



# **Avaliação da similaridade e complementaridade de medidas multimodais da hemodinâmica cerebral entre dados de Arterial Spin Labeling e Espectroscopia de Correlação de Difusão.**

**Palavras-Chave: RESSONÂNCIA MAGNÉTICA, ESPECTROSCOPIA DE CORRELAÇÃO DE DIFUSÃO, FLUXO SANGUÍNEO CEREBRAL**

**Autores:**

**GIOVANNA HOFFMANN SILVA, IFGW – UNICAMP**

**Prof. Dr. ANDRÉ MONTEIRO PASCHOAL (orientador), IFGW - UNICAMP**

---

## **INTRODUÇÃO:**

Técnicas para o monitoramento e estudo do cérebro, principalmente aquelas não-invasivas, têm sido cada vez mais exploradas, tendo em vista a importância desse órgão para a vida. O cérebro humano é responsável por diversas funções, desde aquelas mais básicas para a sobrevivência até aquelas responsáveis por atividades mais complexas, como os movimentos involuntários e voluntários, a memória e o processamento de informações. Por ser tão relevante, procedimentos que averiguam o fluxo sanguíneo cerebral se tornam fundamentais, já que o bom funcionamento do cérebro depende de irrigação e nutrição eficazes, provindas através dos vasos sanguíneos (DETRE, J. A. et al., 2012).

Sendo assim, esse projeto teve como foco o estudo da hemodinâmica cerebral, feita de forma não invasiva, por meio de duas técnicas embasadas em processos físicos: a ressonância magnética (RM) e a óptica. A primeira técnica tem como princípio marcar os átomos de hidrogênio presentes no sangue, utilizando um campo magnético estático e pulsos de onda de radiofrequência (DETRE, J. A. et al., 2012); já a segunda utiliza o princípio de que a luz na faixa do infravermelho próximo é absorvida pela hemoglobina presente no sangue (MESQUITA, R. C. et al., 2011). Explorando esses conceitos, é possível inferir, por intermédio da magnetização sofrida pelos átomos de hidrogênio na ressonância e pelas flutuações da intensidade da luz coletada por aparelhos ópticos, o fluxo sanguíneo cerebral (CBF, do inglês: Cerebral Blood Flow). A grande relevância desse projeto se encontra na comparação dessas

1 de 4

duas técnicas na medida do fluxo sanguíneo: o método ASL (Arterial Spin Labeling, do inglês) de ressonância magnética apresenta resultados muito bons, porém uma máquina de RM não é capaz de abranger todas as necessidades, como as relacionadas à locomoção e ao baixo custo de compra; como alternativa, foram explorados os resultados obtidos por equipamentos ópticos.

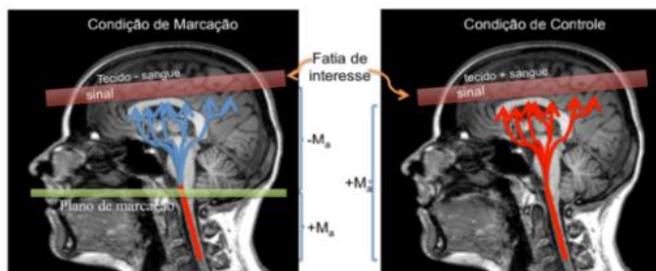


Figura 1: Esquematisação do fluxo sanguíneo cerebral. À direita, está representada a marcação de controle, que é feita sem a aplicação do pulso de RF, quantificando os átomos de hidrogênio não marcados que chegam no plano de de aquisição de dados - representado em vermelho. Já à esquerda, temos a marcação dos átomos após passarem pelo plano de marcação - representado em verde -, que irão chegar no plano de aquisição percorrendo o caminho indicado pelas setas em azul (PASCHOAL, 2015).

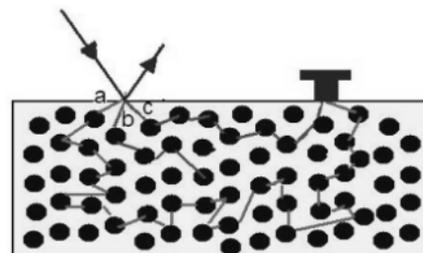


Figura 2: Representação das possíveis interações de um fóton dentro do tecido biológico. Em (a), temos a representação de sucessivos espalhamentos com as partículas do meio - representadas pelos círculos pretos - através de um caminho longo e em (c) através de um caminho curto, até chegar no detector - representado no canto superior direito da figura. Já em (b), está representada a absorção do fóton pelo meio. (Mesquita R.C. et al., 2008)

## METODOLOGIA:

Os dados do fluxo sanguíneo serão obtidos utilizando simultaneamente a máquina de ressonância magnética de 3 Tesla presente no Hospital de Clínicas da UNICAMP e os equipamentos de espectroscopia de correlação de difusão, DCS (do inglês, diffuse correlation spectroscopy), e de espectroscopia óptica difusa no domínio de frequência, (FD-DOS, do inglês: frequency domain diffuse optical spectroscopy), também presentes no Hospital de Clínicas da UNICAMP.

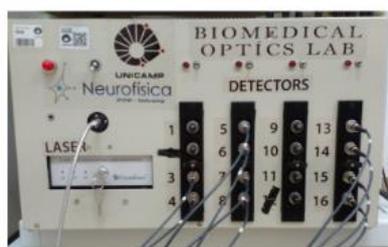


Figura 3: Equipamento de DCS.



Figura 4: Equipamento de FD-DOS.

A partir do equipamento ISS (Imagent, ISS Inc., EUA), de FD-DOS, foi possível obter parâmetros relacionados aos coeficientes de absorção e espalhamento do meio. Em posse de tais dados foi possível, então, prever a composição do meio e inferir a contribuição da hemoglobina no estudo do fluxo sanguíneo cerebral. Já os dados obtidos pelo equipamento de DCS devolvem informações sobre o movimento das hemoglobinas, permitindo adquirir informações sobre o movimento de componentes do

sangue, e assim, informações sobre o fluxo sanguíneo (GRISOTTI MARTINS, G., 2024). Essas análises foram feitas após a calibração e checagem dos detectores, por meio de phantoms. Além disso, para corrigir efeitos relacionados à presença de mais ou menos concentração de melanina na pele, foi medida a cor da pele dos voluntários das coletas (LY et al., 2020). Isso é necessário, uma vez que, sendo um dos maiores influenciadores na absorção de luz nos tecidos, dependendo de sua concentração na pele, esse pigmento pode ocasionar erros na medida da saturação de oxigênio no sangue (OKUNLOLA et al., 2021). Posto isso, foi utilizado um colorímetro para que a cor da pele dos voluntários fosse medida e incluída nas análises.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

Análises feitas por scripts já escritos por membros anteriores do laboratório mostraram que os parâmetros de DCS e FD-DOS obtidos na coleta-teste estão de acordo com o esperado. A partir desses resultados, será possível então introduzir os cabos de fibra óptica na sala de ressonância magnética, para que comecem as coletas simultâneas de arterial spin labeling (técnica da ressonância magnética) e de diffuse correlation spectroscopy (técnica de óptica).

Vale ressaltar que o processo de montagem dos aparelhos e dos probes de DCS foi muito trabalhoso e demandou bastante tempo da pesquisa. Isso porque foi explorado o probe (sonda) mais confortável para o acoplamento na cabeça dos voluntários, bem como o mais maleável possível para tal procedimento. Para o começo das coletas, foi testada também a geometria dos detectores, para que houvesse a garantia de que realmente fossem captados o fluxo sanguíneo e os parâmetros corretos de absorção e reflexão do tecido.

No presente projeto, também foi feito um roteiro para montagem dos equipamentos, modo de calibração e verificação dos parâmetros entregues pelos softwares utilizados. Em suma, nenhuma análise dos dados de correlação das duas técnicas foi feita ainda, pela complexidade e demanda de tempo de montagem dos equipamentos, bem como pela necessidade de preparação correta do probe para que a informação coletada corresponda ao que quer ser medido (nesse caso, coeficientes de absorção e de reflexão do meio, para posterior análise do fluxo sanguíneo). No entanto, os próximos passos desse projeto serão a introdução das fibras ópticas na sala de ressonância para coletas simultâneas, bem como análise dos dados para comparação das duas técnicas.

## **CONCLUSÕES:**

As atividades desenvolvidas até o momento permitiram uma maior compreensão das técnicas de DCS, FD-DOS e de ASL. Além disso, houve também o desenvolvimento de habilidades em montagem e verificação de eficiência dos equipamentos ópticos e de aprendizagem em outra linguagem de programação (MATLAB). Através do estudo e implementação de técnicas baseadas em espectroscopia

do infravermelho próximo (NIRS, do inglês: Near Infrared Spectroscopy), foi possível obter parâmetros relacionados ao tecido em análise, tanto estáticos quanto dinâmicos, e adquirir dados sobre a composição do tecido e fluxo sanguíneo.

Futuramente, serão feitas coletas simultâneas na máquina de ressonância magnética com o probe de DCS acoplado na cabeça do voluntário, e os dados obtidos por esse procedimento serão analisados para verificar a complementariedade e similaridade das duas técnicas mencionadas anteriormente.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

DETRE, J. A. et al. Applications of arterial spin labeled MRI in the brain. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, v. 35, n. 5, p. 1026–1037, 13 jan. 2012.

GRISOTTI MARTINS, G. Obtaining optical and dynamical properties of biological tissue with diffuse optical spectroscopy techniques. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2024.

LY, B. C. K. et al. Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. *Journal of Investigative Dermatology*, v. 140, n. 1, p. 3-12.e1, jan. 2020.

MESQUITA, R. C. et al. Direct measurement of tissue blood flow and metabolism with diffuse optics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 369, n. 1955, p. 4390–4406, 28 nov. 2011.

OKUNLOLA, O. E. et al. Pulse Oximeter Performance, Racial Inequity, and the Work Ahead. *Respiratory Care*, v. 67, n. 2, p. 252–257, 12 nov. 2021.

PASCHOAL, A. M. Otimização do contraste em Arterial Spin Labeling multifase. 2015. Diss. (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

Willie CK, Smith KJ. Fuelling the exercising brain: a regulatory quagmire for lactate metabolism. *J. Physiol.* 2011;589:779–780 doi: 10.1113/jphysiol.2010.204776.