

## SELEÇÃO DE ALUNOS DO PPGETI PARA TURMA 2026.2

### ÁREAS TEMÁTICAS

Título da área temática	Vagas para Mestrado AC	Vagas para Mestrado AA	Vagas para Doutorado AC	Vagas para Doutorado AA
Aceleração de Modelos de Aprendizado de Máquina em Sistemas Embarcados Utilizando FPGA	1	1	0	0
Análise e Segmentação de Imagens Médicas Baseadas em Deep Learning com Foco em Suporte Clínico	0	0	1	1
Antenas, Dispositivos e Sistemas de Radio Frequência e Microondas	0	0	1	0
Aplicações da função Wq de Lambert-Tsallis e da Disentropia como medida de aleatoriedade em Telecomunicações	0	0	1	0
Aprendizado de Máquina e XAI em Forense Digital	1	0	0	0
Arquiteturas de Comunicação e Segurança para CubeSats	2	1	0	0
Assistente Multimodal para o Monitoramento Contínuo de Glicemia em Diabetes Tipo 1	1	1	0	0
Circuitos de RF e Microonda para Computadores Quânticos de Supercondutor	1	0	0	0
Computação Fotônica com Qubits Híbridos	1	1	0	0
Comunicação Móvel Celular 5G/6G	2	1	1	0

<b>Título da área temática</b>	<b>Vagas para Mestrado AC</b>	<b>Vagas para Mestrado AA</b>	<b>Vagas para Doutorado AC</b>	<b>Vagas para Doutorado AA</b>
Desenvolvimento de Mecanismos de Controle e Automação de Rede 5G Experimental Privada com SDR e Pilhas Open Source	1	0	0	0
Desenvolvimento de um Jogo Sério Digital para Promoção da Motivação e Retenção Estudantil em Cursos de Engenharia	1	0	0	0
Digital transformation of water treatment plants: modelling, control, and sustainability	1	1	0	0
Electromagnetically Reconfigurable Antenna Arrays for 6G Wireless Systems	0	1	1	0
Envelhecimento em circuitos integrados CMOS	1	0	0	0
Gerenciamento de interferência em redes 6G	1	0	0	1
Human-Centered Cyber Prevention: Integrated Approaches Against Social Engineering	0	0	1	0
Identificação de doenças neurodegenerativas através do uso de aprendizado profundo em imagens de fundoscopia	1	0	0	0
Inferindo a Qualidade de Sementes via Análise de Imagens Digitais	1	0	0	0
Inteligência Artificial na Borda (Edge AI) para aplicações de Internet das Coisas	1	0	1	0
Investigação, Modelagem e Projeto de Antenas e Circuitos de Micro-Ondas para Comunicação Satelital	0	0	1	0

<b>Título da área temática</b>	<b>Vagas para Mestrado AC</b>	<b>Vagas para Mestrado AA</b>	<b>Vagas para Doutorado AC</b>	<b>Vagas para Doutorado AA</b>
Mecanismos de Tomada de Decisão em Sistemas Autônomos Inteligentes	1	0	0	1
Modelagem Tensorial para Processamento de Sinais e Imagens	1	1	0	0
Modelos multimodais baseados em IVA para detecção de desinformação	0	0	1	0
Predição Conforme para Aprendizado de Máquinas	0	1	0	1
Processamento de cenas tridimensionais e suas aplicações	2	0	0	1
Processamento, Detecção, Análise e Quantificação de Doenças Oculares por Imagens de Fundoscopia Usando Redes CNN para Auxílio ao Diagnóstico Médico	1	0	0	0
Processamento, detecção, análise e quantificação de doenças pulmonares a partir de imagens de TC do tórax para auxílio ao diagnóstico médico	1	0	0	0
Sensoriamento e localização na próxima geração de comunicações sem fio.	2	2	2	1
Simulação e Otimização de Redes 6G Inteligentes	1	0	0	0
Sistemas de comunicações multi-antena de próxima geração	1	2	2	0
Sistemas vestíveis para análise em tempo real da cinemática do movimento de atletas	2	0	0	0

Título da área temática	Vagas para Mestrado AC	Vagas para Mestrado AA	Vagas para Doutorado AC	Vagas para Doutorado AA
Tecnologias de Localização e Monitoramento de Desempenho em Ambientes Indoor com Foco em Aplicações Esportivas	0	0	1	0
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>6</b>

AC: Vagas para “Ampla Concorrência”

AA: Vagas para “Ações Afirmativas”

# Aceleração de Modelos de Aprendizado de Máquina em Sistemas Embarcados Utilizando FPGA

## Descrição:

A crescente demanda por aplicações inteligentes em dispositivos de borda, como equipamentos médicos portáteis, wearables, veículos autônomos, drones e sensores industriais, tem impulsionado o desenvolvimento de arquiteturas capazes de executar algoritmos de aprendizado de máquina com baixa latência, alta eficiência energética e confiabilidade. Entretanto, processadores convencionais embarcados, como CPUs ARM e microcontroladores, apresentam limitações significativas para executar modelos modernos de aprendizado profundo, especialmente em aplicações que exigem respostas em tempo real. Nesse contexto, as FPGAs emergem como uma solução vantajosa, pois permitem a construção de aceleradores especializados por meio de paralelização massiva, pipelines otimizados e datapaths configuráveis. Diferentemente de ASICs ou GPUs, as FPGAs combinam desempenho, reconfigurabilidade e baixo consumo, tornando-as ideais para aplicações embarcadas que exigem eficiência e flexibilidade. Neste contexto, esta temática visa investigar, projetar e otimizar arquiteturas reconfiguráveis em FPGA para aceleração de inferência de modelos de aprendizado de máquina, explorando técnicas como quantização de pesos e ativações, decomposição matricial, arranjos de multiplicadores MAC paralelos, uso de memória on-chip (BRAM) e integração hardware-software por meio de SoCs (como plataformas baseadas em ARM+FPGA). A pesquisa envolve análise comparativa entre implementações clássicas em CPU, GPU e FPGA, considerando latência, throughput e consumo energético. O objetivo final é propor soluções embarcadas de alto desempenho capazes de executar modelos de IA em ambientes com recursos limitados, ampliando o uso de inteligência artificial em aplicações de tempo real e contribuindo para o avanço de sistemas embarcados inteligentes.

## Palavras-chave:

Aceleração de hardware; FPGA; sistemas embarcados; aprendizado de máquina; quantização; arquiteturas reconfiguráveis.

## Referências:

- [1] Y. Hu, Y. Liu and Z. Liu, "A Survey on Convolutional Neural Network Accelerators: GPU, FPGA and ASIC," 2022 14th International Conference on Computer Research and Development (ICCRD), Shenzhen, China, 2022, pp. 100-107, doi: 10.1109/ICCRD54409.2022.9730377.
- [2] K. Dai, Z. Xie and S. Liu, "DCP-CNN: Efficient Acceleration of CNNs With Dynamic Computing Parallelism on FPGA," in IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, vol. 44, no. 2, pp. 540-553, Feb. 2025, doi: 10.1109/TCAD.2024.3435996.

- [3] G. Raut, A. Biasizzo, N. Dhakad, N. Gupta, G. Papa, and S. K. Vishvakarma, "Data multiplexed and hardware reused architecture for deep neural network accelerator," *Neurocomputing*, vol. 486, pp. 147–159, 2022, doi: 10.1016/j.neucom.2021.11.018.
- [4] Y. Ma, Y. Cao, S. Vrudhula and J. -s. Seo, "Optimizing the Convolution Operation to Accelerate Deep Neural Networks on FPGA," in *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, vol. 26, no. 7, pp. 1354-1367, July 2018, doi: 10.1109/TVLSI.2018.2815603.
- [5] Y. Liang, L. Lu, Q. Xiao and S. Yan, "Evaluating Fast Algorithms for Convolutional Neural Networks on FPGAs," in *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, vol. 39, no. 4, pp. 857-870, April 2020, doi: 10.1109/TCAD.2019.2897701.

# Análise e Segmentação de Imagens Médicas Baseadas em Deep Learning com Foco em Suporte Clínico

## Descrição:

No cenário da prática clínica, a análise de imagens médicas assume uma função essencial, ao permitir a visualização precisa de estruturas internas, favorecer a identificação precoce de anormalidades e apoiar diagnósticos cada vez mais assertivos. Modalidades amplamente utilizadas, como radiografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética e microscopia, geram um volume crescente de informações, cuja complexidade demanda métodos avançados de processamento e interpretação. Nesse panorama, o Aprendizado Profundo (Deep Learning) surge como um recurso estratégico, permitindo automatizar processos, aprimorar a segmentação de regiões de interesse e elevar a precisão na detecção de padrões e lesões. Com isso, esta linha tem como objetivo investigar, desenvolver e avaliar técnicas baseadas em Aprendizado Profundo aplicadas à análise e segmentação de imagens médicas, com o objetivo de otimizar o diagnóstico, apoiar o planejamento terapêutico e aprimorar a prática da Engenharia Biomédica por meio de soluções computacionais mais robustas e inteligentes.

## Palavras-chave:

Aprendizado Profundo, Imagens Médicas, Processamento de Imagens, Segmentação de Imagens, Tomografia Computadorizada, Imagens Médicas 3D, Sistemas de Apoio à Decisão Clínica, Telemedicina, Visão Computacional em Medicina.

## Referências:

- [1] OHATA, Elene Firmeza et al. Automatic detection of COVID-19 infection using chest X-ray images through transfer learning. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, v. 8, n. 1, p. 239-248, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/JAS.2020.1003393>.
- [2] RAYED, Md Eshmam et al. Deep learning for medical image segmentation: State-of-the-art advancements and challenges. *Informatics in medicine unlocked*, v. 47, p. 101504, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.imu.2024.101504>.
- [3] XU, Yan et al. Advances in medical image segmentation: A comprehensive review of traditional, deep learning and hybrid approaches. *Bioengineering*, v. 11, n. 10, p. 1034, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering11101034>.
- [4] XIA, Qingling et al. A comprehensive review of deep learning for medical image segmentation. *Neurocomputing*, v. 613, p. 128740, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128740>
- [5] SANTOS, Marcus AG et al. Online heart monitoring systems on the internet of health things environments: A survey, a reference model and an outlook. *Information Fusion*, v. 53, p. 222-239, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.06.004>.

[6] ZHOU, Yanfeng et al. nnWNet: Rethinking the Use of Transformers in Biomedical Image Segmentation and Calling for a Unified Evaluation Benchmark. In: Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Conference. 2025. p. 20852-20862. DOI: <https://10.1109/CVPR52734.2025.01942>.

## **Antenas, Dispositivos e Sistemas de Radio Frequência e Microondas**

### **Descrição:**

A tecnologia em Microondas (MW) e Radio-Frequencia (RF) têm sido adotadas em uma vasta área de aplicações como radio astronomia, comunicações a longa distancia, navegação espacial, sistemas de radar, equipamentos médicos, sistemas eletrônicos em mísseis etc. Como resultado desta acelerada taxa de crescimento do uso da tecnologia de RF e MW na pesquisa e na industria leva a necessidade de conhecimento das propriedades físicas e químicas dos materiais novos e tradicionais envolvidos na pesquisa e desenvolvimento de novos componentes e dispositivos para uso nestes sistemas. Neste tema as antenas dielétricas e de microfita são componentes de alto interesse tecnológico para operação em uma vasta faixa de frequências que se estende a região de ondas milimétricas com grande eficiência. Elas são elementos fundamentais em diversos sistemas de comunicação que vão desde comunicação entre aviões militares e base em terra bem como em sistemas de telecomando e telemetria em foguetes além de aplicações em telefonia celular móvel. Componentes como filtros, osciladores, circuladores e outros estão também no espectro de atuação nesta área.

### **Palavras-chave:**

Antenas, Dispositivos de RF e microondas, filtros, osciladores

### **Referências:**

- (1) Fifth Generation Antennas: A Comprehensive Review of Design and Performance Enhancement Techniques, SUMIT KUMAR , AMRUTA S. DIXIT , RAJESHWARI R. MALEKAR , HEMA D. RAUT , AND LAXMIKANT K. SHEVADA IEEE Access, VOLUME 8, 2020, 163568 Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2020.3020952
- (2) Yixin Li, Chow-Yen-Desmond Sim, Yong Luo, Guangli Yang. 12-Port 5G Massive MIMO Antenna Array in Sub-6GHz Mobile Handset for LTE Bands 42/43/46 Applications, Institute of Electrical and Electronics Engineers, v.6, n.null, p.344, 2017, DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2017.2763161>
- (3) Mingyang Li, Yong-Ling Ban, Ziqiang Xu, Jinhong Guo, Zhe-Feng Yu. Tri-Polarized 12-Antenna MIMO Array for Future 5G Smartphone Applications, Institute of Electrical and Electronics Engineers, v.6, n.null, p.6160, 2017, DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2017.2781705>.
- (4) Liwei Zhang, Yong-Ling Ban, Chow-Yen-Desmond Sim, Jinhong Guo, Zhe-Feng Yu. Parallel Dual-Loop Antenna for WWAN/LTE Metal-Rimmed Smartphone, IEEE Antennas & Propagation Society, v.66, n.3, p.1217, 2018, DOI: <https://doi.org/10.1109/tap.2018.2796724>

# **Aplicações da função Wq de Lambert-Tsallis e da Disentropia como medida de aleatoriedade em Telecomunicações**

## **Descrição:**

A função Wq de Lambert-Tsallis tem encontrado aplicações em diversas áreas da matemática, física e computação, fornecendo soluções analíticas para problemas comumente solucionados por técnicas numéricas. Uma das aplicações da função de Lambert-Tsallis é na definição da disentropia. Esta, por sua vez, pode ser usada na construção de uma medida de aleatoriedade. Os objetivos são, usando a função Wq e a medida de aleatoriedade baseada em Wq: I) Desenvolver trabalhos de criptografia que usem fontes de aleatoriedade astronômicas como pulsares. II) Melhorar a aproximação de funções e de análise de dados experimentais.

## **Palavras-chave:**

Função Wq de Lambert-Tsallis, disentropia, aleatoriedade, criptografia, aproximação de funções.

## **Referências:**

- [1] R. M. Corless, G. H. Gonnet, D. E. G. Hare, D. J. Jeffrey and D. E. Knuth, On the Lambert W function, *Advances in Computational Mathematics*, vol. 5, 329 – 359, 1996.
- [2] S. R. Valluri, D. J. Jeffrey, R. M. Corless, Some applications of the Lambert W function to Physics, *Canadian Journal of Physics*, vol. 78 n° 9, 823-831, 2000.
- [3] D. C. Jenn, Applications of the Lambert W function in Electromagnetics, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 44, n° 3, 2002.
- [4] D. Veberic, Having fun with Lambert W(x) function, GAP-2009-114 [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1003.1628>.
- [5] K. Roberts, S. R. Valluri, Tutorial: The quantum finite square well and the Lambert W function, *Canadian Journal of Physics*, vol. 95, no. 2, 105-110, 2017.
- [6] G. B. da Silva and R.V. Ramos, The Lambert-Tsallis Wq function, *Physica A*, 525, 164-170, 2019.2.
- [7] R. V. Ramos, “Analytical solutions of cubic and quintic polynomials in micro and nanoelectronics using the Lambert-Tsallis Wq function”, *J. Comput. Electron* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10825-022-01852-63>.
- [8] J. S. de Andrade, K. Z. Nobrega, R. V. Ramos, “Analytical solution of the current-voltage characteristics of circuits with power-law dependence of the current on the applied voltage using the Lambert-Tsallis Wq function”, *IEEE Trans. Circuits Syst. II Express Briefs* (2021). <https://doi.org/10.1109/TCSII.2021.31104074>.

[9] G. S. Castro, R. V. Ramos, “Enhancing eavesdropping detection in quantum key distribution using disentropymeasure of randomness” Quant. Inf. Process., 21, 79 (2022).  
<https://doi.org/10.1007/s11128-022-03422-y>

## Aprendizado de Máquina e XAI em Forense Digital

### Descrição:

Aplicação de técnicas de ML/IA para triagem de evidências, classificação automática de artefatos, detecção de anomalias, recuperação de imagens e análise de linguagem natural para logs e mensagens. Pesquisa crítica em interpretabilidade (XAI) para que resultados sejam defensáveis legalmente, robustez contra adversários e preservação de privacidade (federated learning para forense colaborativa). Inclui avaliação empírica e padronização de métricas.

### Palavras-chave:

Forense Digital; IA; XAI

### Referências:

- [1] M. Nayerifard, S. Bahrami, A. Jolfaei and M. R. Ahmadi, "Machine Learning in Digital Forensics: A Systematic Review," arXiv preprint arXiv:2306.04965, 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2306.04965.pdf>
- [2] A. A. Solanke, "Digital Forensics AI: Evaluating, Standardizing and Benchmarking Artificial Intelligence-Based Forensic Tools," Doctoral Dissertation, 2022. [Online]. Available: <https://d-nb.info/1262753996/34>
- [3] P. Gutierrez, "Ensuring Transparency in Legal Evidence Analysis: Explainable Artificial Intelligence in Digital Forensics," Journal of Forensic Science and Research, vol. X, no. X, pp. 1–10, 2023. [Online]. Available: <https://www.forensicscijournal.com/index.php/jfsr/article/download/jfsr-aid1089/pdf/7988>
- [4] N. H. Ab Rahman, M. A. Maarof and A. Zainal, "Machine Learning Approaches in Digital Forensics," in Digital Forensics and Cyber Crime, Springer, Cham, 2023, pp. 1–20. [Online]. Available: [https://link.springer.com/10.1007/978-3-032-05832-4\\_16](https://link.springer.com/10.1007/978-3-032-05832-4_16)

## **Arquiteturas de Comunicação e Segurança para CubeSats**

### **Descrição:**

Os CubeSats são satélites da classe dos nanossatélites e possuem como forte característica a modularidade, além da disponibilidade de soluções comerciais para aquisição de módulos e outros componentes. Essa classe de satélites geralmente é empregada em missões de curta duração, dependendo da órbita em que são lançados. Mesmo em missões mais curtas, a atualização de firmware do nanossatélite é um recurso essencial, pois permite a correção de eventuais erros, bem como a possibilidade de melhorar a coleta de dados e as funcionalidades do satélite em operação no espaço. Uma das maiores dificuldades na atualização de firmware de satélites em operação no espaço é a comunicação Terra–satélite. Esse enlace de comunicação, comumente chamado de uplink, apresenta baixas taxas de transmissão, elevada taxa de erros e janelas de contato curtas, o que pode fazer com que a transmissão de arquivos, mesmo pequenos, leve vários dias para ser concluída. Neste sentido, um estudo aprofundado de arquiteturas de comunicação segura para CubeSats, capaz de criar novas formas de transmissão confiáveis em enlaces de baixa taxa de dados, pode ter uma aplicabilidade extremamente relevante tanto em pesquisas quanto em soluções de mercado. No contexto das missões em que o LESC está atualmente envolvido, podemos utilizar essa linha de investigação para aprimorar a robustez dos sistemas embarcados, especialmente em projetos como o NASCERR, que demandam alta confiabilidade em ambientes com elevada radiação. A pesquisa pode ainda contribuir para o desenvolvimento de protocolos de atualização segura de firmware em órbita, integrando mecanismos de autenticação, integridade e resiliência a falhas, permitindo que sistemas críticos sejam atualizados mesmo em cenários de comunicação limitada. Além disso, soluções dessa natureza podem ser expandidas para plataformas comerciais e acadêmicas, fortalecendo o ecossistema nacional de nanossatélites e criando oportunidades de inovação em comunicações espaciais seguras.

### **Palavras-chave:**

CubeSats, comunicação segura, uplink, enlaces de baixa taxa, atualização de firmware, sistemas satelitais, tolerância a falhas, protocolos de autenticação

### **Referências:**

- [1] N. Saeed, A. Elzanaty, H. Almorad, H. Dahrouj, T. Y. Al-Naffouri and M. -S. Alouini, "CubeSat Communications: Recent Advances and Future Challenges," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 22, no. 3, pp. 1839-1862, thirdquarter 2020, doi: 10.1109/COMST.2020.2990499.
- [2] A. Gangwal and A. Paliwal, "CSUM-G: Group Software Updates for CubeSat Clusters," in 2025 IEEE 50th Conference on Local Computer Networks (LCN), Sydney, Australia, 2025, pp. 1-9, doi: 10.1109/LCN65610.2025.11146335.
- [3] Roy Peled, Roee Idan, Tomer Galor, Ofir Chodeda, Eli Marcus, Asaf Shabtai, and Yuval Elovici. 2025. A Reproducible and Open-Source Testbed for Satellite Cybersecurity. In

Proceedings of the 3rd ACM Conference on Reproducibility and Replicability (ACM REP '25).  
Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 51–61.  
<https://doi.org/10.1145/3736731.3746144>

[4] A. R. K. Verma, "Cybersecurity in Satellite Communication Networks: Key Threats and Neutralization Measures," in IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 6, pp. 5667-5692, 2025, doi: 10.1109/OJCOMS.2025.3585060.

## **Assistente Multimodal para Recomendações Nutricionais Personalizadas Integradas à Monitorização Contínua de Glicemia em Diabetes Tipo 1**

### **Descrição:**

Esta área temática concentra-se no desenvolvimento de um assistente computacional multimodal capaz de analisar informações provenientes de sensores de monitorização contínua de glicose (CGM), dados alimentares, imagens de refeições e histórico glicêmico para fornecer recomendações nutricionais personalizadas para pessoas com Diabetes Tipo 1 (DM1). O enfoque envolve modelos preditivos de glicemia pós-prandial, algoritmos de contagem automatizada de carboidratos a partir de imagens, correlação entre farmacodinâmica da insulina e ingestão alimentar, e integração com plataformas móveis e wearables. O objetivo é aprimorar o controle glicêmico por meio de suporte computacional inteligente, aumentando a precisão nas decisões terapêuticas e promovendo autonomia e segurança metabólica.

### **Palavras-chave:**

DM1; CGM; Contagem de carboidratos; Previsão glicêmica; Agentes LLM; Sistemas móveis de suporte à decisão.

### **Referências:**

Quamer, W., Tseng, MR., Vyas, K. et al. A multimodal physiological dataset for non-invasive blood glucose estimation. *Sci Data* 12, 1822 (2025).

<https://doi.org/10.1038/s41597-025-06090-6>

Tseng M-R, Vyas K, Das A, et al. Hypoglycemia Prediction in Type 1 Diabetes With Electrocardiography Beat Ensembles. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2025;0(0). doi:10.1177/19322968251319347

C. Ferraro, F. D'Antoni, L. Petrosino, F. Crispino, M. Merone and L. Pecchia, "Artificial Intelligence for Non-Invasive Glucose Monitoring: ECG-Based Glycaemia Estimation in Type 1 Diabetes," 2025 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0 & IoT), Castelldefels, Spain, 2025, pp. 330-335, doi: 10.1109/MetroInd4.0IoT66048.2025.11122062.

Ehlert, B., Aron, D., Perelman, D., Wu, Y., and Snyder, M. P. 2025. Glucose360: An Open-Source Python Platform with Event-Based Integration for Continuous Glucose Monitoring Data Analysis. *Diabetes Technology & Therapeutics*.

DOI:<https://doi.org/10.1177/15209156251374711>

## **Circuitos de RF e Microonda para Computadores Quanticos de Supercondutor**

### **Descrição:**

Projeto de circuitos de RF e de microonda para o controle de qubits em supercondutores.

### **Palavras-chave:**

Computadores quanticos, qubit de supercondutor, junção Josephson, amplificador paramétrico

### **Referências:**

- A. Blais et al., “Cavity quantum electrodynamics for superconducting electrical circuits” (2004)
- A. Wallraff et al., “Strong coupling of a single photon to a superconducting qubit using circuit quantum electrodynamics” (Nature, 2004).
- J. Koch et al., “Charge-insensitive qubit design derived from the Cooper pair box” (Transmon, Phys. Rev. A, 2007).
- M. H. Devoret & R. J. Schoelkopf, “Superconducting Circuits for Quantum Information” (Science, 2013).
- M. Kjaergaard et al., “Superconducting Qubits: Current State of Play” (rev. 2019/2020).
- Castellanos-Beltran, M. et al. “Widely tunable parametric amplifier based on a SQUID array resonator.” APL, 2007
- Macklin, C. et al. “A near-quantum-limited Josephson traveling-wave parametric amplifier.” Science, 2015

## **Computação Fotônica com Qubits Híbridos**

### **Descrição:**

A computação fotônica híbrida com qubits representa um campo de pesquisa que visa superar a fraqueza intrínseca das interações fóton-fóton, que é o principal desafio para a escalabilidade da computação quântica [1]. Esta abordagem combina as forças de variáveis discretas (DV), tipicamente codificadas em qubits de fóton único [1, 2], e variáveis contínuas (CV), como modos bosônicos, tipicamente representados por estados de luz coerentes ou comprimidos [1-3]. No modelo de computação quântica híbrida, as variáveis discretas são utilizadas para o processamento da informação, enquanto as variáveis contínuas atuam como um bus de comunicação, chamado "qubus". O uso do qubus permite a implementação de portas universais de dois qubits de forma determinística, sem interação direta entre os qubits e sem a necessidade de medições, o que evita erros induzidos por medição [2]. Propostas mais recentes definem qubits lógicos híbridos, como o qubit híbrido de código cat (H-cat), que combina um fóton único (DV) com um estado codificado em código cat de quatro componentes (CV). O componente DV, tipicamente a polarização, assegura que a base lógica seja inherentemente ortogonal, eliminando a ambiguidade de base comum em esquemas CV puros. O código cat na parte CV, por sua vez, é especificamente projetado para corrigir o erro dominante em plataformas fotônicas: a perda de fótons [4]. Essa resiliência se traduz em vantagens práticas significativas para a tolerância a falhas. O esquema HCQC (computação quântica com qubits H-cat) demonstrou um limiar de perda de fótons recorde de 0,89% por modo, um valor aproximadamente quatro vezes superior ao máximo estimado para qubits híbridos de estado coerente (H-coh), que é de 0,22%. Além disso, o HCQC é pelo menos uma ordem de magnitude mais eficiente em termos de recursos do que as propostas fotônicas anteriores [4]. Em arquiteturas baseadas em medição (MBQC), uma estratégia alternativa utiliza um estado de recurso híbrido que combina qubits GKP (bosônicos CV) com estados de vácuo comprimido (squeezed vacuum states). Essa combinação permite que, se uma fonte de qubits GKP de alta qualidade falhar (um swap-out), o modo seja substituído por um estado comprimido facilmente gerável, mantendo a estrutura de emaranhamento. Para um squeezing de 15 dB (valor atingível experimentalmente), a tolerância máxima a falhas de swap-out é estimada em  $\sim 0,133$  (13,3%). Essa arquitetura é compatível com a miniaturização em chips fotônicos e com a operação em temperatura ambiente [3]. O sucesso dessas abordagens repousa na alta taxa de sucesso da medição de estado Bell híbrida (HBSM), que pode ter sua probabilidade de falha exponencialmente suprimida ao aumentar a amplitude coerente [1]. A integração de qubits híbridos representa, portanto, uma rota robusta para arquiteturas escaláveis e tolerantes a falhas [3, 4].

### **Palavras-chave:**

fotônica, qubits híbridos, tolerância a falhas, variáveis contínuas, variáveis discretas, códigos bosônicos.

## **Referências:**

1. Lee, Jaehak, et al. "Photonic Hybrid Quantum Computing." arXiv preprint arXiv:2510.00534 (2025).
2. Van Loock, P., et al. "Hybrid quantum computation in quantum optics." Physical Review A—Atomic, Molecular, and Optical Physics 78.2 (2008): 022303. arXiv:quant-ph/0701057.
3. Bourassa, J. Eli, et al. "Blueprint for a scalable photonic fault-tolerant quantum computer." Quantum 5 (2021): 392. arXiv:2010.02905v2.
4. Lee, J., et al. Fault-Tolerant Quantum Computation by Hybrid Qubits with Bosonic Cat Code and Single Photons. PRX Quantum, 5, 030322, 2024. DOI: 10.1103/PRXQuantum.5.030322 (open access).

## **Comunicação Móvel Celular 5G/6G**

### **Descrição:**

O projeto a ser desenvolvido deverá propor e analisar métodos para a melhoria do desempenho de sistemas de comunicação móvel celular capazes de estabelecer enlaces robustos de comunicação sem fio no contexto da evolução de sistemas 5G em direção à 6<sup>a</sup> geração (6G). Em essência visa-se otimizar a rede de acesso via rádio (RAN). Os seguintes grandes temas são propostos como pontos de partida para a futura dissertação de mestrado ou tese de doutorado: (1) integração de redes móveis terrestres com redes não terrestres (NTN) de satélites de baixa órbita (tecnologia LEO). (2) a exploração de técnicas de múltiplas antenas (tecnologia MIMO) para realizar comunicação e sensoriamento integrados (ISAC) visando diversos casos de uso como detecção, posicionamento e rastreamento de alvos. (3) estratégias modernas de compartilhamento de espectro capazes de reutilizar o espectro com baixa interferência e alta eficiência espectral. (4) programação e experimentação com rádios definidos por software (SDR/USRP) visando estudar modernas arquiteturas virtualizadas, desagregadas e abertas de RAN (Open-RAN). A proposta deve focar em um dos grandes temas acima e desenvolvê-lo adequadamente. Em todos os temas acima o gerenciamento dos recursos de rádio (tais como potência, banda e antenas) será instrumental para extrair o melhor desempenho possível em termos de capacidade, latência ou acurácia. Abordagens baseadas em otimização matemática, algoritmos heurísticos ou aprendizagem de máquina (“inteligência artificial”) são consideradas opções naturais para atacar os problemas elencados. A metodologia de estudo deve considerar um misto de modelagem e simulação computacional (técnica de Monte Carlo) em cenários relevantes em termos de ambiente físico de propagação (modelo de canal), bandas de frequência, tipos de serviço e coexistência de diferentes redes e tecnologias de acesso. Pode-se assumir na proposta que a estrutura geral da tecnologia de acesso na camada física está previamente definida (nos estudos pode-se assumir, por exemplo, a mesma modulação da tecnologia 5G). As técnicas propostas serão avaliadas comparando o desempenho de esquemas propostos com as alternativas convencionais de acesso via rádio e alocação de recursos de rádio, utilizando indicadores de desempenho apropriados (tais como taxa, capacidade, latência, acurácia – o que for aplicável ao problema em foco).

### **Palavras-chave:**

comunicações móveis 5G/6G; arranjos de antenas; esquemas MIMO; gerência de recursos de rádio; redes sem fio; integração de comunicação e sensoriamento (ISAC); rendes móveis não terrestres (NTN); acesso dinâmico ao espectro; coexistência de sistemas sem fio, rádio definido por software; open RAN.

### **Referências:**

- [1] Projeto Hexa-X; <https://hexa-x.eu>
- [2] Projeto Hexa-X II; <https://hexa-x-ii.eu/>

- [3] "The ITU Vision and Framework for 6G: Scenarios, Capabilities and Enablers". Ruiqi Liu, Ruyue Yu-Ngok Li, Marco Di Renzo and Lajos Hanzo; <https://arxiv.org/pdf/2305.13887.pdf>
- [4] J. Zhang, E. Björnson, M. Matthaiou, D. W. K. Ng, H. Yang and D. J. Love, "Prospective Multiple Antenna Technologies for Beyond 5G," <https://arxiv.org/abs/1910.00092>
- [5] Horizon 6G-NTN Project; "Vision on Non-Terrestrial Networks in 6G system (or IMT-2030); disponível em: <https://zenodo.org/records/14007174> ; acessado em 12/06/2025.
- [6] "Integrated Sensing and Communication: Towards Multifunctional Perceptive Network"; Yuanhao Cui et. al.; <https://arxiv.org/abs/2510.14358>
- [7] S. Buzzi, C. D'Andrea and M. Lops, "Using Massive MIMO Arrays for Joint Communication and Sensing," 2019 53rd Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, CA, USA, 2019, pp. 5-9, <https://doi.org/10.1109/IEEECONF44664.2019.9048857>
- [8] L. Zheng, M. Lops, Y. C. Eldar, and X. Wang, "Radar and Communication Coexistence: An Overview: A Review of Recent Methods," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 36, no. 5, pp. 85-99, Sep. 2019. <https://doi.org/10.1109/MSP.2019.2907329>.
- [9] "Intelligent Spectrum Sharing in Integrated TN-NTNs: A Hierarchical Deep Reinforcement Learning Approach"; Muhammad Umer, Muhammad Ahmed Mohsin, Ali Arshad Nasir, Hatem Abou-Zeid, Syed ALi Hassan; <https://arxiv.org/abs/2503.06720>
- [10] "Emerging Advancements in 6G NTN Radio Access Technologies: An Overview"; Husnain Shahid et. al.; <https://arxiv.org/abs/2404.13918>
- [11] "Machine Learning for Spectrum Sharing: A Survey"; Francisco R. V. Guimarães; <https://arxiv.org/abs/2411.19032>
- [12] "Experimental comparison of 5G SDR platforms: srsRAN x OpenAirInterface"; Ruan P Alves et. al.; <https://biblioteca.sbrt.org.br/articlefile/4534.pdf>
- [13] "RSRP Prediction on LTE Network Testbed Using a Software Defined Radio (SDR) Platform"; Wilker de O Feitosa et. al; <https://biblioteca.sbrt.org.br/articlefile/3582.pdf>
- [14] "5G Implementation using Software Defined Radio (SDR)"; Ishak Ginting , Tody Ariefianto Wibowo , Mohamad Fajar Mahardika , Alfin Hikmaturokhman <https://ojs.uma.ac.id/index.php/jite/article/view/11967>
- [15] "Implementation and Evaluation of 5G Standalone Network Using Open5GS, srsRAN, and USRP B210 for Research Purposes"; Noer Ramadhon Noviansyah , Aryanti , Sopian Soim; <https://ojs.uma.ac.id/index.php/jite/article/view/15064>

## **Desenvolvimento de Mecanismos de Controle e Automação de Rede 5G Experimental Privada com SDR e Pilhas Open Source**

### **Descrição:**

Esta área temática tem como objetivo o desenvolvimento de mecanismos para análise de desempenho, controle e automação de uma rede 5G experimental privada construída com rádio definido por software (SDR), e pilhas open source como srsRAN, Open5GS e OpenAirInterface. O aluno deverá, ao longo do mestrado, implementar scripts e ferramentas capazes de: (i) configurar interfaces de rede, (ii) monitorar tráfego, (iii) correlacionar eventos de rede e KPIs e (iv) tomar ações automáticas com base em KPIs de rede, como taxa e latência. Mais especificamente, entre possíveis atividades a serem desenvolvidas incluem-se: (i) implementação de cenários com diferenciação de QoS por slices da rede associados a casos de uso específicos (ex.: URLLC, mMTC e eMBB); e (ii) desenvolvimento de soluções adaptativas baseadas em condições observadas da rede. Para ser capaz de conduzir os experimentos, espera-se que o aluno tenha familiaridade com: (i) operação avançada de sistemas Linux (configuração de rede, serviços, logs), (ii) protocolos essenciais (IP, DHCP, DNS, SSH), (iii) uso de ferramentas como Wireshark e iperf e (iv) desenvolvimento de scripts em Bash e Python.

### **Palavras-chave:**

SDR, USRP, Linux, 5G, ORAN

### **Referências:**

- [1] Dória, M., Sousa, V., Campos, A., Oliveira, N., Eduardo, P., Filho, P., Lima, C., Guilherme, J., Luna, D., Rego, I., Fernandes, M., & Neto, A. (2024). "Virtualized 5G Testbed using OpenAirInterface: Tutorial and Benchmarking Tests". *Journal of Internet Services and Applications*, 15(1), 523–535. <https://doi.org/10.5753/jisa.2024.4454>. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/jisa/article/view/4454>
- [2] Abularach Arnez, J., Acioli E Silva, W., Medeiros Silva, W., Gomes dos Reis, R. K., Tavares Da Silva, A., & Bezerra De Souza, C. B. (2024). A Private SDR 5G SA Network: An Evaluation of the Quality of Service (QoS) and Computational Resource Allocation for eMBB Slice. *Journal of Communication and Information Systems*, 39(1), 178–188. <https://doi.org/10.14209/jcis.2024.19> . Disponível em: <https://jcis.sbrt.org.br/jcis/article/view/897>
- [3] CHENG, Hai et al. ORANSlice: An open source 5G network slicing platform for O-RAN. In: Proceedings of the 30th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. 2024. p. 2297-2302. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2410.12978>
- [4] J. L. Herrera, S. Montebugnoli, D. Scotece, L. Foschini and P. Bellavista (2025), "A Tutorial on O-RAN Deployment Solutions for 5G: From Simulation to Emulated and Real Testbeds," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, doi: 10.1109/COMST.2025.3577687. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/11028899>

# **Desenvolvimento de um Jogo Sério Digital para Promoção da Motivação e Retenção Estudantil em Cursos de Engenharia**

## **Descrição:**

A evasão acadêmica no ensino superior brasileiro permanece como um desafio crítico, especialmente em cursos das áreas de engenharia, tradicionalmente marcados por elevados índices de desistência. Segundo dados recentes do Censo da Educação Superior e do Mapa do Ensino Superior, a taxa de abandono tem apresentado aumento contínuo nos últimos anos, com índices superiores a 40% em cursos de engenharia na rede pública, evidenciando a necessidade de estratégias inovadoras que favoreçam a permanência e o engajamento discente. Nesse contexto, os jogos sérios desempenham como uma abordagem eficaz para promover motivação, engajamento e aprendizagem significativa, ao integrar elementos de diversão, desafio e recompensa a objetivos educacionais previamente definidos. Neste contexto, esta temática se propõe a investigar o desenvolvimento de um jogo sério digital fundamentado na Teoria da Autodeterminação (TAD), na Teoria do Fluxo e nos princípios de Aprendizagem Experiencial, de modo a criar um ambiente interativo capaz de estimular autonomia, competência e pertencimento dos estudantes. A proposta prevê a utilização de frameworks consolidados de design de jogos, como a Tétrade Elementar, garantindo coerência entre mecânica, narrativa, estética e tecnologia. Além do desenvolvimento do jogo, o projeto contempla um estudo de caso aplicado a estudantes de Engenharia de Computação, com métodos mistos (qualitativos e quantitativos) para avaliar seu impacto na motivação, engajamento e desempenho acadêmico. Espera-se que a solução contribua para a melhoria da experiência educacional, oferecendo evidências sobre a efetividade da aprendizagem baseada em jogos como ferramenta de apoio à retenção estudantil no ensino superior.

## **Palavras-chave:**

Jogos Sérios; Aprendizagem Baseada em Jogos; Game Design Educacional; Motivação Estudantil; Teoria da Autodeterminação; Teoria do Fluxo; Aprendizagem Experiencial; Tecnologia Educacional.

## **Referências:**

- [1] K. Kiili, “Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model,” *Internet and Higher Education*, vol. 8, no. 1, pp. 13–24, 2005.
- [2] J. Schell, *The Art of Game Design: A Book of Lenses*, 3rd ed. A K Peters/CRC Press, 2019.
- [3] O. Lorenzo-Quiles, S. Galdón-López, and A. Lendínez-Turón, “Dropout at university: Variables involved on it,” *Frontiers in Education*, vol. 8, 2023.
- [4] J. L. Plass, R. E. Mayer, and B. D. Homer (Eds.), *Handbook of Game-Based Learning*. MIT Press, 2020.
- [5] R. M. K. R. Rosli, U. Techanamurthy, and A. F. Zakaria, “Impact of Game-Based Learning on Engineering Education: A Systematic Review,” *Asean Journal of Engineering Education*, vol. 8, no. 1, pp. 56–63, 2024.

## Digital transformation of water treatment plants: modelling, control, and sustainability

### Descrição:

The digitalisation of drinking water systems has become increasingly important for ensuring safe, efficient, and sustainable water supply in the face of growing challenges such as climate change, population growth, and stricter regulatory standards. Modern utilities must maintain high water quality while optimising energy use, reducing operational costs, and ensuring system reliability. Achieving these goals requires the integration of advanced automation and data-driven technologies throughout the drinking water supply chain. This project focuses on advancing the modelling, monitoring, and control of drinking water systems through digital technologies, taking drinking water treatment operated by CAGECE as case studies. We will employ methods from control theory, system identification, and probabilistic modelling to design and implement advanced process-control solutions. Key topics include model-based control strategies, such as model predictive control and optimal control, alongside the development, calibration, and identification of dynamic models for drinking water treatment plants. A central component of the research is the analysis of system performance and dynamic behaviour to better understand operational responses, detect anomalies, and identify opportunities for optimisation. Probabilistic methods will be used to quantify uncertainties arising from variable raw water quality, demand patterns, and environmental factors, for supporting more robust and adaptive solutions. We are seeking motivated and enthusiastic students to contribute to the development of the modelling and control tools for drinking water systems. The work will involve collecting, analysing, and pre-processing available operational data from the full-scale facilities. Using both real-world and synthetic datasets, students will develop dynamic process models and evaluate control strategies within simulation and full-scale environment.

### Palavras-chave:

Drinking water treatment plants, System identification, Probabilistic modelling, Advanced process control

### Referências:

- [1] Ljung L., 2008, Perspectives on System Identification, IFAC Proceedings Volumes, 41(2), pp. 7172-7184.
- [2] Rawlings J.B., 2000, Tutorial overview of model predictive control, in IEEE Control Systems Magazine, 20,(3), pp 38-52.
- [3] François-Lavet V., Henderson P., Islam R., Bellemare M. G., and Pineau J., 2018, An Introduction to Deep Reinforcement Learning, Foundations and Trends in Machine Learning, 11(3-4), pp 219-354.
- [4] Yuan Z., Olsson G., Cardell-Oliver R., van Schagen K., Marchi A., Deletic A., Urich C., Rauch W., Liu Y., Jiang G., 2019, Sweating the assets - The role of instrumentation, control and automation in urban water systems, Water Research, 155, pp 381-402.

# **Electromagnetically Reconfigurable Antenna Arrays for 6G Wireless Systems**

## **Descrição:**

Future 6G wireless systems require extremely high data rates, superior energy efficiency, and highly directional and adaptable beamforming capabilities. Traditional antenna array architectures struggle to meet these requirements due to hardware complexity, scalability constraints, and the inherent rigidity of conventional radiating structures. Reconfigurable Antenna Arrays (RAAs) introduce a fundamentally new degree of adaptability by enabling dynamic adjustment of electromagnetic characteristics such as radiation pattern, polarization, and operational frequency. This adaptive behavior bridges the electromagnetic and signal-processing domains, allowing more flexible and efficient resource allocation while supporting next-generation communication and sensing applications. However, RAAs also introduce a set of unique technical challenges. Since their radiation behavior changes across configurations, classical channel estimation techniques become insufficient due to the mode-dependent nature of the channel. Furthermore, the strong coupling between electromagnetic and signal-processing operations requires novel modeling frameworks that integrate physical antenna behavior with algorithmic optimization. Hardware nonlinearities, switching limitations, and mutual coupling effects impose further constraints on feasible designs. Additionally, because different reconfigurable antenna models and array architectures offer distinct physical and operational characteristics, their impact on beamforming and overall system performance must be evaluated to determine optimal design strategies. To address these challenges, the proposed research develops an integrated framework for channel estimation, antenna-structure optimization, and beamforming design tailored to reconfigurable arrays. In terms of channel estimation, the work will create reconfiguration-aware channel models capable of representing mode-dependent distortions and correlations, enabling low-overhead estimation schemes that reduce pilot consumption by exploiting similarities across antenna states. For antenna structure optimization, the research will compare pixel-based, parasitic, DMA, and polarization-reconfigurable architectures, seeking to jointly optimize the physical configuration, switching network, and associated electromagnetic behavior. This includes the development of hybrid EM–RF–digital optimization strategies that reflect the true multi-domain nature of RA systems. With respect to beamforming, the project will evaluate how distinct RA models influence array gain, spatial resolution, interference suppression, and communication–sensing trade-offs. Beamforming algorithms will be adapted to operate effectively under antenna-state constraints, and comparisons will be made across fully-digital, hybrid, and tri-hybrid array architectures. The expected outcomes include a unified modeling and optimization framework for RAAs, enabling accurate characterization of reconfiguration-dependent channels, efficient structure-aware channel estimation techniques, and beamforming algorithms that fully exploit the electromagnetic flexibility of RA-enabled systems. The project will also deliver quantitative design guidelines for selecting reconfigurable antenna architectures and switching strategies tailored to 6G communication and integrated sensing requirements.

**Palavras-chave:**

Reconfigurable antennas, beamforming, optimization, channel estimation

**Referências:**

- [1] J. Costantine, Y. Tawk, S. E. Barbin, and C. G. Christodoulou, "Reconfigurable antennas: Design and applications," Proc. IEEE, vol. 103, no.3, pp. 424-437, Mar. 2015.
- [2] R. Wang et al., "A wideband reconfigurable intelligent surface for 5G millimeter-wave applications," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 72, no. 3, pp. 2399–2410, 2024.
- [3] M. Liu, M. Li, R. Liu, Q. Liu, A. Lee Swindlehurst, "Reconfigurable Antenna Arrays: Bridging Electromagnetics and Signal Processing", arXiv:2510.17113v1 [eess.SP], 2025.
- [4] W. Zheng, Y. Yang, and H. Li, "Design of polarization reconfigurable pixel antennas with optimized PIN-diode implementation," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 73, no. 2, pp. 851-862, Oct. 2024.
- [5] K. Ying et al., "Reconfigurable massive MIMO: Precoding design and channel estimation in the electromagnetic domain," IEEE Transactions on Communications, pp. 1–1, 2024.
- [6] R. Wang et al., "Electromagnetically Reconfigurable Fluid Antenna System for Wireless Communications: Design, Modeling, Algorithm, Fabrication, and Experiment," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, doi: 10.1109/JSAC.2025.3625163.

## **Envelhecimento em circuitos integrados CMOS**

### **Descrição:**

O estudo do envelhecimento em circuitos integrados CMOS é de grande relevância, especialmente em um cenário onde a miniaturização e a complexidade dos sistemas aumentam constantemente. O envelhecimento dos transistores, fenômeno no qual os dispositivos sofrem degradação de desempenho ao longo do tempo, é um desafio significativo para a confiabilidade e a vida útil dos circuitos. Este fenômeno pode resultar em instabilidade, atrasos e falhas nos circuitos, comprometendo a funcionalidade e a segurança de sistemas críticos. Nesse contexto, Rohbani e Miremadi [1] destacam o desenvolvimento de sensores integrados de baixo custo para detectar o envelhecimento e eventos de bit flip (Single Event Upset - SEU), abordando a necessidade de monitoramento contínuo para manter a estabilidade dos sistemas. Ademais, Maricau e Gielen [2] analisam o impacto do envelhecimento nos circuitos analógicos, fornecendo diretrizes de projeto para mitigar a degradação induzida nos transistores, o que é crucial para a durabilidade dos dispositivos CMOS. Estudos recentes, como Syed et al. [3], exploram a resiliência ao envelhecimento e aos erros suaves em aceleradores CNN reconfiguráveis, utilizando sensores multifuncionais em chips, que são vitais para a manutenção da confiabilidade em sistemas avançados de inteligência artificial. Além disso, Cook et al [4]. investigam o envelhecimento não uniforme em FPGAs induzido por curtos-circuitos baseados em configuração, destacando os desafios únicos apresentados por tecnologias reconfiguráveis. Por fim, a pesquisa Song et al. [5] em computação neuromórfica aborda a gestão dinâmica da confiabilidade, enfatizando a importância de soluções adaptativas para enfrentar a degradação do sistema ao longo do tempo. Essas pesquisas são fundamentais para o avanço da tecnologia, garantindo que os sistemas eletrônicos continuem a operar de forma segura e eficiente em ambientes cada vez mais exigentes

### **Palavras-chave:**

Envelhecimento de Transistores, Degradão de Desempenho, Estabilidade de Circuitos, CMOS Integrated Circuits, Bias Temperature Instability (BTI), Hot-carrier injection (HCI), Single Event Upset (SEU), Sensores de Envelhecimento, Confiabilidade de Sistemas

### **Referências:**

- [1] N. Rohbani and S. -G. Miremadi, "A Low-Overhead Integrated Aging and SEU Sensor," in IEEE Transactions on Device and Materials Reliability, vol. 18, no. 2, pp. 205-213, June 2018, doi: 10.1109/TDMR.2018.2817369. keywords: {Aging;Circuit stability;Clocks;Transistors;Latches;Delays;Stability analysis;Aging;bias temperature instability;flip-flop;sensor;single event upset},
- [2] E. Maricau and G. Gielen, "Transistor aging-induced degradation of analog circuits: Impact analysis and design guidelines," 2011 Proceedings of the ESSCIRC (ESSCIRC), Helsinki, Finland, 2011, pp. 243-246, doi: 10.1109/ESSCIRC.2011.6044952. keywords:

{Transistors;Aging;CMOS integrated circuits;Analog circuits;Integrated circuit reliability;Degradation},

[3] R. T. Syed, F. L. Vargas, M. Andjelkovic, M. Ulbricht and M. Krstic, "Aging and Soft Error Resilience in Reconfigurable CNN Accelerators Employing a Multi-Purpose On-Chip Sensor," 2024 IEEE 25th Latin American Test Symposium (LATS), Maceio, Brazil, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/LATS62223.2024.10534625. keywords: {Fault tolerance;Single event transients;Sensor placement;Runtime;Fault tolerant systems;Voltage;System-on-chip;reconfigurability;convolutional neural network;reliability;aging;soft errors;FPGAs},

[4] Hayden Cook, Jacob Arscott, Brent George, Tanner Gaskin, Jeffrey Goeders, and Brad Hutchings. 2022. Inducing Non-uniform FPGA Aging Using Configuration-based Short Circuits. ACM Trans. Reconfigurable Technol. Syst. 15, 4, Article 41 (December 2022), 33 pages. <https://doi.org/10.1145/3517042>

[5] Shihao Song, Jui Hanamshet, Adarsha Balaji, Anup Das, Jeffrey L. Krichmar, Nikil D. Dutt, Nagarajan Kandasamy, and Francky Catthoor. 2021. Dynamic Reliability Management in Neuromorphic Computing. J. Emerg. Technol. Comput. Syst. 17, 4, Article 63 (October 2021), 27 pages. <https://doi.org/10.1145/3462330>

## **Gerenciamento de interferência em redes 6G**

### **Descrição:**

Com a evolução dos sistemas de comunicações móveis para a sexta geração (6G), novas faixas do espectro podem vir a ser utilizadas, como a faixa conhecida como ondas centimétricas (cmWave). Esta faixa, no entanto, já é utilizada por diversos outros serviços e aplicações. Neste contexto, torna-se importante gerenciar não somente a interferência entre usuários dentro de um mesmo sistema 6G, mas também a interferência entre sistemas diferentes que utilizam a mesma banda. Este tema de pesquisa tem por objetivo o estudo de técnicas de otimização para o gerenciamento de tais tipos de interferência, considerando tecnologias baseadas em processamento multi-antena, como o MIMO distribuído ou cell-free. Além disso, podem ser também consideradas técnicas de sensoriamento para auxiliar na detecção e mitigação da interferência.

### **Palavras-chave:**

Sistemas 6G, MIMO distribuído, otimização, controle de interferência, coexistência entre sistemas.

### **Referências:**

- [1] S. Kang, M. Mezzavilla, S. Rangan, A. Madanayake, S. B. Venkatakrishnan, G. Hellbourg, M. Ghosh, H. Rahmani, and A. Dhananjay, "Cellular Wireless Networks in the Upper Mid-Band," IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 5, pp. 2058-2075, Mar. 2024. <https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2024.3373368>
- [2] Özlem Tugfe Demir, Emil Björnson and Luca Sanguinetti, "Foundations of User-Centric Cell-Free Massive MIMO", Foundations and Trends in Signal Processing: Vol. 14: No. 3-4, pp 162-472, 2021. <https://arxiv.org/abs/2108.02541>
- [3] Z. H. Shaik, R. Sarvendranath, and E. G. Larsson, "Energy-Efficient Resource Allocation for Underlay Spectrum Sharing in Cell-Free Massive MIMO," IEEE Access, vol. 12, pp. 106895-106911, July 2024. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3432287>
- [4] Z. H. Shaik and E. G. Larsson, "Decentralized Algorithms for Out-of-System Interference Suppression in Distributed MIMO," IEEE Wireless Communications Letters, vol. 13, no. 7, pp. 1953-1957, May 2024. <https://doi.org/10.1109/LWC.2024.3397559> or <https://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1890773/FULLTEXT01.pdf>
- [5] F. Liu, Y. Cui, C. Masouros, J. Xu, T. X. Han, Y. C. Eldar, and S. Buzzi, "Integrated Sensing and Communications: Toward Dual-Functional Wireless Networks for 6G and Beyond," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 40, no. 6, pp. 1728-1767, Jun. 2022. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2022.3156632> or <https://arxiv.org/abs/2108.07165>

# **Human-Centered Cyber Prevention: Integrated Approaches Against Social Engineering**

## **Descrição:**

Cybersecurity constitutes a strategic field for the protection of critical infrastructure, corporate environments, and personal devices, given the growing complexity and frequency of security incidents. Historically, research and development efforts have focused on Intrusion Detection Systems (IDS), whose primary function is to identify anomalies and malicious activities after they have occurred. However, attacks gain access to systems primarily through social engineering techniques, highlighting the importance of solutions and tools that help prevent social engineering attacks. Furthermore, social engineering techniques continue to be widely used by malicious actors, exploiting human vulnerabilities to obtain privileged access to systems and sensitive information. In this context, the present proposal seeks to foster the study and development of integrated solutions that involve the prevention and mitigation of social engineering-related risks human-centered. It is believed that such approaches have high potential to significantly reduce cyber risks and contribute to the prevention of attacks before they materialize, promoting relevant advancements in both the scientific field and practical application in high-critical environments.

## **Palavras-chave:**

Cybersecurity, Prevent social engineering attacks, Mitigation, Human-centered.

## **Referências:**

- [1] Salahdine, Fatima, and Naima Kaabouch. 2019. "Social Engineering Attacks: A Survey" Future Internet 11, no. 4: 89. DOI: <https://doi.org/10.3390/fi11040089>
- [2] Alharthi, Dalal and Regan, Amelia, A Literature Survey and Analysis on Social Engineering Defense Mechanisms and INFOSEC Policies (2021). International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA) Vol.13, No.2, March 2021, DOI: <https://doi.org/10.5121/ijnsa.2021.13204>
- [3] Katharina Krombholz, Heidelinde Hobel, Markus Huber, Edgar Weippl, Advanced social engineering attacks, Journal of Information Security and Applications, Volume 22, 2015, Pages 113-122, ISSN 2214-2126, <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2014.09.005>
- [4] W. Nowakowski, "Social Engineering Analysis Framework: A Comprehensive Playbook for Human Hacking," in IEEE Access, vol. 13, pp. 18827-18849, 2025, doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3532999>

# **Identificação de doenças neurodegenerativas através do uso de aprendizado profundo em imagens de fundoscopia**

## **Descrição:**

Doenças neurodegenerativas são responsáveis pela morte do progressiva neuronal, o que afeta diretamente o sistema nervoso central e ocasiona perdas motoras, cognitivas e de comunicação. Segundo o Ministério da Saúde, cerca de 8,5% da população com 60 anos ou mais convivem com a doença, representando um número aproximado de 1,8 milhão de casos. Além disso, até 2050, a projeção é que 5,7 milhões de pessoas sejam diagnosticadas no país. Dentre os tipos mais comuns, destaca-se a doença de Alzheimer, a qual não há cura e o principal tratamento é minimizar os sintomas e melhorar a qualidade de vida. Por se tratar de uma doença neurodegenerativa que afeta progressivamente os neurônios, o Alzheimer é tradicionalmente investigado por meio de exames de imagem como ressonância magnética e tomografia computadorizada. Entretanto, estudos recentes têm demonstrado que as alterações neurodegenerativas associadas à doença podem ser detectadas também nas camadas mais profundas da retina, a qual é composta por tecido neural. Isso abre a possibilidade de identificar sinais precoces da patologia por meio de exames oftalmológicos, como a fundoscopia. Além de ser um procedimento não invasivo, a fundoscopia apresenta custo inferior aos métodos de neuroimagem convencionais, o que pode ser considerado como uma alternativa promissora para triagem e monitoramento de pacientes. Nos últimos anos, o uso de técnicas de aprendizado de máquina tem se mostrado promissor, a partir da possibilidade de criação de redes neurais que auxiliam na geração de pré-diagnósticos. Tais tecnologias são capazes de explorar características nas imagens que muitas vezes são invisíveis ao olho humano, aumentando assim a precisão e a agilidade no diagnóstico. O objetivo desta pesquisa é o desenvolvimento de um sistema assistido por computador (CAD) com a aplicação de técnicas de aprendizado profundo para a análise e diagnóstico de Alzheimer por meio dos exames de fundoscopia. Desta forma, torna-se possível reduzir a subjetividade e consequentemente aumentar a precisão do diagnóstico no ambiente hospitalar.

## **Palavras-chave:**

Fundoscopia, Alzheimer, auxílio ao diagnóstico, Redes neurais convolucionais.

## **Referências:**

- [1] DUMITRASCU, Oana M. et al. Color fundus photography and deep learning applications in alzheimer disease. Mayo Clinic Proceedings: Digital Health, v. 2, n. 4, p. 548-558, 2024. Disponível [aqui](#).
- [2] SLOOTWEG, I. R. et al. Generative artificial intelligence in ophthalmology: multimodal retinal images for the diagnosis of Alzheimer's disease with convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:2406.18247, 2024. Disponível [aqui](#).

- [3] CHEUNG, Carol Y. et al. A deep learning model for detection of Alzheimer's disease based on retinal photographs: a retrospective, multicentre case-control study. *The Lancet Digital Health*, v. 4, n. 11, p. e806-e815, 2022. Disponível aqui.
- [4] ASHAYERI, Hamidreza et al. Retinal imaging and Alzheimer's disease: a future powered by artificial intelligence. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, v. 262, n. 8, p. 2389-2401, 2024. Disponível aqui.

## **Inferindo a Qualidade de Sementes via Análise de Imagens Digitais**

### **Descrição:**

O setor de sementes tem enfrentado grandes desafios na avaliação de qualidade, processo essencial para garantir produtividade e sustentabilidade agrícola. Atualmente, essa análise é majoritariamente manual, lenta, destrutiva e dependente de laboratórios especializados, o que limita sua aplicação em larga escala e encarece o controle de qualidade. Pequenos e médios produtores, em especial, carecem de soluções acessíveis e rápidas para assegurar o vigor e a viabilidade de suas sementes. Este projeto de mestrado é uma oportunidade de resposta a essa lacuna, tratando imagens multimodais (e.g. termográficas, RGB, raio-X) com modelos de visão computacional e aprendizado de máquina capazes de realizar diagnósticos não destrutivos, automatizados e de baixo custo. A solução abre oportunidade para digitalizar o controle de qualidade no agronegócio, aumentar a eficiência produtiva e reduzir desperdícios, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e competitiva.

### **Palavras-chave:**

Sementes; Ciência de Dados; Aprendizado de Máquina; Visão Computacional

### **Referências:**

- Liu, L.; Wang, Z.; Li, J.; Zhang, X.; Wang, R. A Non-Invasive Analysis of Seed Vigor by Infrared Thermography. *Plants* 2020, 9, 768. <https://doi.org/10.3390/plants9060768>
- Altizani-Júnior, J. C., Cicero, S. M., de Lima, C. B., Alves, R. M., & Gomes-Junior, F. G. (2024). Optimizing basil seed vigor evaluations: An automatic approach using computer vision-based technique. *Horticulturae*, 10(11), 1220.
- Agarwal, A., de Jesus Colwell, F., Dinnis, R., Correa Galvis, V. A., Hill, T. R., Boonham, N., & Prashar, A. (2025). Infrared thermography in plant factories: Solving spatiotemporal variations via Machine Learning. *Modern Agriculture*, 3(1), e70012.
- Kini, M. G. R., & Bhandarkar, R. (2023). Quality Assessment of Seed Using Supervised Machine Learning Technique. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series B*, 104, 901–909.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). Regras para análise de sementes. 1. ed. Brasília: MAPA

## **Inteligência Artificial na Borda (Edge AI) para aplicações de Internet das Coisas**

### **Descrição:**

O paradigma de Internet das Coisas (Internet of Things, IoT) tem sido amplamente utilizado em diversos domínios de aplicações (indústria, agricultura, saúde) para monitoramento e controle. Os dispositivos IoT geram uma quantidade massiva de dados heterogêneos, os quais têm sido usualmente analisados e processados por soluções baseadas em inteligência artificial para extrair conhecimento e dar suporte à tomada de decisão. Entretanto, a limitação dos recursos dos dispositivos IoT tem potencializado o envio dos dados gerados por eles para um centro de dados em nuvem para processá-los. Alguns dos desafios dessa abordagem que devem ser levados em consideração nas infraestruturas para computação de inteligência artificial são os diferentes requisitos das aplicações IoT (baixa latência, dados sensíveis) e a conectividade intermitente em diversos locais, pois evidencia questões de latência e segurança. A computação em borda (edge computing) tem sido um paradigma em potencial utilizado para superar alguns desses desafios, visto que os dados podem ser processados e analisados em nós presentes na borda da rede e perto dos dispositivos IoT onde os dados são gerados. Assim, o envio de dados e a carga de computação na nuvem são reduzidos, além de promoverem baixa latência e segurança. Desse modo, a inferência e o treinamento de modelos de IA podem ser realizados em níveis diferentes da infraestrutura edge-cloud continuum: dispositivo IoT, nó de borda e nuvem. A computação de inteligência artificial por dispositivos na borda da rede originou o paradigma denominado Edge AI. Apesar dos potenciais benefícios da Edge AI no contexto de Internet das Coisas, algumas questões dizem respeito a (i) arquiteturas para computação de IA para treinamento e/ou inferência em modo distribuído nas diversas camadas do edge-cloud continuum (como aprendizado distribuído, federado, dentre muitos outros); (ii) gerenciamento e performance dos modelos de IA de acordo com os requisitos das aplicações/dados IoT, dentre outros; (iii) gerenciamento dos recursos dos nós e das operações do ciclo de vida dos modelos de aprendizado de máquina para produção de modo eficiente (ex: MLOPs). Nesse contexto, o objetivo deste projeto de pesquisa visa investigar e propor soluções para enfrentar tais desafios, contribuindo para a realização do paradigma de Edge AI no contexto de Internet das Coisas.

### **Palavras-chave:**

Edge AI; Internet das Coisas; Inteligência Artificial, Computação em Borda (Edge Computing); Gerenciamento de Recursos e Modelos, IoT Analytics.

### **Referências:**

- [1] Raghbir Singh, Sukhpal Singh Gill, Edge AI: A survey, *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, Volume 3, 2023, Pages 71-92, ISSN 2667-3452, <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.02.004>.
- [2] Gill, S.S., Golec, M., Hu, J. et al. Edge AI: A Taxonomy, Systematic Review and Future Directions. *Cluster Comput* 28, 18 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10586-024-04686-y>

[3] Nazli Tekin, Ahmet Aris, Abbas Acar, Selcuk Uluagac, Vehbi Cagri Gungor, A review of on-device machine learning for IoT: An energy perspective, Ad Hoc Networks, Volume 153, 2024, 103348, ISSN 1570-8705, <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2023.103348>.

# **Investigação, Modelagem e Projeto de Antenas e Circuitos de Micro-Ondas para Comunicação Satelital**

## **Descrição:**

A comunicação via satélite (SatCom) é uma tecnologia que permite a transmissão de sinais entre pontos distantes da Terra por meio de satélites ou nanossatélites em órbita ao redor do planeta. Esse tipo de sistema fornece serviços essenciais, como transmissão de televisão, acesso à internet, navegação, monitoramento meteorológico, conectividade da internet das coisas (IoT), rastreamento, aviação, operações marítimas e comunicação militar, entre outros. De modo geral, a comunicação via satélite é essencial para garantir conectividade confiável e de ampla cobertura, especialmente em regiões remotas onde a infraestrutura terrestre é limitada ou inexistente. O projeto proposto visa a investigação, modelagem e projeto de sistemas de comunicação para essa finalidade, de modo a atender requerimentos de sistemas reais aplicados em terminais do usuário, que incluem área de cobertura, frequências de operação, largura de banda, eficiência de abertura, polarização, casamento de impedância, pureza de polarização, ganho, nível dos lóbulos laterais, ruído em receptor e cálculo de enlace de micro-ondas.

## **Palavras-chave:**

Beamforming híbrido; Caracterização eletromagnética; Circuitos de micro-Ondas; Redes de antenas.

## **Referências:**

- [1] O. Kodheli et al., “Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges,” IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 23, no. 1, pp. 70-109, 2021;
- [2] T. Jaschke and A. F. Jacob, “A Dual-Polarized SIW Lens Antenna Array for Rx-Tx-Integration at K/Ka-Band,” IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 71, no. 3, pp. 2443-2453, 2023;
- [3] K. Erkelenz, N. Sielck, A. Koelpin, and A. F. Jacob, “A Hybrid Integrated K-/Ka-Band Phased Array Module With Dual-Polarized Shared Aperture,” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 72, no. 10, pp. 6130-6139, 2024;
- [4] G. P. Paulena, J. M. Vieira, E.R. Schlosser, M. V. T Heckler. “Beam steering and cross-polarization decoupling enhancement for  $4 \times 4$  microstrip antenna arrays with differential evolution,” International Journal of Microwave and Wireless Technologies, vol. 17, no. 5, pp. 774-783, 2025.

## Mecanismos de Tomada de Decisão em Sistemas Autônomos Inteligentes

### Descrição:

Sistemas inteligentes com uso de IoT são cada vez mais frequentes na indústria. A próxima fase da revolução industrial será composta de sistemas em que os dispositivos dotados de algoritmos inteligentes precisarão tomar decisões por conta própria. Isso implica no desenvolvimento de novos modelos de processamento de informação, sistemas de comunicação e uso de inteligência na borda que se adaptem a contínuas mudanças dos domínio do conhecimento [1]. Para isto, Cloud Computing poderá ser uma infraestrutura importante para o tratamento de aplicações Big Data analytics [2]. A “Autonomia das Coisas” (A-IoT) requer a solução de lacunas tecnológicas em muitos domínios que permitirão a criação no futuro de Sistemas Autônomos Inteligentes (IAS) [3] com otimização de desempenho [4] em contextos de Federated Learning [3,6] . Outro problema a considerar é a questão de privacidade e segurança de dados na borda. Estudos recentes indicam a possibilidade do gerenciamento de dispositivos em ambientes híbridos de Big Data [3], onde as aplicações de análise de dados devem ser implementadas com o humano dentro do loop (do inglês Human-in-the-loop (HiTL)) [5]. A adoção destas tecnologias viabilizam o desenvolvimento de aplicações em áreas como: carros autônomos, controle de tráfego aéreo urbano, carros voadores autônomos, robôs hospitalares, controle de redes de comunicação 5G/6G, helpers, entre outros.

### Palavras-chave:

IoT, IAS, Big Data, Deep Learning, Machine Learning. Otimização de Algoritmos

### Referências:

- [1] Bayram, Firas, Ahmed, Bestoun S., Kassler, Andreas: From concept drift to model degradation: An overview on performance-aware drift detectors , Knowledge-Based Systems 245, 108632, 2022, doi: /10.1016/j.knosys.2022.108632
- [2] Rosendo, Daniel, Costan, Alexandru, Valduriez, Patrick, Antoniu, Gabriel: Distributed intelligence on the Edge-to-Cloud Continuum: A systematic literature review, Journal of Parallel and Distributed Computing 166, 71–94, Apr 2022 , doi = "10.1016/j.jpdc.2022.04.004"
- [3] dos Anjos, Julio C. S., Matteussi, Kassiano J., Orlandi, Fernanda C., Barbosa, Jorge L. V., Silva, Jorge Sá, Bittencourt, Luiz F., Geyer, Cláudio F. R.: A Survey on Collaborative Learning for Intelligent Autonomous Systems , ACM Comput. Surv. 1(1), ACM, 1–36, 9 2023, doi = "10.1145/3625544".
- [4] Valente Neto, Ernesto G., Peixoto, Solon A., Leithardt, Valderi R. Q., De Paz, Juan F., Dos Anjos, Julio C. S.: Adding Data Quality to Federated Learning Performance Improvement , IEEE Access , IEEE Computer Society, 1–26, June 2025 .  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/11029230>
- [5] Fernandes, J., Raposo, D., Armando, N., Sinche, S., Silva, J. Sá, Rodrigues, A., Pereira, V., Oliveira, H. Gonçalo, Macedo, Luís, Boavida, F.: ISABELA – A Socially-Aware

Human-in-the-Loop Advisor System , Online Social Networks and Media 16, Elsevier Publishers B. V., 100060, March 2020, doi = "10.1016/j.osnem.2020.100060".

[6] Orlandi, Fernanda C., Anjos, Julio C. S. dos, Santana, Juan F. de P., Leithardt, Valderi R. Q., Geyer, Claudio F. R.: Entropy to mitigate non-IID data problem on Federated Learning for the Edge Intelligence environment , IEEE Access 11, IEEE Computer Society, 78845–78857, July 2023, doi = "10.1109/ACCESS.2023.3298704"

## **Modelagem Tensorial para Processamento de Sinais e Imagens**

### **Descrição:**

À medida que a quantidade de dados trafegados por redes de comunicação aumenta, a demanda por poder de processamento cresce de forma significativa. Nesse contexto, o desenvolvimento de novas técnicas de processamento de sinais (dados) torna-se fundamental. Tensor ou tensores são ferramentas matemáticas que, quando aplicadas ao processamento de sinais, permitem explorar de forma eficiente dados tipicamente multidimensionais, dependentes de parâmetros como tempo, frequência, espaço, canal, entre outros. De forma geral, um tensor pode ser visto como uma generalização de matrizes (linhas/colunas) para um número maior de dimensões. Nos últimos anos, tensores e suas decomposições têm ganhado destaque em aplicações de big data, compressão e modelagem de dados estruturados, além de se tornarem particularmente relevantes em comunicações sem fio de próxima geração (5G/6G). Em especial, modelos tensoriais têm sido explorados em sistemas MIMO massivos assistidos por superfícies inteligentes reconfiguráveis (RIS) e em sistemas ISAC (Integrated Sensing and Communication), permitindo modelar de forma natural a estrutura multidimensional dos sinais recebidos (tempo–frequência–antenas–elementos da RIS–usuários) e viabilizando algoritmos eficientes de estimação de canal, localização, sensoriamento e detecção. Além de comunicações sem fio, tensores são amplamente utilizados no processamento de imagens e hiperespectrais, em machine learning e deep learning (por exemplo, para compressão de redes neurais e representação de dados de alta dimensão) e em sinais biomédicos (como EEG/ECG e fusão EEG–fMRI), onde a natureza multidimensional dos dados é intrínseca. Este tema abrange propostas que explorem algoritmos, estruturas de dados e aplicações nas quais os tensores se mostrem uma ferramenta eficaz. Dentre os focos de investigação em modelos tensoriais, destacam-se (sem se limitar a):

- Aplicações em processamento de sinais para sistemas de comunicação sem fio, com ênfase em RIS e ISAC;
- Aplicações em processamento de sinais para imagens e dados hiperespectrais;
- Aplicações em machine learning e deep learning (modelagem, compressão e regularização de modelos);
- Aplicações em processamento de sinais biomédicos (EEG/ECG e dados multimodais);
- Estudo e proposição de novas estruturas tensoriais e modelos de decomposição;
- Desenvolvimento de novos algoritmos de decomposição e extração eficientes;
- Utilização de modelos tensoriais em diferentes domínios científicos e industriais (telecomunicações, saúde, indústria 4.0, entre outros).

**Palavras-chave:**

Processamento tensorial de sinais; decomposição tensorial; RIS; ISAC; sistemas de comunicação sem fio; processamento de imagens; sinais biomédicos; machine learning; deep learning.

**Referências:**

- [1] T. G. Kolda, B. W. Bader, “Tensor Decompositions and Applications,” SIAM Review, vol. 51, no. 3, pp. 455–500, 2009. <https://pubs.siam.org/doi/10.1137/07070111X>
- [2] K. Naskovska, “Advanced Tensor Based Signal Processing Techniques for Wireless Communication Systems and Biomedical Signal Processing, <https://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/Bereiche/EI/nt/pdfs/dissertation/2019-naskovska.pdf>
- [3] P. Comon, X. Luciani e A. L. F. de Almeida, “Tensor decompositions, alternating least squares and other tales,” Journal of Chemometrics, vol. 23, n. 7–8, pp. 393–405, 2009. doi: 10.1002/cem.1236. Disponível em: <https://hal.science/hal-00410057v1/document>
- [4] A. Cichocki, “Era of Big Data Processing: A New Approach via Tensor Networks and Tensor Decompositions,” CoRR, abs/1403.2048, 2014. Available at: <https://arxiv.org/abs/1403.2048>
- [5] M. Wang et al., “Tensor Networks Meet Neural Networks: A Survey and Future Perspectives,” [https://arxiv.org/abs/2302.09019?utm\\_source=chatgpt.com](https://arxiv.org/abs/2302.09019?utm_source=chatgpt.com)
- [6] Y. Panagakis, J. Kossaifi, G. G. Chrysos, J. Oldfield, M. A. Nicolaou, A. Anandkumar, and S. Zafeiriou, “Tensor methods in computer vision and deep learning,” Proceedings of the IEEE, vol. 109, no. 5, pp. 863–890, May 2021, doi: 10.1109/JPROC.2021.3074329.
- [7] R. Borsoi, K. Usevich, and M. Clausel, “Low-rank tensor decompositions for the theory of neural networks,” arXiv preprint arXiv:2508.18408, 2025.

## **Modelos multimodais baseados em IVA para detecção de desinformação**

### **Descrição:**

Numa era em que a desinformação se espalha mais rapidamente do que nunca, há uma necessidade crucial em nossa sociedade de filtrar informações falsas ou enganosas para que as pessoas permaneçam bem-informadas e tomem boas decisões. Seja notícia falsa sobre eleições, desinformação sobre saúde ou imagens e vídeos manipulados, as informações falsas podem causar danos reais. Elas podem influenciar a opinião pública, alterar os resultados de eleições, colocar vidas em perigo (basta pensar na desinformação sobre a COVID-19) ou até mesmo criar divisões sociais. A detecção de desinformação ajuda a garantir que as pessoas baseiem suas decisões na realidade, e não no engano. É como dar às pessoas um "filtro da verdade" para navegar num mar avassalador de informação. Diante desse cenário, técnicas estatísticas e de aprendizagem automática de ponta oferecem uma defesa poderosa. Esta área temática busca desenvolver métodos estatísticos que contemplem modelos multimodais, baseados em análise de vetores independentes (IVA, do inglês) para explorar características presentes em múltiplas modalidades. Como decorrência, se busca o desenvolvimento de algoritmos eficientes que permitem respostas utilizadas a partir de treinamentos com bases de dados com poucas amostras e potencial inserção de restrições que facilitem a classificação de mensagens com várias modalidades (texto, imagem, áudio, etc) a partir de alguma informação estatística ou ainda a remoção/consideração de vieses nos padrões de detecção.

### **Palavras-chave:**

Detecção de desinformação, IVA, modelos estatísticos, processamento estatístico de sinais.

### **Referências:**

- [1] Anderson, M., Adali, T., & Li, X. Joint Blind Source Separation With Multivariate Gaussian Model: Algorithms and Performance Analysis. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 60(4), 1672–1683, 2012.
- [2] Z. Boukouvalas, A. Shafer. Role of statistics in detecting misinformation: A review of the state of the art, open issues, and future research directions. *Annual Review of Statistics and Its Application*, Volume 11, 2024.
- [3] Damasceno, L.P., Rexhepi, E., Shafer, A. et al. Exploiting sparsity and statistical dependence in multivariate data fusion: an application to misinformation detection for high-impact events. *Machine Learning*, Volume 113, pages 2183–2205, 2024.
- [4] N. Lewis, C. C. Cavalcante, Z. Boukouvalas and R. Corizzo, "On the Effectiveness of Text and Image Embeddings in Multimodal Hate Speech Detection," 2024 IEEE International Conference on Big Data (BigData), Washington, DC, USA, pp. 3277-3281, 2024.

## Predição Conforme para Aprendizado de Máquinas

### Descrição:

Em cenários do uso de modelos de aprendizado de máquinas, a escolha dos modelos de classificação ou predição em geral são definidos levando em conta vários aspectos da aplicação objeto de interesse, limitando os aspectos de predição aos dados em uso e suas características, já que dados diferentes podem ter características (features) que não se adequam àqueles inicialmente considerados para o desenho inicial. A predição conforme (CP, do inglês) é uma técnica estatística utilizada para produzir conjuntos de dados de predição, resultados da aplicação de algum modelo de predição, que não assume qualquer modelo ou estrutura específica sobre o algoritmo de predição. Assim, de uma forma geral, predição conforme, também conhecida como inferência conforme, é um método que, considerando uma noção heurística de incerteza, para qualquer modelo de predição é capaz de gerar um modelo de incerteza rigoroso que seja: (i) agnóstico ao modelo; (ii) agnóstico ao modelo de distribuição dos dados, e; (iii) válido para número finito de amostras. A nossa ideia nesse projeto é utilizar a predição conforme para a redução de complexidade de desenho de métodos de predição e suas implementações (classificadores, regressores, filtros, etc) e quantificação da incerteza nos processos, tipicamente renegados nos cenários de aprendizado de máquina. De nosso especial interesse estão os cenários de processamento distribuído e a capacidade de gerar modelos locais simples e permitir uma generalização global da medida de incerteza e/ou ainda a transferência de aprendizado, ao menos de forma parcial, de um nó/agente para outro.

### Palavras-chave:

Predição conforme, aprendizado de máquinas, processamento estatístico de sinais.

### Referências:

- [1] G. Shafer and V. Vovk, “A Tutorial on Conformal Prediction,” *Journal of Machine Learning Research*, vol. 9, no. 12, pp. 371–421, 2008.
- [2] A. N. Angelopoulos and S. Bates, “Conformal Prediction: A Gentle Introduction,” *Foundations and Trends in Machine Learning*, vol. 16, no. 4, pp. 494–591, 2023.
- [3] R. F. Barber, E. J. Candes, A. Ramdas, and R. J. Tibshirani, “Predictive inference with the jackknife+,” *The Annals of Statistics*, vol. 49, no. 1, pp. 486–507, 2021. [4] V. Vovk, J. Shen, V. Manokhin, and M. ge Xie, “Nonparametric predictive distributions based on conformal prediction,” *Machine Learning*, vol. 108, pp. 445–474, 2019. [5] R. F. Barber, E. J. Candes, A. Ramdas, and R. J. Tibshirani, “Conformal prediction beyond exchangeability,” *The Annals of Statistics*, vol. 51, no. 2, pp. 816–845, 2023.

## **Processamento de cenas tridimensionais e suas aplicações**

### **Descrição:**

O processamento e o uso de informação espacial a partir de representações tridimensionais tem encontrado relevante espaço de aplicações na sociedade contemporânea, e áreas do conhecimento como a arquitetura de interiores [1] e a domótica [2] podem se beneficiar grandemente dos avanços científicos na renderização de cenários. Escolhas convencionais para a representação mencionada incluem malhas e pontos e são adequadas para uso em hardware típicos de unidades de processamento gráfico (GPU) e suas interfaces de programação. Desde as soluções iniciais, que incluíam Structure-from-Motion (SfM) [3] na geração de nuvens de pontos, mas que sofriam com a existência de descontinuidade espacial na superfície sob análise, passando pelas mais recentes estratégias que trazem campos de radiância neurais [4], avanços tem sido obtidos na qualidade da cena gerada, mas limitações associadas aos tempos de treinamento e de renderização permanecem como desafios. De fato, enquanto a natureza contínua desses métodos atuais contribui com aspectos de otimização, a amostragem estocástica que caracteriza a renderização é demandante e, além disso, pode acarretar no aparecimento de ruído. No referido contexto, recentemente foi apresentada à comunidade científica uma técnica de representação de cena que usa primitivas gaussianas tridimensionais para uma nuvem de pontos geradas por SfM, dessa forma adicionando incerteza espacial às coordenadas tridimensionais e conferindo um caráter visual de “esguicho” de cada ponto que compõe a nuvem [5]. Na sequência de uma etapa de otimização dos parâmetros de posição, opacidade, covariância anisotrópica e de coeficientes harmônicos esféricos da representação gaussiana em questão, acontece a renderização em si, a qual lança mão de algoritmos de ordenação rápidos na GPU e é inspirada em rasterização por blocos. De interesse desta Área Temática estão quaisquer proposições de pesquisa que envolvam algoritmos para a geração de cenas tridimensionais baseados em representação probabilística de superfícies, de nuvens de pontos, de voxels etc, com particular preferência por soluções baseadas em arquiteturas de redes neurais de processamento leve. Dentre os potenciais focos de investigação, incluem-se: (i) abordagens para extração de atributos de regiões de nuvens de pontos que possam ser utilizados como referência ou como etapa de pré-processamento por algoritmos de registro e/ou de renderização de cenas; (ii) proposição de estruturas de dados, bem como novas formas de representação da informação tridimensional, que ofereçam suporte especializado aos algoritmos de registro de nuvens de pontos 3D e/ou de renderização de cenas; (iii) desenvolvimento de aplicações de classificação que utilizem novas formas de representação da informação tridimensional de cenas; (iv) proposição de técnicas de representação e processamento de nuvens de pontos assistidas por aprendizagem profunda para aplicações diversas.

### **Palavras-chave:**

Processamento de imagens 3D; reconstrução 3D de objetos e cenas; aprendizagem profunda em dados de nuvens de pontos; campo de radiância neural; renderização de cenas

## **Referências:**

- [1] Liang Xiang, Junjie Hou, Jianfeng Wang, Lulu Liu, Construction of a Distributed 3D Interior Design System Based on Artificial Intelligence Algorithms, Procedia Computer Science, Volume 243, 2024, Pages 450-457, ISSN 1877-0509, disponível em:  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.055>.
- [2] Dapoto, S. et al. (2021). 3D-Domotic: A 3D Mobile Application for Domotic Control. In: Naiouf, M., Rucci, E., Chichizola, F., De Giusti, L. (eds) Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics. JCC-BD&ET 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1444. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-84825-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-84825-5_12).
- [3] Noah Snavely, Steven M Seitz, and Richard Szeliski. 2006. Photo tourism: exploring photo collections in 3D. In Proc. SIGGRAPH.
- [4] Fridovich-Keil and Yu, Matthew Tancik, Qinhong Chen, Benjamin Recht, and Angjoo Kanazawa. 2022. Plenoxels: Radiance Fields without Neural Networks. In CVPR.
- [5] Bernhard Kerbl, Georgios Kopanas, Thomas Leimkuehler, and George Drettakis. 2023. 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering. ACM Trans. Graph. 42, 4, Article 139 (August 2023), 14 pages. <https://doi.org/10.1145/3592433>.

# **Processamento, Detecção, Análise e Quantificação de Doenças Oculares por Imagens de Fundoscopia Usando Redes CNN para Auxílio ao Diagnóstico Médico**

## **Descrição:**

O exame mais indicado, por sua eficiência e custo, para o diagnóstico de doenças de fundo de olho é a fundoscopia, que é uma técnica de observação do fundo do olho (incluindo a retina e outras estruturas internas). No entanto, sua análise é limitada pela visão humana que incorpora fatores subjetivos, causando variabilidade entre diagnósticos de especialistas. Assim, o objetivo desta linha de pesquisa é conceber e desenvolver sistemas de auxílio ao diagnóstico, usando redes CNN, que possam ser usados nas clínicas por especialistas. Neste contexto, este projeto tem por objetivo desenvolver um sistema CAD usando novas arquiteturas de CNNs para a detecção, classificação e análise de doenças oculares em imagens de fundoscopia para auxílio ao diagnóstico. Tem ainda como motivação básica reduzir a subjetividade, aumentando a precisão na análise e na precocidade do diagnóstico e da evolução clínica destas doenças, bem como identificar o grau de severidade. Para atingir essa finalidade, deve-se realizar uma adequação dos banco de dados públicos, visto que o método de aquisição e formato dos dados diferem e resultam em imagens com padrões diferentes.

## **Palavras-chave:**

Fundoscopia, segmentação de imagens, auxílio ao diagnóstico, doenças oftalmológicas.

## **Referências:**

- [1] DE ASSIS, DÉBORA ; Cortez, Paulo Cesar. A Comparative Analysis of Glaucoma Feature Extraction and Classification Techniques in Fundus Images. Journal of Communication and Information Systems (JCIS),, v. 38, p. 47-60, 2023. DISPONÍVEL EM:  
<https://jcis.sbrt.org.br/jcis/article/view/816>
- [2] KUMAR, Y.; GUPTA, B. Retinal image blood vessel classification using hybrid deep learning in cataract diseased fundus images. Biomedical Signal Processing and Control, Elsevier, v. 84, p. 104776, 2023. DISPONÍVEL EM: DOI: 10.1016/j.bspc.2023.104776
- [3] JACKSON, M. ; KALIRAI, H. ; HUSSAIN, R. N. ; HEIMANN, H. ; ZHENG, Y. ; COUPLAND, S. E. Differentiating choroidal melanomas and nevi using a self-supervised deep learning model applied to clinical fundoscopy images. Ophthalmology Science, 5(2), p.100647, 2025.  
DISPONÍVEL EM: <https://doi.org/10.1016/j.xops.2024.100647>
- [4] LI, K ; CHEN, W. -B. ; LU, Y. ; WANG, X. ; GAO, H. Automated Recognition of Optic Disc and Blood Vessels in Diabetic Fundoscopy Images Using Real-Time Image Analysis. 2024 IEEE 7th International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval (MIPR), San Jose, CA, USA, 2024, pp. 579-585. DISPONÍVEL EM: DOI: 10.1109/MIPR62202.2024.00099
- [5] V. G. MOURA, CARLOS ; C. CORTEZ, PAULO ; F. ASSIS, DÉBORA ; C. MOTTA, PEDRO ; R. SILVA, BRUNO. YOLOv8 Deep Learning Model for Diabetic Retinopathy Fundus Image Segmentation and Disease Classification. In: XVI Brazilian Conference on Computational

Intelligence (CBIC 2023), Salvador, October 8th to 11th. DISPONÍVEL EM:  
[https://sbia.org.br/wp-content/uploads/2023/10/pdf/CBIC\\_2023\\_paper159.pdf](https://sbia.org.br/wp-content/uploads/2023/10/pdf/CBIC_2023_paper159.pdf)

# **Processamento, Detecção, Análise e Quantificação de Doenças Pulmonares a Partir de Imagens de Tc do Tórax para Auxílio ao Diagnóstico Médico**

## **Descrição:**

Conforme relatório de 2021 da Organização Mundial da Saúde, determinadas doenças pulmonares se enquadram dentro do ranking das 10 principais causas de morte em todo o mundo. No ranking, destacam-se: COVID-19 (2º lugar), Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (4º lugar), infecções do trato respiratório inferior (5º lugar) e cânceres de traqueia, brônquios e pulmão (6º lugar). Os exames de imagem desempenham um papel importante no diagnóstico e tratamento de doenças pulmonares; a detecção precoce é uma das estratégias para reduzir a mortalidade desses tipos de doenças. Diversos trabalhos recentes têm sido publicados, concluindo que técnicas automatizadas de visão computacional e/ou inteligência artificial (como modelos de deep learning), além de outros sistemas computacionais, podem ser aplicadas, a partir desses exames de imagem como ferramentas de auxílio médico, através de sistemas que realizam a detecção e a segmentação das doenças, além da quantificação e localização de suas lesões. Nesse sentido, as imagens de Tomografia Computadorizada (TC) do Tórax se destacam na avaliação de doenças pulmonares pelo nível de detalhes oferecido aos especialistas, além da possibilidade de reconstrução 3D dos exames e de metadados intrínsecos vinculados ao padrão DICOM, no qual tais imagens são inseridas. Assim, a TC do tórax contém informações fundamentais para um diagnóstico precoce e eficiente, exemplificado pelas doenças COVID-19 e nódulos pulmonares.

## **Palavras-chave:**

Tomografia computadorizada, Doenças pulmonares, Câncer de pulmão, COVID-19, Detecção automática, Segmentação, Deep learning.

## **Referências:**

- [1] MOTTA, PEDRO CROSARA; CORTEZ, PAULO CÉSAR ; SILVA, BRUNO R. S. ;YANG, GUANG; ALBUQUERQUE,VICTORHUGOC.DE. AutomaticCOVID-19 and Common-Acquired Pneumonia Diagnosis Using Chest CT Scans. Bioengineering-Basel, v. 10, p. 529, 2023. DISPONÍVEL EM: Bioengineering | Free Full-Text | Automatic COVID-19 and Common-Acquired Pneumonia Diagnosis Using Chest CT Scans (mdpi.com)
- [2] KUMAR, S., KUMAR, H., KUMAR, G. et al. A methodical exploration of imaging modalities from dataset to detection through machine learning paradigms in prominent lung disease diagnosis: a review. BMC Med Imaging 24, 30 (2024). DISPONÍVEL EM: <https://doi.org/10.1186/s12880-024-01192-w>
- [3] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). The top 10 causes of death. 7 ago. 2024. DISPONÍVEL EM: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- [4] AL-QANESS, M.A.A., ZHU, J., AL-ALIMI, D. et al. Chest X-ray Images for Lung Disease Detection Using Deep Learning Techniques: A Comprehensive Survey. Arch Computat Methods Eng 31, 3267–3301 (2024). DISPONÍVEL EM: <https://doi.org/10.1007/s11831-024-10081-y>

[5] MALDEN,D.E.; TAROF, S. Y.; ACKERSON, B. K.; HONG, V.; SKARBINSKI, J.; YAU, V.; QIAN, L.; FISCHER, H.; SHAW, S. F.; CAPAROSA, S. et al. Natural language processing for improved characterization of covid-19 symptoms: Observational study of 350,000 patients in a large integrated health care system. JMIR Public Health and Surveillance, JMIR Publications Inc., Toronto, Canada, v. 8, n. 12, p. e41529, 2022. DISPONÍVEL EM: JMIR Public Health and Surveillance - Natural Language Processing for Improved Characterization of COVID-19 Symptoms: Observational Study of 350,000 Patients in a Large Integrated Health Care System. JMIR Public Health and Surveillance, JMIR Publications Inc., Toronto, Canada, v. 8, n. 12, p. e41529, 2022.

DISPONÍVEL EM: [JMIR Public Health and Surveillance - Natural Language Processing for Improved Characterization of COVID-19 Symptoms: Observational Study of 350,000 Patients in a Large Integrated Health Care System](#)

## **Sensoriamento e localização na próxima geração de comunicações sem fio.**

### **Descrição:**

Os arrays de sensores são utilizados em diversas aplicações em uma ampla gama de disciplinas. Alguns cenários em comunicação e sensoriamento para o 6G incluem formação de feixe (beamforming), filtragem espacial e estimativa de alta resolução da direção de chegada (DoA). A introdução de frequências mais altas (bandas de ondas milimétricas (mm-wave) e terahertz (THz)) apresenta um comportamento de propagação diferente, tornando os canais móveis esparsos. Por um lado (frequências mais altas), isso permite obter maior largura de banda e instalar um número massivo de antenas na estação-base (BS) e nos equipamentos de usuário (UE). Isso nos leva a enfrentar os diferentes problemas em aberto de formação de feixe eficiente/inteligente para minimizar a interferência e aumentar a capacidade da rede móvel, filtragem espacial, bem como a estimativa e o rastreamento dos parâmetros do canal.

### **Palavras-chave:**

Estimativa de parâmetros, formação de feixe no 6G, bandas de ondas milimétricas (mm-wave) e terahertz (THz), sensoriamento comprimido e rastreamento baseado em Kalman, estimativa de DoA, Integrando sensoriamento e comunicações.

### **Referências:**

- [1] Theodore S. Rappaport, “Wireless Communications and Applications Above 100 GHz: Opportunities and Challenges for 6G and Beyond” IEEE Access ( Volume: 7) 2019. Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org/document/8732419>
- [2] Zhe Wang, “A Tutorial on Extremely Large-Scale MIMO for 6G: Fundamentals, Signal Processing, and Applications”, IEEE Communications Surveys & Tutorials ( Volume: 26, Issue: 3, third quarter 2024). Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org/document/10379539>
- [3] Thorsten Wild, “Joint Design of Communication and Sensing for Beyond 5G and 6G Systems ” IEEE Access ( Volume: 9),2021. Disponível em <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9354629>
- [4] Zhiqing Wei, “Integrated Sensing and Communication Signals Toward 5G-A and 6G: A Survey”, IEEE Internet of Things Journal ( Volume: 10, Issue: 13, 01 July 2023) <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10012421>
- [5] ZHILING TANG, “The Estimation Method of Sensing Parameters Based on OTFS,” IEEE Access ( Volume: 11) 2023 <https://ieeexplore.ieee.org/document/10164102>

# Simulação e Otimização de Redes 6G Inteligentes

## Descrição:

A evolução de redes celulares móveis de quinta geração (5G) para sexta geração (6G) envolve uma convergência de tendências tecnológicas que incluem, dentre outros tópicos, uso de IA para aumento de eficiência e integração com redes não terrestres (NTNs) para aumento de cobertura. Nesse cenário, metodologias de modelagem matemática, simulação realista e otimização vêm ganhando destaque como ferramentas essenciais para compreender e aprimorar o desempenho das futuras redes 6G. Nesta área temática, o aluno desenvolverá, ao longo do mestrado, modelos computacionais e matemáticos para representar sistemas de comunicação 5G/6G, considerando cenários terrestres (TN), não terrestres (NTN) e/ou sua coexistência. Esses cenários deverão utilizar simulação realista de canal com uso de técnicas determinísticas como ray-tracing com mapas reais e/ou modelos estatísticos como os do 3GPP. A partir desses modelos, serão formulados problemas de decisão relacionados à gestão de recursos de rádio, envolvendo aspectos como gerenciamento do espectro de frequência, alocação de potência, gerência de mobilidade dos usuários e/ou seleção de feixes. As soluções desses problemas poderão explorar tanto solvers de otimização (como CPLEX, Gurobi, Mosek, CVX/CPXPY, etc) para obtenção de soluções ótimas quanto abordagens de menor complexidade, tais como heurísticas, aproximações analíticas ou algoritmos baseados em aprendizado de máquina, incluindo técnicas de aprendizado por reforço profundo. A linha de pesquisa permite a investigação de diferentes mecanismos de controle e otimização, mantendo flexibilidade quanto às aplicações e cenários específicos. É desejável que o candidato tenha familiaridade com programação em Python para a realização de simulações computacionais, de modo a desenvolver, validar e comparar as abordagens propostas para os cenários estudados.

## Palavras-chave:

Redes 6G, gerenciamento de recursos rádio (RRM), simulação computacional, otimização, coexistência

## Referências:

- [1] SHANG, Bodong et al. Spectrum Sharing in Satellite-Terrestrial Integrated Networks: Frameworks, Approaches, and Opportunities. arXiv preprint arXiv:2501.02750, 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2501.02750>
- [2] UMER, Muhammad et al. Intelligent spectrum sharing in integrated TN-NTNs: A hierarchical deep reinforcement learning approach. IEEE Wireless Communications, v. 32, n. 3, p. 64-71, 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2503.06720>
- [3] LAHMER, Seyyidahmed; CHIARIOTTI, Federico; ZANELLA, Andrea. The cost of learning: Efficiency vs. efficacy of learning-based RRM for 6G. In: ICC 2023-IEEE International Conference on Communications. IEEE, 2023. p. 5166-5172. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2211.16915>

- [4] S. K. Das, R. Mudi, M. S. Rahman, K. M. Rabie and X. Li, "Federated Reinforcement Learning for Wireless Networks: Fundamentals, Challenges and Future Research Trends," in IEEE Open Journal of Vehicular Technology, vol. 5, pp. 1400-1440, 2024, doi: 10.1109/OJVT.2024.3466858. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10691666>
- [5] N. Khan, S. Coleri, A. Abdallah, A. Celik and A. M. Eltawil, "Explainable and Robust Artificial Intelligence for Trustworthy Resource Management in 6G Networks," in IEEE Communications Magazine, vol. 62, no. 4, pp. 50-56, April 2024, doi: 10.1109/MCOM.001.2300172. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10292755>

## **Sistemas de comunicações multi-antena de próxima geração**

### **Descrição:**

Múltiplas antenas de transmissão e recepção são uma tecnologia obrigatória para redes celulares de quinta e sexta geração, bem como em redes sem fio modernas, especialmente operando em altas frequências, como ondas milimétricas. Com múltiplas antenas, a dimensão espacial é inserida em grande parte dos mecanismos de comunicação dos sistemas e modelagem de canal, estendendo os mesmos além das dimensões de tempo (slots) e frequência (canais) normalmente considerados. Neste contexto, diferentes técnicas que exploram múltiplas antenas têm sido propostas para as futuras redes de comunicações, sejam terrestres, de alta altitude, ou satelitais. Alguns exemplos de destaque são o múltiplo acesso por divisão de taxa (RSMA), as antenas móveis 6D, e antenas fluidas, entre outras. Este projeto visa estudar e propor algoritmos de alocação de recursos e de processamento de sinais voltados para as diferentes tecnologias de múltiplas antenas. Neste amplo ecossistema, são igualmente amplas e flexíveis as oportunidades de investigação, indo desde o estudo de algoritmos de agrupamento e de escalonamento até técnicas de formatação de feixes e separação de sinais através da aplicação desde métodos diretos, tensoriais, de otimização, até métodos baseados em inteligência artificial.

### **Palavras-chave:**

Redes de comunicações de próxima geração, múltiplas antenas.

### **Referências:**

- [1] A Primer on Rate-Splitting Multiple Access: Tutorial, Myths, and Frequently Asked Questions, Bruno Clerckx et al., <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.00491>
- [2] A Tutorial on Six-Dimensional Movable Antenna for 6G Networks: Synergizing Positionable and Rotatable Antennas, Xiaodan Shao et al, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.18240>
- [3] Fluid Antenna Systems Enabling 6G:Principles, Applications, and Research Directions, Tuo Wu et al., <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.03839>

## **Sistemas vestíveis para análise em tempo real da cinemática do movimento de atletas**

### **Descrição:**

O avanço das tecnologias de sensoriamento inercial e de computação na borda tem impulsionado soluções inovadoras para a análise biomecânica em tempo real, especialmente em contextos esportivos que demandam monitoramento preciso e imediato do desempenho atlético. Sistemas vestíveis baseados em unidades de medição inercial (IMUs) possibilitam a captura contínua de aceleração, velocidade angular e orientação, permitindo reconstrução cinemática sem necessidade de câmeras ou infraestrutura fixa. A pesquisa proposta visa o desenvolvimento e a integração de sistemas computacionais vestíveis baseados em IMUs para a análise cinemática do movimento humano em tempo real. O foco técnico reside na captura e fusão sensorial de dados provenientes de acelerômetros, giroscópios e magnetômetros, utilizando algoritmos de estimativa de estado, como Filtros de Kalman Estendidos ou Filtros de Madgwick. Essa abordagem busca mitigar os erros de deriva (drift) inerentes aos sensores microeletromecânicos, adicionalmente, o estudo contempla a otimização de arquiteturas de hardware para processamento na borda (edge computing) e transmissão de dados com baixa latência. O objetivo final é viabilizar ferramentas de biofeedback que permitam a avaliação biomecânica quantitativa e a correção técnica de atletas diretamente no ambiente de prática esportiva, superando as restrições espaciais dos laboratórios convencionais de análise de movimento.

### **Palavras-chave:**

Sistemas Vestíveis; Fusão Sensorial; IMU; Cinemática; Biomecânica Esportiva; Processamento de Sinais.

### **Referências:**

- [1] M. Rana and V. Mittal, "Wearable Sensors for Real-Time Kinematics Analysis in Sports: A Review," *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 2, pp. 1187–1207, Jan. 2021. doi: 10.1109/JSEN.2020.3019016
- [2] P. Slade, A. Habib, J. L. Hicks, and S. L. Delp, "An Open-Source and Wearable System for Measuring 3D Human Motion in Real-Time," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 69, no. 2, pp. 678–688, Feb. 2022. doi: 10.1109/TBME.2021.3103201.
- [3] S. García-de-Villa, D. Casillas-Pérez, A. Jiménez-Martín, and J. J. García-Domínguez, "Inertial Sensors for Human Motion Analysis: A Comprehensive Review," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 72, pp. 1–39, 2023. doi: 10.1109/TIM.2023.3276528.
- [4] L. Liu et al., "Kinematic Analysis of Intra-Limb Joint Symmetry via Multisensor Fusion," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 72, pp. 1–13, 2023. doi: 10.1109/TIM.2023.3282667.
- [5] B. Su, F. Li, and B. Su, "Wearable Sensors for Precise Exercise Monitoring and Analysis," *Biosensors*, vol. 15, no. 734, 2025. <https://doi.org/10.3390/bios15110734>

- [6] X. Suo, W. Tang, and Z. Li, "Motion Capture Technology in Sports Scenarios: A Survey," Sensors, vol. 24, no. 2947, 2024. <https://doi.org/10.3390/s24092947>

# **Tecnologias de Localização e Monitoramento de Desempenho em Ambientes Indoor com Foco em Aplicações Esportivas**

## **Descrição:**

Este tema de pesquisa tem como objetivo o estudo, o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias de Local Position Measurement (LPM), com ênfase em ambientes indoor e sua integração com dispositivos vestíveis para o monitoramento de movimento em alto desempenho e comportamento tático de indivíduos em atividades físicas e esportivas. O foco principal está no uso de tecnologias de comunicação de rádio de alta precisão, especialmente sistemas baseados em Ultra-Wideband (UWB), que possibilitam a medição de posição com resolução centimétrica, mesmo em ambientes com múltiplos obstáculos ou sujeitos a interferências típicas de ambientes fechados.

## **Palavras-chave:**

UWB; Local Position Measurement; IoT; Sistemas Embarcados; Antenas.

## **Referências:**

- [1] V. Brunacci, A. De Angelis, G. Costante and P. Carbone, "Development and Analysis of a UWB Relative Localization System," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 72, pp. 1-13, 2023, Art no. 8505713, doi: 10.1109/TIM.2023.3305661.
- [2] Pino-Ortega, J., Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C. D., & Rico-González, M. (2020). Validity and reliability of an eight antennae ultra-wideband local positioning system to measure performance in an indoor environment. Sports Biomechanics, 23(2), 145–155.  
<https://doi.org/10.1080/>
- [3] G. Cerro, L. Ferrigno, M. Laracca, G. Miele, F. Milano and V. Pingerna, "UWB-Based Indoor Localization: How to Optimally Design the Operating Setup?," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 71, pp. 1-12, 2022, Art no. 9509012, doi: 10.1109/TIM.2022.3194924.
- [4] Efremova, E. V., Kuzmin, L. V., & Itsakov, V. V. (2023). Measuring Received Signal Strength of UWB Chaotic Radio Pulses for Ranging and Positioning. Electronics, 12(21), 4425.  
<https://doi.org/10.3390/>
- [5] Gamble, A. S. D., Bigg, J. L., Pignanelli, C., Nyman, D. L. E., Burr, J. F., & Spiet, L. L. (2022). Reliability and validity of an indoor local positioning system for measuring external load in ice hockey players. European Journal of Sport Science, 23(3), 311–318.  
<https://doi.org/10.1080/>