



PIBIC - CNPq

## Um estudo sobre registro 3D com nuvens de pontos e mapas de profundidade VISTA

Autores: Gabriela Machado Dallalba, Guilherme Holsbach Costa.

### INTRODUÇÃO / OBJETIVO

O registro de imagens e nuvens de pontos é essencial para combinar capturas feitas de ângulos ou momentos diferentes em uma única representação coerente. Enquanto o registro de imagens bidimensionais é uma técnica bem estabelecida, o registro de nuvens de pontos 3D apresenta desafios adicionais, devido à sua natureza não uniforme, dispersa e volumétrica. Além disso, essas nuvens frequentemente contêm ruídos, dados fora do padrão (*outliers*) e oclusões parciais, comuns em dados LiDAR. O objetivo deste estudo é avaliar dois métodos de alinhamento de nuvens de pontos 3D, buscando identificar qual deles é mais eficaz em estimar o ângulo e a posição original da nuvem, mesmo diante de distorções e ruídos.

### MATERIAL E MÉTODOS

Dois métodos de alinhamento foram analisados: o algoritmo de correlação de fase e o ICP (*Iterative Closest Point*), que ajusta as posições das nuvens de pontos iterativamente para minimizar a diferença entre elas. O estudo foi realizado em diferentes cenários com uma nuvem de pontos gerada no MATLAB: (1) sem oclusões — apenas adição de distorções leves, como perda de pontos e ruído direcional; e (2) com oclusões — removendo pontos com base nas coordenadas X e Z. A nuvem de pontos foi rotacionada em 30° ao redor do eixo Z e deslocada no plano XY para simular diferentes condições de captura. O objetivo foi comparar os métodos para verificar qual estima de forma mais precisa a rotação da nuvem de pontos, refletindo o ângulo e posição originais, avaliando sua eficácia em condições desafiadoras.

### RESULTADOS (sem oclusões)

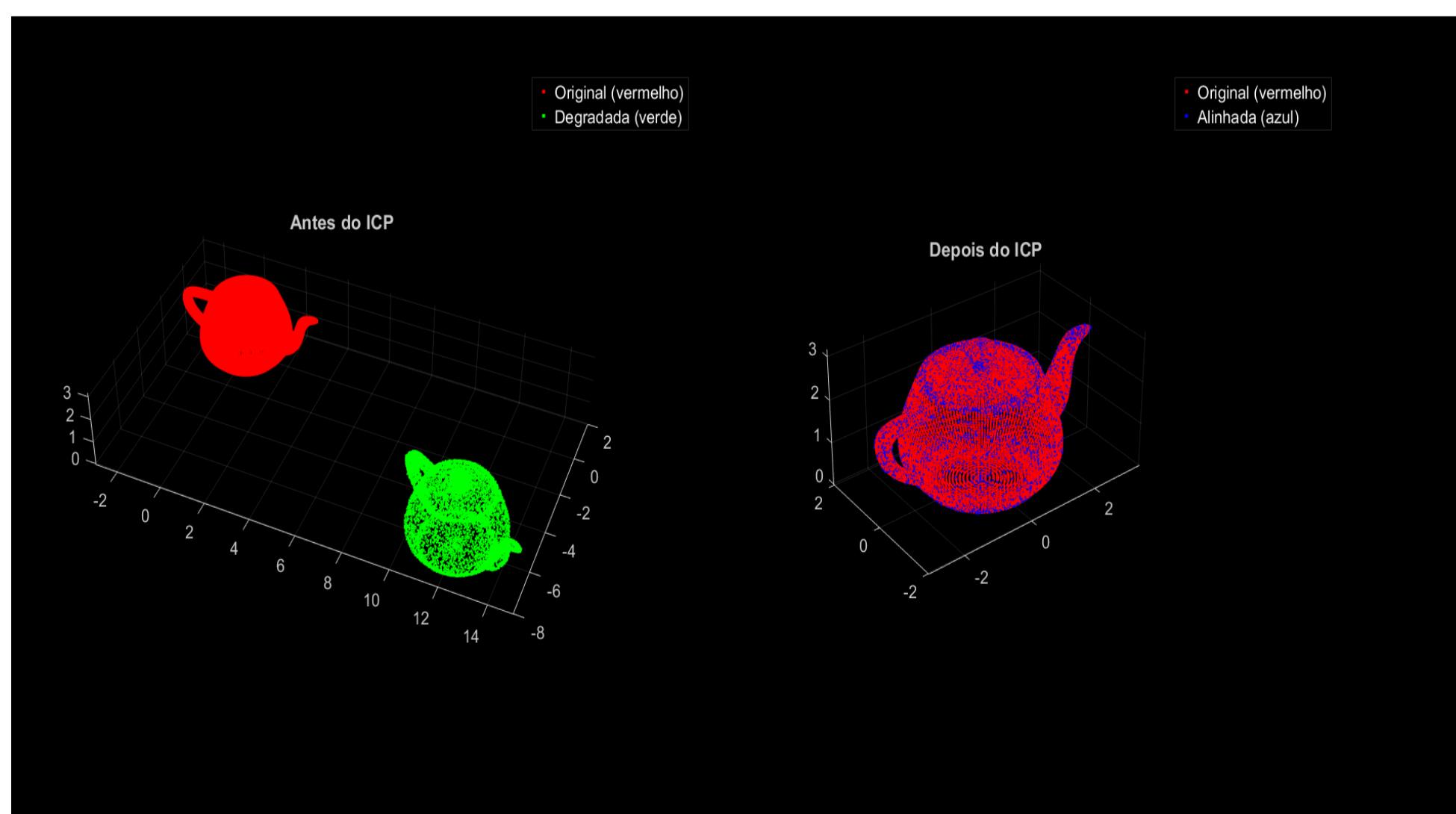


Figura 1. Visualização do alinhamento por ICP.

### RESULTADOS (com oclusões)

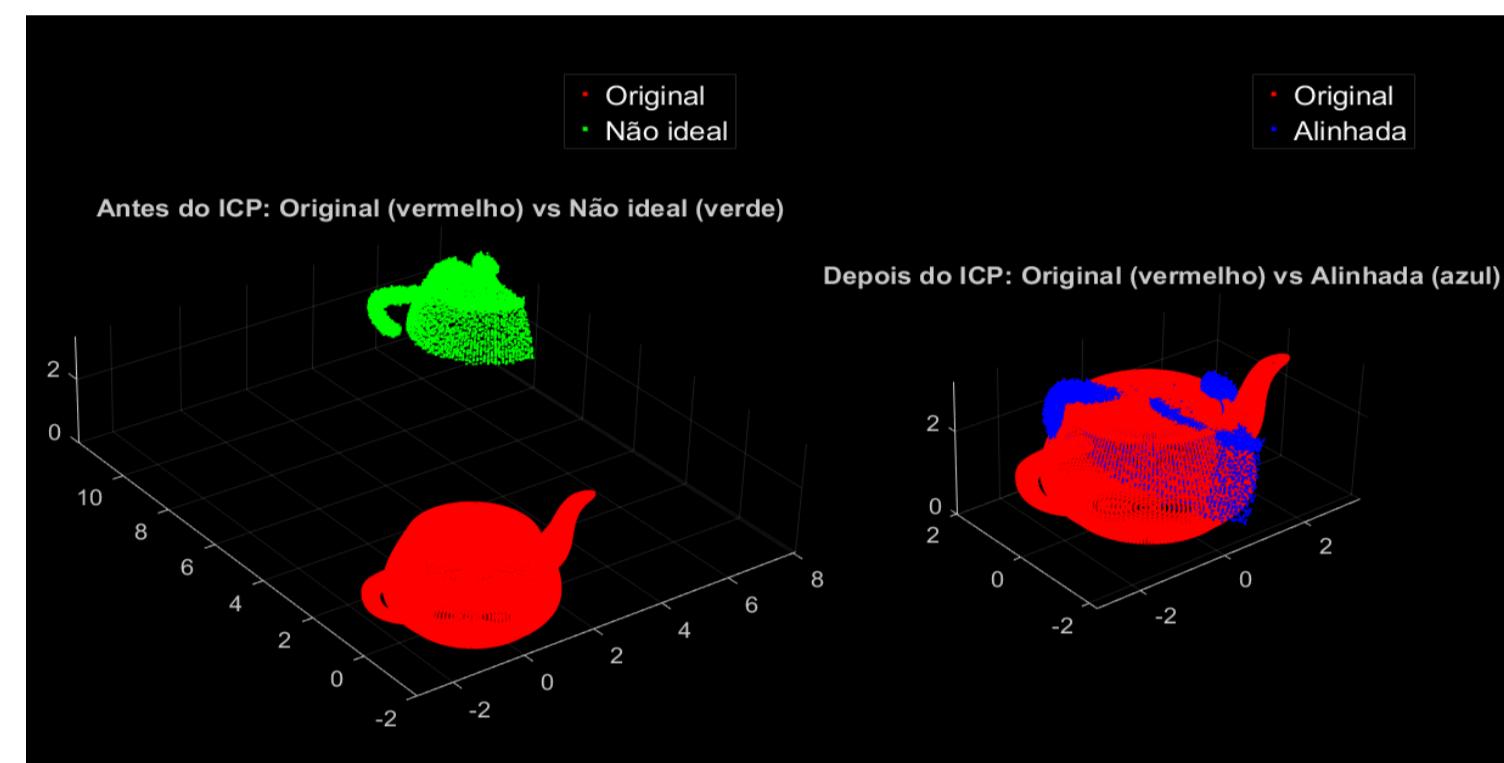


Figura 2. Alinhamento icp (ângulo estimado de 1,74°)

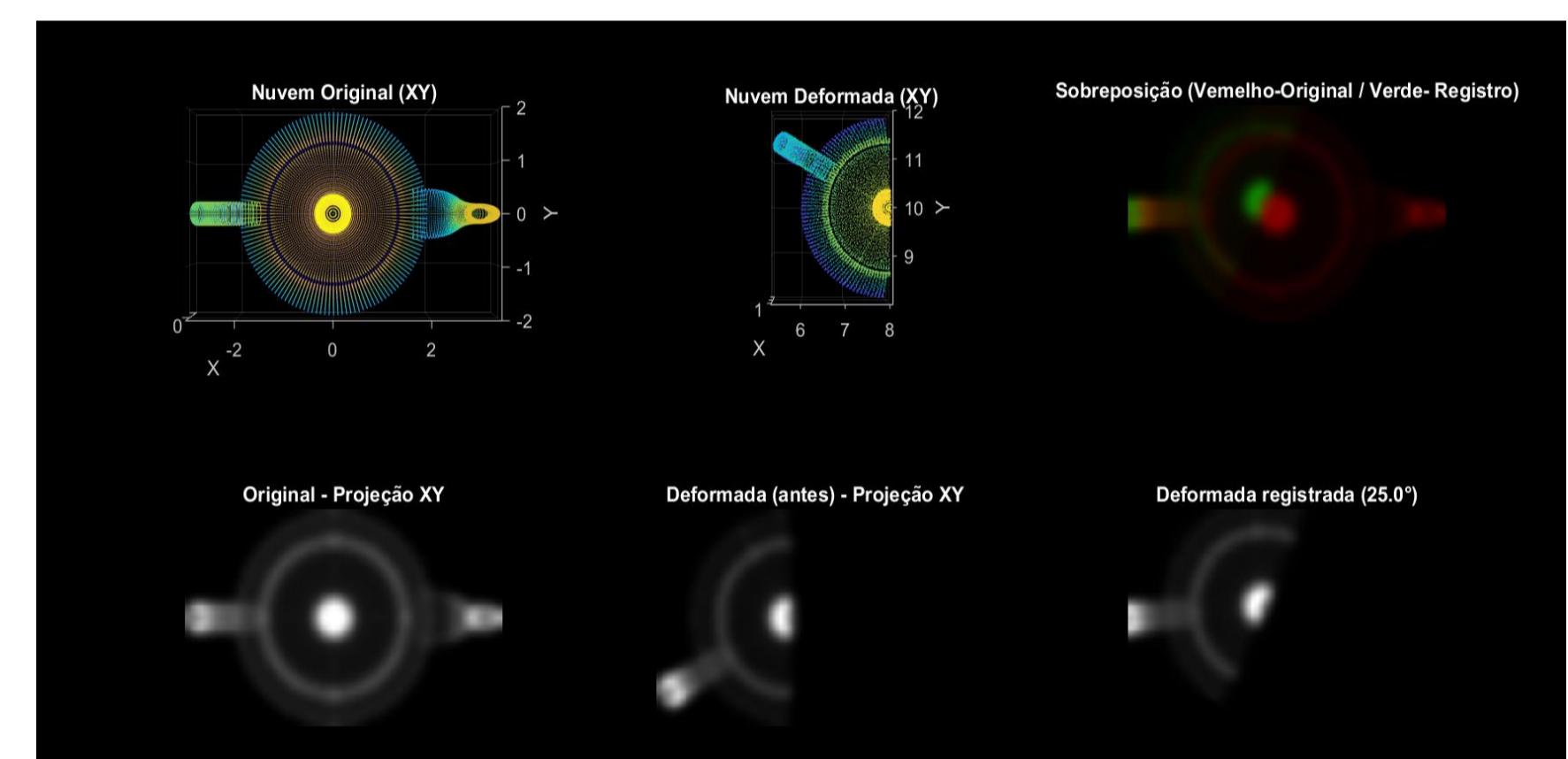


Figura 3. Alinhamento com correlação de fase (ângulo estimado de 25,0°)

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que, em condições adversas, como oclusões parciais, o método de Correlação de Fase apresentou maior robustez em comparação ao ICP clássico. O ICP teve um bom desempenho em cenários com distorções moderadas, mas sua sensibilidade à perda de pontos e à condição inicial limitou sua eficácia em cenários mais severos. Já a Correlação de Fase mostrou maior precisão na recuperação do ângulo de rotação, indicando que sua abordagem no domínio da frequência proporciona maior robustez a distorções e ruído.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Paul J. Besl and Neil D. McKay. A method for registration of 3-d shapes. In *Sensor Fusion IV: Control Paradigms and Data Structures*, volume 1611, pages 586–606. SPIE, 1992.
- [2] Gustavo de Camargo. Registro de imagens aplicado à manipulação industrial robotizada. Master's thesis, Universidade de Caxias do Sul, 2022.
- [3] Gustavo de Camargo and Guilherme Holsbach Costa. The unnoticed mapping problem in phase correlation image registration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 20:1–5, 2023.
- [4] Shaoyi Du, Tiancheng Shao, Canhui Tang, Wei Zeng, and Zhiqiang Tian. Robust point cloud registration based on semantic iterative closest point algorithm. *Fundamental Research*, 2025. Article in Press.
- [5] Hassan Foroosh, Josiane B. Zerubia, and Michel Berthod. Extension of phase correlation to subpixel registration. *IEEE Transactions on Image Processing*, 11(3):188–200, 2002.
- [6] Yong He, Bin Liang, Jun Yang, Song Li, and Jianjun He. An iterative closest points algorithm for registration of 3d laser scanner point clouds with geometric features. *Sensors*, 17(8):1862, 2017.
- [7] Richard Szeliski. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer, 2010.
- [8] Jiayi Zhang and Yahui Zhang. An extension of phase correlation-based image registration to estimate similarity transform. *Remote Sensing*, 10(11):1719, 2018.