

# Universidade de Pernambuco

## Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação (PPGEC)

### Proposta de Dissertação de Mestrado

**Área:** Computação Inteligente

**Título:** Influência do Contexto Espacial na Preservação Estrutural da Segmentação Vascular Retiniana

**Orientador:** Carmelo José Albanes Bastos Filho (carmelo.filho@upe.br)

#### Descrição:

A estrutura da microvasculatura retiniana constitui uma importante fonte de biomarcadores para o diagnóstico e acompanhamento de doenças oftalmológicas e sistêmicas, incluindo retinopatia diabética, hipertensão arterial e doenças cardiovasculares [1]. A extração automática dessas informações vem sendo viabilizada por pipelines analíticos que modelam a árvore vascular como grafos complexos, permitindo a quantificação de propriedades estruturais associadas à saúde do sistema vascular [2]. Entretanto, a confiabilidade desses biomarcadores depende diretamente da fidelidade estrutural da segmentação dos vasos sanguíneos obtida a partir das imagens de fundo de olho.

Arquiteturas modernas de Deep Learning e funções de perda sensíveis à topologia [3][4] promoveram avanços significativos na preservação da conectividade vascular. Entretanto, essas abordagens enfrentam uma limitação prática importante: o elevado custo computacional decorrente do processamento de imagens médicas em alta resolução. Em ambientes clínicos ou em infraestruturas computacionais com recursos limitados, é comum reduzir esse custo por meio do redimensionamento das imagens ou do seu particionamento espacial em patches.

Embora essas estratégias reduzam significativamente o consumo de memória e o tempo de processamento, elas também reduzem a quantidade de contexto anatômico disponibilizada ao modelo. O processamento da imagem completa preserva a continuidade espacial da árvore vascular, porém exige elevada capacidade computacional. Em contrapartida, o processamento baseado em patches torna o treinamento e a inferência viáveis em hardwares mais modestos, mas pode comprometer a continuidade dos vasos próximos às fronteiras entre regiões processadas, dificultando a preservação da integridade estrutural da rede vascular.

Recentemente, o grupo de pesquisa vem investigando métodos de auditoria estrutural fundamentados em Topologia Computacional e Ciência das Redes [5], demonstrando que métricas clássicas baseadas apenas na sobreposição de pixels não são suficientes para caracterizar a qualidade estrutural das segmentações. Resultados preliminares também indicam que operações de pré-processamento amplamente empregadas na literatura, como o redimensionamento das imagens para adequação às restrições de hardware, podem introduzir desconexões artificiais e modificar significativamente a topologia da árvore vascular. Esses achados evidenciam que decisões aparentemente relacionadas apenas à eficiência computacional podem impactar diretamente a qualidade dos biomarcadores posteriormente extraídos.

Entretanto, permanece pouco compreendido de que forma diferentes estratégias de disponibilização do contexto espacial ao modelo influenciam simultaneamente o custo computacional e a preservação estrutural da segmentação. Embora o processamento baseado em patches seja amplamente utilizado na literatura, seu impacto sobre propriedades topológicas e estruturais da árvore vascular permanece pouco explorado, sendo normalmente tratado apenas como uma decisão de implementação.

Diante desse cenário, esta pesquisa propõe investigar como diferentes níveis de contexto espacial, obtidos por meio do processamento da imagem completa e de diferentes estratégias de particionamento, influenciam o custo computacional e a preservação estrutural da microvasculatura retiniana. A hipótese central é que existe um limiar mínimo de contexto anatômico necessário para preservar adequadamente a continuidade vascular e suas propriedades topológicas.

Para isso, serão empregadas métricas de avaliação [6], incluindo medidas clássicas de segmentação, descritores topológicos e propriedades derivadas da Ciência das Redes, permitindo caracterizar de forma abrangente o impacto das diferentes estratégias de processamento. Espera-se, ao final, estabelecer diretrizes metodológicas para a escolha da estratégia de processamento mais adequada em diferentes cenários computacionais, contribuindo para o desenvolvimento de pipelines de segmentação estruturalmente mais confiáveis destinados à extração de biomarcadores vasculares e à identificação automática de doenças.

#### **Referências Bibliográficas:**

- [1] ZHU, Z. et al. Association of Retinal Age Gap With Arterial Stiffness and Incident Cardiovascular Disease. *Stroke*, v. 53, n. 11, p. 3320–3328, nov. 2022.
- [2] SILVA, H.; SILVA, D.; BASTOS-FILHO, C.; ROSA, A.; ALBUQUERQUE, R.; RODRIGUES, A.; TAHARA, L.; ROISMAN, L.; MOSCAVITCH, S. A hybrid framework for quantifying and analyzing the structural properties of human retinal vessel networks. In: *Complex Networks XVI*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. p. 41-53.
- [3] SHIT, S. et al. cIDice - a novel topology-preserving loss function for tubular structure segmentation. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, p. 16555–16564, 2021.
- [4] SHI, P. et al. Centerline Boundary Dice Loss for Vascular Segmentation. In: *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2024*, LNCS 15008, 2024.
- [5] Albert-László Barabási. *Network Science*. 2020. Disponível em: <http://networksciencebook.com/>
- [6] MAIER-HEIN, L. et al. Metrics reloaded: recommendations for image analysis validation. *Nature Methods*, v. 21, n. 2, p. 195–212, 2024.