

## Projeto para o Programa PIBIC/CNPem

# SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS VIA *DEEP LEARNING* A PARTIR DE DADOS DE MICROTOMOGRAFIA DE RAIOS-X OBTIDOS NO SIRIUS

Pesquisadora Responsável: Rubia Figueredo Gouveia

Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

## INTRODUÇÃO E ESTADO DA ARTE

A microtomografia computadorizada de raios-X ( $\mu$ CT) é uma poderosa técnica não invasiva e não destrutiva, que permite descrever a estrutura de diversos tipos de materiais, a fim de explicar o comportamento macroscópico dos mesmos<sup>1</sup>. Essa técnica poderosa e inovadora permite analisar e quantificar a morfologia de micro e macroestruturas a partir de imagens 2D e 3D<sup>2,3</sup>.

Dentre os diversos materiais que podem ser analisados utilizando a técnica de  $\mu$ CT, as estruturas altamente porosas se destacam, pois proporcionam materiais com baixa densidade, alta área superficial e porosidade, além de propriedades mecânicas diferenciadas, gerando um grande interesse tecnológico<sup>4,5</sup>. Dentre os principais exemplos de estruturas porosas citados na literatura, destacam-se as espumas de nanocelulose<sup>6</sup>. Estas são constituídas basicamente de celulose, que além de ser o polímero mais abundante na natureza, apresenta características de biocompatibilidade, biodegradabilidade e multifuncionalidade<sup>6,7</sup>. Além disso, essas espumas de nanocelulose podem apresentar propriedades diferenciadas, tais como grande poder de absorção/adsorção de poluentes (exemplos: corantes, metais pesados, solventes orgânicos e óleos)<sup>8</sup>, sendo de grande importância tecnológica para remediação ambiental<sup>9</sup>.

Entretanto, quando se analisa esses sistemas orgânicos por  $\mu$ CT, com mais de uma fase presente em sua estrutura e com composição química similares, acaba-se gerando imagens com intensidades/atenuações de raios-X muito próximas entre essas

fases, sem mudanças bruscas na interface entre elas. Tais características geram problemas para se obter uma segmentação de imagem, uma vez que é um desafio determinar critérios de descontinuidade para separar tais regiões e/ou reconhecer padrões na imagem de forma fiel à realidade<sup>10</sup>.

Para solucionar tal problema de segmentação, o *deep learning* acaba sendo uma poderosa ferramenta para automatizar o reconhecimento dessas fases, que é feito a partir do treinamento de redes neurais, tornando o processo de segmentação mais eficiente. A técnica consiste basicamente de um classificador supervisionado, com objetivo de aprender uma função que melhor separe essas fases, a partir de um exemplo de fases já separadas em grupos<sup>11</sup>.

## **OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de protocolos e métodos de treinamento de segmentação de imagens 2D e 3D via *deep learning*, a partir de dados de microtomografia de raios-X gerados na linha Mogno do Sirius.

### **Objetivos específicos:**

- 1) Determinar uma combinação de parâmetros de treino de uma rede neural, e consequentemente reproduzir classificações previamente realizadas a partir de métodos semi-manuais, realizados para a espuma de nanocelulose absorvida com poluentes orgânicos (oléos, solventes orgânicos, corantes, entre outros contaminantes ambientais);
- 2) Aplicar novos protocolos e métodos de segmentação e tratamento de imagens, que poderão ser futuramente usados e empregados em outros tipos de materiais porosos multifuncionais a base de matérias moles, ou seja, com baixo contraste para o raio-X.

## **METODOLOGIA**

O projeto será desenvolvido com a utilização de computadores de alta performance (HPCs) do Sirius, que serão usados para treinar as redes de segmentação das imagens das espumas de nanocelulose com poluentes adsorvidos, usando o software Annotat3D, desenvolvido pela equipe liderada pelo Dr. Eduardo Miqueles, do Grupo de Computação Científica (GCC), localizado no Centro Nacional de Pesquisa em

Energia e Materiais (CNPem).

A metodologia proposta é semelhante ao que já foi desenvolvido para outros sistemas usando o Annotat3D. Serão utilizadas redes (*networks*) supervisionadas (discriminativas), do tipo convolucional (*Convolutional Networks* - ConvNets). Duas redes específicas são propostas para os treinamentos neste projeto, a Unet e a Vnet, para interpretações bidimensionais e tridimensionais, respectivamente. Pretende-se assim com o uso de dados de *augmentation* (modificação da imagem) juntamente com a contração da rede Unet e a transformações da rede Vnet realçar as características de cada fase da espuma para melhor segmentação e automatização.

Também poderão ser aplicadas na segmentação semântica da espuma com óleo outros protocolos já desenvolvidos em outros treinamentos, que foram previamente realizados para outros tipos de sistemas baseados no *deep learning* do Annotat3D. Além do apoio e suporte técnico da equipe do Dr. Miqueles, esse projeto contará com a colaboração da Dr. Nathaly Archilha e sua equipe para aquisições e tratamento de dados de microtomografia na linha Mogno do Sirius.

## REFERÊNCIAS

- (1) Stock, S. R. Recent Advances in X-Ray Microtomography Applied to Materials. **2008**, 53 (3), 129.
- (2) Islam, S. F.; Mancini, L.; Sundara, R. V; Whitehouse, S.; Palzer, S.; Hounslow, M. J.; Salman, A. D. Studying Model Suspensions Using High Resolution Synchrotron X-Ray Microtomography. *Chem. Eng. Res. Des.* **2016**, 117, 756.
- (3) Maire, B. E.; Buffi, J.; Salvo, L.; Blandin, J. J.; Ludwig, W.; Løtang, J. M. On the Application of X-Ray Microtomography in the Field of Materials Science. *Adv. Eng. Mater.* **2001**, 3 (8), 539.
- (4) Darder, M.; Regina, C.; Matos, S.; Aranda, P.; Gouveia, R.F; Ruiz-hitzky, E. Bionanocomposite Foams Based on the Assembly of Starch and Alginate with Sepiolite Fibrous Clay. *Carbohydr. Polym.* **2017**, 157, 1933.
- (5) Elliott, J. A.; Windle, A. H.; Hobdell, J. R.; Eeckhaut, G.; Oldman, R. J.; Ludwig, W.; Boller, E.; Cloentes, J.; Baruchel, J. In-Situ Deformation of an Open-Cell Flexible Polyurethane Foam Characterised by 3D Computed Microtomography. *J. Mater. Sci.* **2002**, 37 (8), 1547.
- (6) Martoia, F.; Cochereau, T.; Dumont, P. J. J.; Orgéas, L.; Terrien, M.; Belgacem, M. N. Cellulose Nanofibril Foams : Microstructures and Mechanical Properties. *Mater. Des.* **2016**, 104, 376.
- (7) Credou, J.; Berthelot, T. Cellulose : From Biocompatible to Bioactive Material. *J. Mater. Chem. B* **2014**, 2, 4767.
- (8) Tchang, N.; Christian, C.; Larsson, P. T.; Wågberg, L. Ultra Porous Nanocellulose Aerogels as Separation Medium for Mixtures of Oil / Water Liquids. *Cellulose* **2012**, 19, 401.
- (9) Gouveia, R. F.; Oliveira, E. M.; Lorevice, M. V.; Espumas verdes porosas para separação de compostos hidrofóbicos, produção e seus usos. Patente BR 10 2019 022589 0.
- (10) Gonzalez, R. C.; Woods, R. C. *Processamento Digital de Imagens*. ; Pearson Educación, 2009.
- (11) Lecun, Y.; Bengio, Y.; Hinton, G. Deep Learning. *Nature* **2015**, 521 (7553), 436.