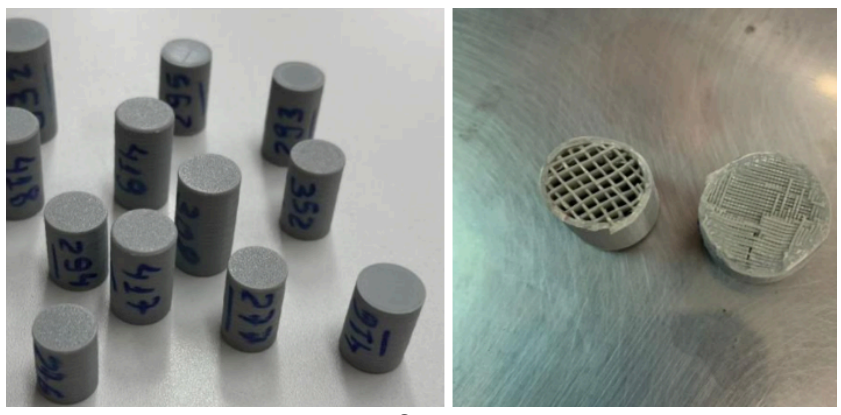


Figura 1. Diferença entre amostra defeituosa e legítima

Metodologia

Ensaios mecânicos foram realizados em amostras cilíndricas de PLA produzidas por impressão 3D, utilizando balança de precisão (0,1 g), paquímetros e máquina de ensaio Kratos. Parte das amostras possuía variações intencionais no processo de fabricação, introduzidas sem conhecimento prévio de quais eram para pesquisadores, simulando um cenário de controle de qualidade às cegas.

O processamento dos dados adaptou as etapas do **processo KDD** (Knowledge Discovery in Databases):

1. **Pré-processamento e limpeza dos dados**
   Python com NumPy e Pandas
2. **Análise estatística exploratória**
   Estatísticas descritivas e matriz de correlação com Matplotlib e Seaborn
3. **Modelagem estatística**
   Regressão linear entre massa × resistência e análise de resíduos
4. **Detecção de anomalias**
   Aplicação do algoritmo Isolation Forest, utilizando Scikit-l earn
5. **Validação de estabilidade**
   Reamostragem bootstrap (200 iterações) para avaliar a consistência dos outliers identificados.

Resultados e Discussão

A análise estatística evidenciou uma **relação positiva entre massa e resistência mecânica**, indicando que variações físicas nas amostras podem influenciar seu desempenho. A análise de resíduos também revelou peças com comportamento significativamente diferente da tendência geral, sugerindo possíveis variações estruturais internas. Em complemento, o algoritmo **Isolation Forest** identificou **37 amostras com comportamento anômalo** em relação ao padrão do conjunto de dados.

Para avaliar a consistência dessas classificações, foram realizadas **200 reamostragens bootstrap**. Como resultado, **29 das 37 amostras (78,4%) apresentaram estabilidade igual ou superior a 90%**, sendo consideradas outliers robustos. As demais foram classificadas como casos de fronteira, e nenhuma apresentou estabilidade inferior a 50%, reforçando a consistência das anomalias identificadas.

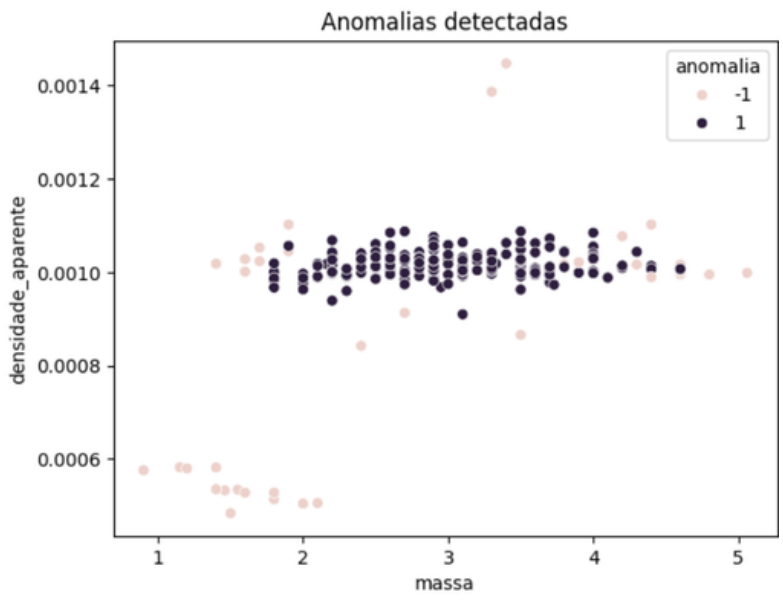


Figura 2. Anomalias Detectadas

Conclusões

A integração entre métodos estatísticos e aprendizado de máquina não supervisionado demonstrou **resultados concretos** para apoiar processos de controle de qualidade em manufatura aditiva, com a massa se destacando como principal indicador físico associado à resistência mecânica das amostras.A validação por **bootstrap** reforçou a robustez da metodologia, com **78,4% dos outliers apresentando alta estabilidade** ao longo das reamostragens. Os resultados evidenciam que variáveis físicas simples, de fácil obtenção experimental, são suficientes para alimentar uma pipeline de detecção automática de defeitos internos em componentes produzidos por impressão 3D.

Referências e Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao **SENAI Roberto Mange** e o professor **Hugo Sakai Idagawa**, mas em especial ao professor **Daniel Filipe Vieira** que acreditou e guiou o projeto.

FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIRO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery in databases. AI Magazine, v. 17, n. 3, p. 37-54, 1996.
HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. Data Mining: Concepts and Techniques. 3. ed. Waltham: Morgan Kaufmann, 2012.
LEMOS, A. L.; MARTINS, R. M. Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos à base de poli(ácido lático) e fibras naturais. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 24, n. 2, 2014.
COSTA, I. C.; CASTRO, A. V.; BRAGA, G. P. Projeto CIDA: Avaliação e análise das propriedades do PLA. Relatório técnico, 2024.