



Desenvolvimento de um dispositivo óptico remoto para medidas cerebrais em seres humanos

G. A. Dollevedo, G. H. Scavariello, R. C. Mesquita
Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW) - UNICAMP

Introdução:

A espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) é uma técnica capaz de realizar medidas de atividade cerebral baseada em variações hemodinâmicas, de maneira segura e não invasiva. Dentre diversas técnicas de neuroimagem, NIRS se destaca por permitir que sua instrumentação seja miniaturizada e pelo seu baixo custo operacional. Ainda assim, a maior parte dos sistemas comerciais de NIRS são pouco portáteis e tem custo relativamente alto. Nesse contexto, a portabilidade é algo desejável devido ao grande interesse em medir o funcionamento cerebral durante a realização de tarefas em ambientes naturais, isto é, em ambientes onde a atividade não é restringida por questões espaciais ou intrínsecas à técnica. Este projeto contemplou a construção e a documentação de um dispositivo *wearable* (ou "vestível") portátil de baixo custo, baseado na NIRS e capaz de realizar medidas em ambientes naturais.

Materiais e Métodos:

Levando em consideração os avanços mais recentes em busca de sistemas *wearable* de NIRS, construiu-se uma primeira versão do dispositivo proposto. O dispositivo foi projetado em dois módulos separados: um que contempla o circuito de detecção, e outro que contém um circuito de controle para permitir a comunicação remota com o dispositivo.

O primeiro módulo se baseia em um fotodiodo de silício (BPW-34) para detectar luz na faixa desejada (infravermelho próximo). Para amplificar e converter o sinal obtido do fotodiodo, um amplificador de transimpedância com ganho programável foi projetado. Como fonte de luz, um LED capaz de emitir em dois comprimentos de onda (750/850 nm) foi utilizado. Foram realizados testes para caracterização e pré-validação do módulo com corpos de prova e

voluntários sadios, posicionando a fonte e o fotodetector em distâncias conhecidas em todos os casos.

O segundo módulo é baseado em um microcontrolador com WiFi integrado (ESP32). Este módulo foi projetado para se conectar a diferentes módulos de detecção, controlar o ganho de seus circuitos de amplificação, coletar o sinal e transmiti-lo via WiFi para um computador. Durante seu desenvolvimento, também foi elaborada uma interface gráfica para o computador, a qual permite a interação do usuário com o dispositivo em operação.

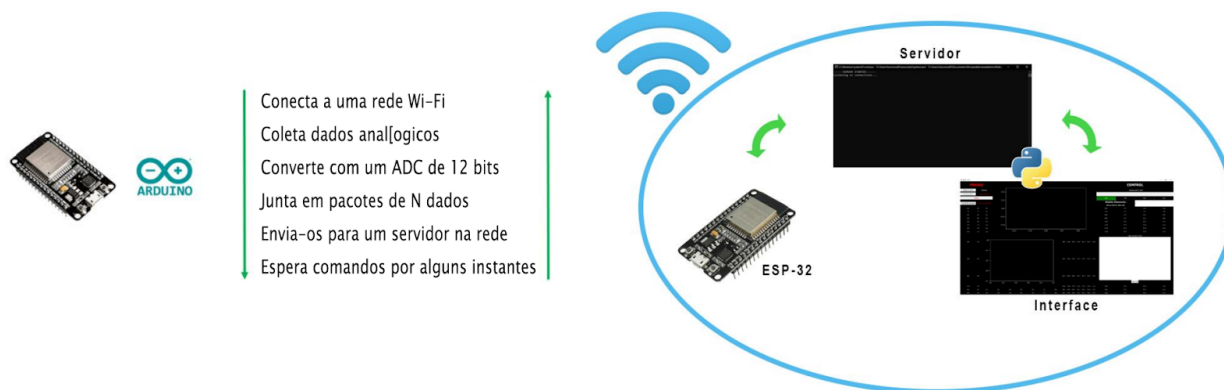


Figura 1 - Rotina de operação do sistema (esquerda). Representação da comunicação do sistema (direita).

Resultados:

Após testes para garantir a qualidade do sinal em diferentes voluntários, o dispositivo foi projetado para garantir quatro configurações de ganho (470k, 5M, 10M e 20M). Esta gama de opções permite que as medidas sejam realizadas na maioria dos casos, considerando diferentes distâncias entre fonte e detector, além de variações anatômicas entre voluntários. A estabilidade do sinal durante operação do dispositivo também foi determinada para ambos os comprimentos de onda empregados, através de uma regressão linear. O *drift* obtido do sinal representa uma variação de menos de 1% por minuto das variações hemodinâmicas esperadas. Além disso, as variações no sinal para o teste de estabilidade de corrente escura foram menores que 0,1% das medições esperadas.

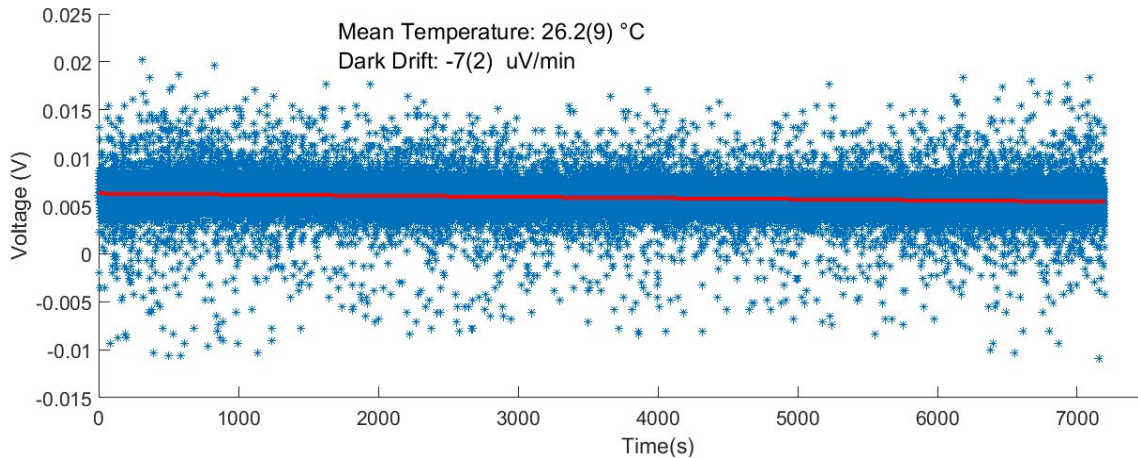


Figura 2 - Estabilidade referente ao circuito de detecção na ausência de luz (Dark Drift).

Já o módulo de controle desenvolvido suporta o gerenciamento de até quatro módulos de detecção, além do controle de duas fontes luminosas (dois LEDs) independentes. Além disso, ele permite o envio dos dados coletados por WiFi para um servidor em rede local. Este servidor, programado em Python, é responsável por receber e armazenar os dados no computador. Também foi desenvolvida uma interface gráfica, em Python, que é capaz de mostrar o sinal dos detectores em tempo real, além de permitir a troca de ganho dos módulos pelo usuário.

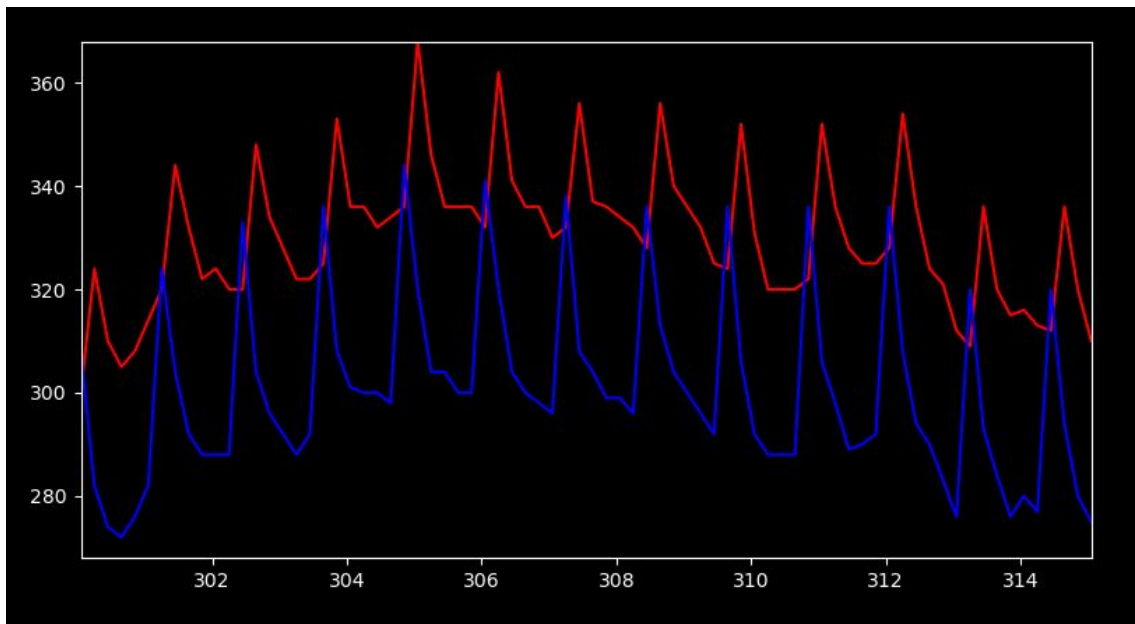


Figura 3 - Detalhe da região de plot da interface desenvolvida. Variações no sinal devido ao batimento cardíaco, recuperado durante monitoramento cerebral, na região da testa. Sinal referente aos comprimentos de onda de 850 nm (vermelho) e 735 nm (azul).

Como mostra a figura 4, o tamanho final dos módulos é pouco maior que o de uma moeda de um real, atestando sua portabilidade

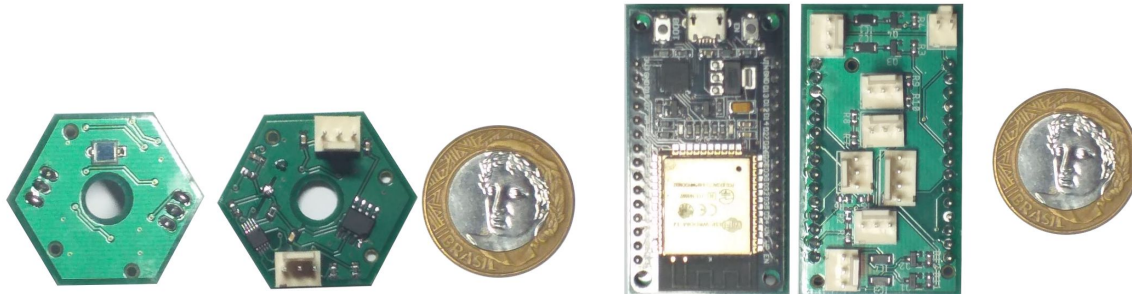


Figura 4 - PCB de detecção (esquerda - frente e verso) e PCB de controle (direita - frente e verso). A moeda de um real é colocada à direita como referência de tamanho.

Conclusão:

De forma geral, os objetivos traçados na proposta deste projeto foram cumpridos. Um dispositivo óptico, sem a necessidade de fibras ópticas, capaz de realizar medidas cerebrais foi desenvolvido, junto a uma interface capaz de se comunicar remotamente via WiFi para sua operação. Este dispositivo também foi caracterizado quanto à sua estabilidade e sensibilidade, e todo seu processo de desenvolvimento foi documentado. Embora o projeto inicial contemplasse um único dispositivo completamente validado, complicações relacionadas à pandemia impossibilitaram a capacidade de experimentação em humanos. Em contrapartida, o tempo durante a pandemia foi utilizado para desenvolver um modelo adicional do módulo de detecção, mais simples, visando proporcionar flexibilidade no futuro para desenvolver diferentes protocolos experimentais com o dispositivo mais conveniente. Com isso, a construção e a documentação dos dois dispositivos devem, como proposto, contribuir com o crescimento e aplicabilidades da técnica de NIRS. Além disso, os resultados deste projeto devem impulsionar estudos de neurociência funcional em ambientes naturais.