



# QUANTIFICAÇÃO DAS ALTERAÇÕES TEMPORAIS DA HEMODINÂMICA CEREBRAL EM PORTADORES DE ESTENOSE CAROTÍDEA POR MEIO DA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

**Palavras-Chave:** estenose carotídea, espectroscopia funcional no infravermelho próximo (fNIRS), hemodinâmica cerebral

**Autores/as:**

**CAROLINE HELEN SANTOS GONÇALVES – CCS, UCPEL**

**VICTOR JESÚS SANCHEZ GUACHAMIN (DOUTORANDO) – IFGW, UNICAMP**

**PROF. DR. RICKSON C. MESQUITA (ORIENTADOR) – IFGW, UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO

A estenose de uma artéria carótida é uma condição relacionada ao cérebro que causa alterações nos padrões naturais de fluxo sanguíneo e perfusão dos tecidos. Essa doença tende a progredir gradualmente e pode passar despercebida até que ocorram acidentes vasculares graves. Mesmo em estágios assintomáticos, essas mudanças afetam a circulação cerebral a longo prazo e podem ser detectadas por meio de técnicas neurofisiológicas, como a Espectroscopia Funcional no Infravermelho Próximo (fNIRS, sigla do inglês).

É importante enfatizar que as doenças cerebrovasculares, especialmente a estenose da artéria carótida (CAS, sigla do inglês), estão entre as doenças crônicas não transmissíveis mais incapacitantes, o que torna esse projeto de extrema relevância [1]. Para isso, técnicas de mapeamento cerebral, como a fNIRS, são utilizadas para investigar a oxigenação dos tecidos periféricos, utilizando fontes de luz e sensores na região do infravermelho próximo (~700 - 900 nm) [2,3]. Vale ressaltar que essa técnica é facilmente portátil, de baixo custo e não invasiva, além de ser aplicada em nível microvascular, que foi a área de interesse deste estudo [3, 4].

## OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi quantificar o tempo de trânsito da circulação cerebrovascular, a partir das medidas hemodinâmicas obtidas com fNIRS, durante a apneia voluntária em pacientes com estenose da artéria carótida interna (ICA, sigla do inglês). A hipótese levantada foi que diferentes regiões do cérebro, supridas pela ICA, podem apresentar respostas distintas à estimulação vasodilatadora, e que essa dinâmica da resposta pode estar associada à gravidade da estenose. Em particular, o objetivo

foi quantificar a dinâmica de oxigenação cerebral ao medir o atraso temporal entre o início da apneia e o início da resposta hemodinâmica, comparando esses valores em diferentes áreas do cérebro, para compreender como a reatividade cerebrovascular varia nas regiões supridas pela artéria carótida interna.

## **METODOLOGIA**

Os dados utilizados neste projeto foram coletados a partir de pesquisas desenvolvidas previamente e que estão disponíveis de forma pública, embora anonimizadas, para análise. A base de dados é composta por informações de 50 pacientes diagnosticados com estenose de carótida e 20 indivíduos como grupo controle. É possível acessá-la publicamente, uma vez que estão publicadas no artigo "Quantification of the Tissue Oxygenation Delay Induced by Breath-Holding in Patients with Carotid Atherosclerosis" (Quiroga A. et al., 2022).

Todos os dados utilizados foram reanalisados e tabelados em planilhas, com os valores do tempo de atraso máximo de cada um dos 47 pacientes, tendo em vista que não encontramos informações dos pacientes 16, 21 e 50. Somado a isso, estudamos todas as informações demográficas dos pacientes como sexo; idade; localização da estenose (carótida interna direita, esquerda ou ambas); grau de estenose (0–49%;50–69%;70–90%); e outras condições de saúde como hipertensão arterial, diabetes, dislipidemia, doença coronariana, obesidade, etilismo, infarto do miocárdio.

Pacientes com histórico de acidente vascular cerebral (AVC) ou demência, diagnosticados com fibrilação atrial, insuficiência cardíaca congestiva, defeitos cranianos que podem afetar as medições de fNIRS, e gestantes, foram excluídos antes do cadastramento, bem como aqueles que não eram capazes de prender a respiração durante o período alvo [5].

O sistema de fNIRS foi concebido para abranger as principais áreas do cérebro irrigadas pelas artérias carótidas. O sistema era composto por 14 fontes de luz, cada uma emitindo dois comprimentos de onda diferentes (760 nm e 850 nm), e 30 detectores, todos dispostos em uma touca (Figura 1a). Essa configuração geométrica permitiu a criação de 48 pares únicos de fonte e detector (canais), com uma separação de 3 cm entre eles. Todas as leituras de fNIRS foram realizadas com um sistema comercial (NIRScout, NIRx Medical Technologies, Alemanha), com uma taxa de aquisição de 8,2 Hz [5].

O protocolo experimental foi conduzido durante a visita de rotina dos pacientes à clínica. Após um período de repouso de 60 segundos, os indivíduos foram solicitados a realizar até sete tentativas de apneia voluntária, com cada tentativa tendo como alvo uma duração de 10 segundos (Figura 1b). Cada tentativa de apneia foi seguida por um período de repouso de 30 segundos. É importante ressaltar que a apneia induz a uma resposta vasodilatadora global [5].

Para melhor organizar os nossos dados, realizamos a classificação dos pacientes de acordo com os graus de severidade da AOC. Os pacientes com doença unilateral foram classificados com nível de gravidade 1 (sendo um hemisfério cerebral normal e outro com 50–69%) e 2 (um hemisfério normal e outro com 70–90%). Os pacientes bilaterais foram classificados com nível de gravidade 3 (um hemisfério

com 50–69% de estenose e outro com 70–90%) e 4 (todos os casos com estenose níveis superiores a 70% em ambos os hemisférios). Os controles receberam um nível de gravidade de zero.

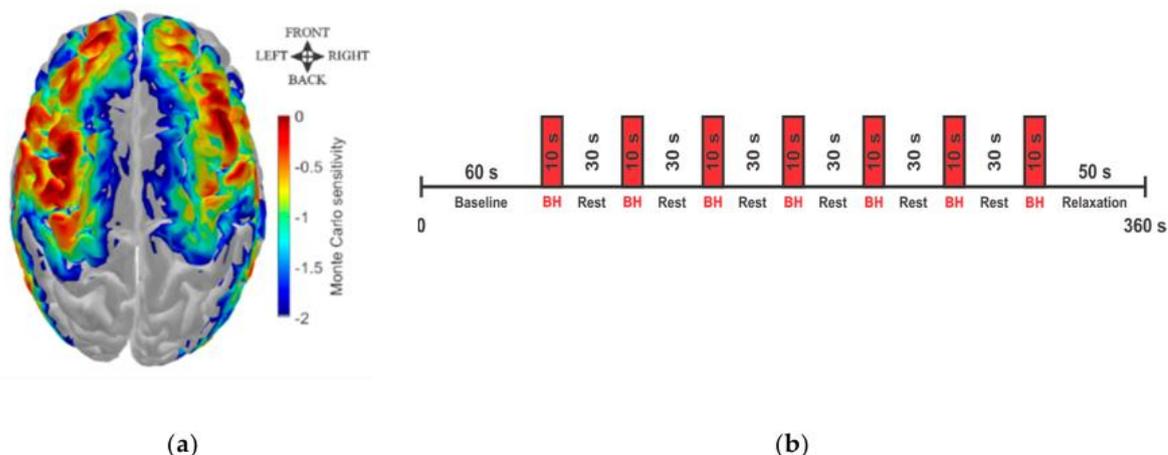


Figura 1: (a) As áreas do cérebro irrigadas pela artéria carótida estão representadas no mapa de sensibilidade de fótons, obtido através de simulações de Monte Carlo realizadas com o AtlasViewer. Nesse mapa, a cor vermelha indica regiões com alta sensibilidade a fótons, enquanto a cor azul indica baixa sensibilidade. (b) O protocolo experimental foi realizado por todos os participantes e consistiu em até sete tentativas de apneia voluntária (breath holding - BH), cada uma com duração de 10 segundos, seguidas por um período de descanso de 30 segundos. Ao todo, a aquisição de dados durou 6 minutos. Recuperado de Quiroga A. et. al.

Estabelecemos ainda uma subclassificação em 6 Regiões de Interesse (Regions of Interests - ROIs), de acordo com a disposição dos canais no escalpo. Sendo elas: *frontal superior*, *frontal middle*, *precentral*, *postcentral/supramarginal & temporal*, *occipital & angular* e *frontal inferior* (Figura 2). Todas divididas entre hemisférios direito e esquerdo.

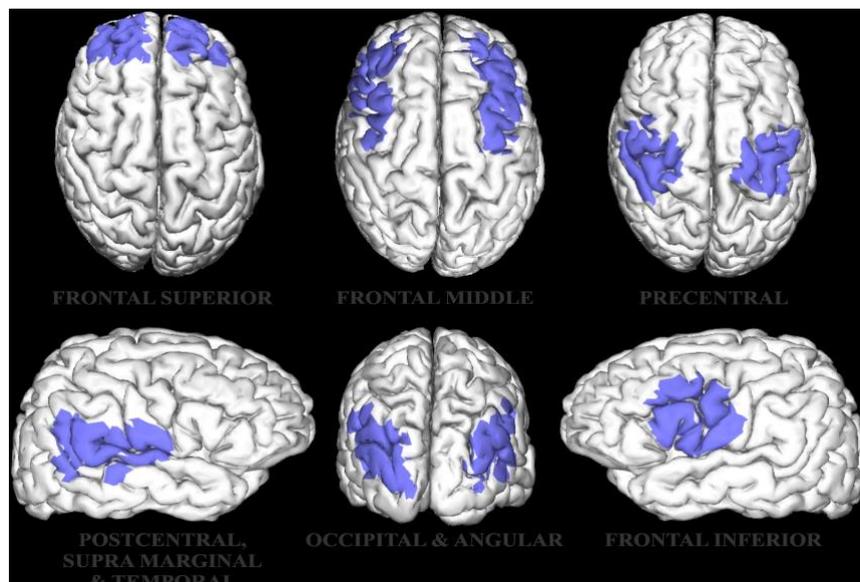


Figura 2: Regiões de interesse (Regions of interest-ROIs), definidas por este estudo. A definição de cada ROI foi considerada baseada na sensibilidade dos canais NIRS.



## CONCLUSÕES

Neste estudo, foi introduzida e validada uma abordagem metodológica para quantificar de forma precisa o comprometimento hemodinâmico na microvasculatura durante uma tarefa vasodilatadora induzida. Esse método inovador oferece novas visões sobre a disfunção temporal da circulação sanguínea após apneia em pacientes com estenose da artéria carótida (CAS). Especificamente, a análise do tempo de atraso, o qual fornece informações claras sobre os processos vasodilatadores induzidos pela retenção da respiração.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Organização Mundial da Saúde, **The top 10 causes of death**. 24 maio 2018, <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>>; (Acessado em 10 dez. 2022).
- [2] M. Ferrari and V. Quaresima, **A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application**. *NeuroImage* 63(2), 921-935 (2012).
- [3] R.C. Mesquita and R.J.M. Covolan, **Estudo funcional do cérebro através NIRS e tomografia óptica de difusão**. In: *Neurociências e Epilepsia*, vol. 1 (L.L. Min, P.T. Fernandes, R.J.M. Covolan, F. Cendes, eds), Plêiade, São Paulo, 147-162 (2008).
- [4] S.L. Novi et al., **Development of novel methods to investigate the brain at rest**. *Rev. Bras. Fis. Med.* 11(3), 33-37 (2017).
- [5] Quiroga A. et. al., **Quantification of the Tissue Oxygenation Delay Induced by Breath-Holding in Patients with Carotid Atherosclerosis**. *Rev. Metabolites* 12(11), 1156 (2022).