

Análise E Interpretação De Sinais Neurais Para Utilização Eletroeletrônica

Isabella Lanes Rocha
isabella.rocha@aedb.br
AEDB

Ítallo Rocha Generozo
itallo.generozo@aedb.br
AEDB

Natan Cerqueira Amorim
natan.amorim@aedb.br
AEDB

Ramon Alves Dos Santos
ramon.alves@aedb.br
AEDB

Resumo: Com a evolução tecnológica, cada vez mais os seres humanos criam interfaces de interação e compartilham das mesmas à equipamentos eletrônicos. Desde televisão e computadores até mesmo membros protéticos que têm se desenvolvido de modo a se tornarem cada vez mais próximos a de membros de anatomia biológica normal. Também é perceptível o aumento do uso de realidades virtuais e sistemas de monitoramento como interface homem-máquina, criadas através de tecnologias eletroeletrônicas que estão em constante evolução. O presente artigo tem por objetivo contextualizar o conceito da evolução tecnológica em respeito à neurociência computacional a partir da demonstração do funcionamento do sistema nervoso central humano, associando as mesmas com a tecnologia eletroeletrônica, findando como base os sinais neurais elétricos, sua relação com o mundo ao qual compartilhamos a vivência diária e a possibilidade de controle do mesmo. Também é apresentado a iminente interação humana com máquinas e equipamentos eletrônicos através do pensamento, utilizando como base as ondas eletromagnéticas geradas através das atividades neurais, desta forma atingindo um novo patamar no desenvolvimento e interação homem-máquina, afetando positivamente nos processos produtivos e evolutivos. Os resultados e conclusões apresentados, sugerem que os recursos e componentes propostos neste artigo, quando efetivamente integrados em sua aplicação utilizando de análise o comportamento das atividades neurais, serão capazes de atender as finalidades as quais se destinam.

Palavras Chave: Sinais Neurais - Cérebro - EEG - Eletrônica - Sinapses

1. INTRODUÇÃO

O ser humano desde sua percepção nata de consciência busca a constante evolução. É possível notar os grandes esforços realizados ao longo da história, onde o ser humano sempre buscou métodos para resolução de problemas e a automação destes. Com o desenvolvimento de máquinas e novas tecnologias, houve um impulso à constante evolução na forma de agir e interagir no meio em que o ser humano vive.

É possível notar a grande ambição dos humanos na capacidade de controlar e monitorar cada processo realizado, desde o primeiro computador, até métodos remotos de controle que utilizam a grande interação com a internet, chamados *IoT (Internet of Things)*.

A interação entre humanos e máquinas tem sido um campo de pesquisa e desenvolvimento em expansão nos últimos anos. As três últimas décadas testemunharam o aparecimento de interfaces homem-máquina inovadoras que utilizam voz, visão, tato e a combinação desses elementos como base para um sistema de comunicação (A. O. G. BARBOSA, 2010). Neste processo de evolução, nota-se, que há poucos avanços nos métodos de controle e monitoramento com proficiência aos problemas de locomoção e comunicação biológicos nos seres humanos.

A constante evolução tecnológica realizada pelos humanos, tem se atentado em muitos aspectos à acessos remotos e controle por voz. Entretanto, nota-se que poucos destes projetos resolveram problemas como a paralisia e perda de membros do corpo na sua totalidade. Assim, tais tecnologias se tornam supérfluas para parte da população, pois estas não usufruem dos benefícios alcançados. A dependência de tetraplégicos em atividades simples do cotidiano desencadeou o questionamento de como pequenos problemas ainda não foram resolvidos, ou utilizam sistemas caros, os tornando inviáveis à grande parte da população (GABRIEL B. VARGAS, 2018). É necessária uma evolução onde pessoas portadoras de deficiência possam levar uma vida com aproveitamento total do meio, conseguindo assim alcançar um novo patamar na evolução da espécie.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. CÉREBRO

Um dos órgãos mais importantes, que nos traz a consciência de quem realmente somos, sendo responsável pelo gerenciamento de todas as atividades que os seres humanos executam, este é o cérebro. Desde a criação de uma pesquisa complexa, escrita de um artigo, prática de atividades físicas, batimento do coração, piscar dos olhos e capacidade de demonstração emocional – Todas as atividades são devidamente organizadas e dirigidas por este órgão dividido em dois hemisférios e que pesa aproximadamente 1,5 quilograma.

Com o foco voltado à pesquisa do seu funcionamento e interação com o mundo externo, é possível cada vez mais notar sua complexidade. Não obstante, com o avanço tecnológico, a forma de estudo e caracterização do seu funcionamento se dá através dos estudos de neurociência. Esta ciência se aprofunda no funcionamento das células cerebrais, chamadas de neurônio, que emitem sinais e impulsos elétricos.



Figura 1: O cérebro humano,

Fonte: <https://www.anatomiaemfoco.com.br/sistema-nervoso/cerebro/>

2.2. NEURÔNIO

O neurônio é a célula base do cérebro. Sua estrutura funcional caracteriza o funcionamento do sistema nervoso. Cada uma dessas células estabelecem uma conexão entre si, criando uma grande cadeia de interação ao receber estímulos provenientes do ambiente externo ou do próprio organismo. Estima-se que possuímos cerca de 86 bilhões de neurônios em funcionamento no sistema nervoso, podendo ser classificados em três tipos: receptores, motores e associativos. Os neurônios receptores recebem estímulos sensoriais e conduzem o impulso nervoso. Os neurônios motores transmitem os impulsos motores (respostas ao estímulo). Os neurônios associativos estabelecem as ligações entre os neurônios receptores e os neurônios motores. Com isso em mente, é possível notar como estas células são extremamente pequenas e ao mesmo tempo de total importância para o órgão principal, o cérebro.

2.2.1. ESTRUTURA CELULAR NEURAL

A estrutura do neurônio em geral se resume ao corpo celular, que acomoda o núcleo e as organelas celulares; o axônio, uma prolongação única, revestida de mielina (camada lipídica que atua na condução dos impulsos nervosos) e responsável por conduzir os impulsos; e os dendritos, que são ramificações tanto do corpo celular quanto do axônio e realizam a comunicação entre os neurônios, conforme demonstrado na Figura 2. Esta comunicação entre os neurônios é chamada de Sinapse. E é por meio das sinapses, que através do estímulo interno ou externo, um comando passa de um neurônio para outro, sendo direcionados à sua devida função.

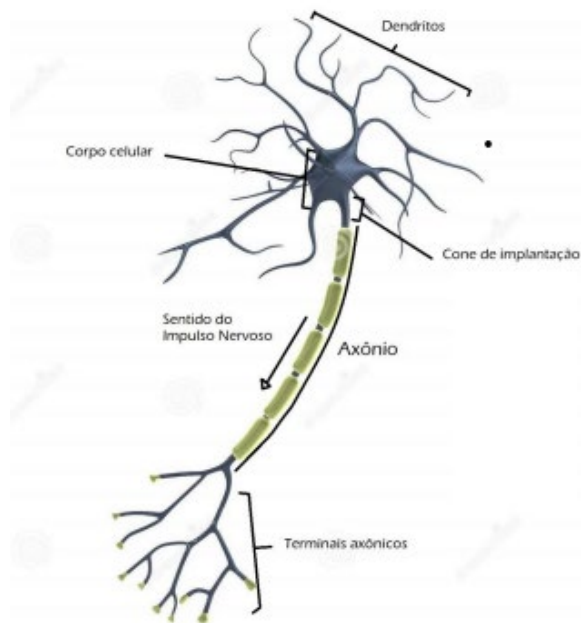


Figura 2: Estrutura celular do neurônio, Fonte: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/123456789/2421>

2.3. MONITORAMENTO DA ATIVIDADE CEREBRAL (EEG)

A atividade cerebral gerada através da interação elétrica entre os neurônios, produz ondas eletromagnéticas e estas por sua vez possuem alterações, como na frequência, comprimento, amplitude e o período. As ondas são medidas em ciclos por segundo ou Hertz (Hz). Essas ondas mudam sua forma de acordo com a atividade elétrica dos neurônios e estão sempre relacionadas com pequenas ou grandes alterações de estado (relaxamento, meditação, concentração e demais estados). Com base nos estudos realizados pelos doutores Andrew Huxley e Alan Hodgkin, vencedores do prêmio Nobel de Fisiologia em 1963, é possível hoje comparar a estrutura molecular do neurônio à um circuito elétrico. Este avanço, possibilitou à engenheiros e físicos, o desenvolvimento de projetos/protótipos baseados na forma e comportamento biológico.

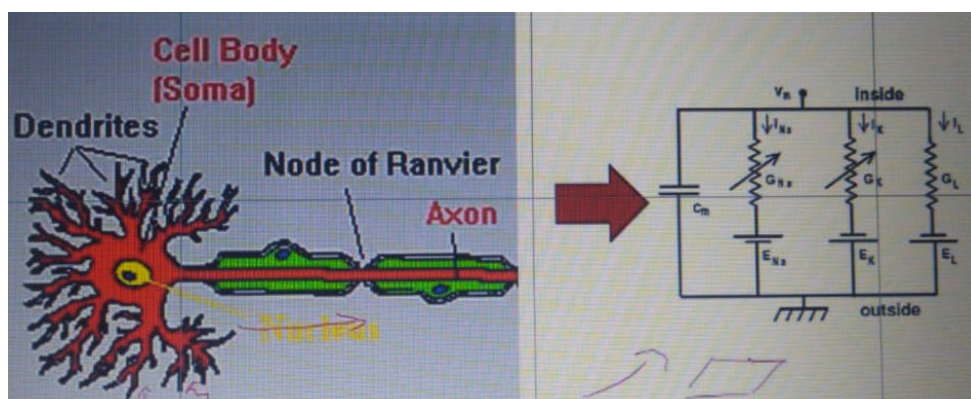


Figura 3: Modelo Hodgkin-Huxley, Fonte: (Computational Neurocience - Course by University of Washington)

Na década de 1970, um projeto liderado pelo Dr. J. Vidal criou o primeiro protótipo de interface cérebro-computador. Nos anos que se seguiram uma boa quantidade de empresas

começaram a investir no estudo na atividade mental com um Eletroencefalograma (EEG). As direções e a evolução da interface cérebro-computador dependem da identificação dos sinais.

Com a melhora da capacidade de controle e mitigação de interferências externas, tornou-se possível persistir os sinais necessários e criar algoritmos capazes de realizar a tradução das ondas cerebrais de forma eficiente.

Para que essa comunicação seja possível é necessário o uso de equipamentos para a captação dos sinais cerebrais. A principal estratégia adotada é o uso do EEG, aparelho mais usado e estudado, por suas características de baixo custo, portabilidade e rápida resposta. O modelo atual de EEG utiliza o sistema padrão internacional 10-20. O sistema 10-20, demonstrado na Figura 3, padronizou a maneira correta e mais eficiente de captação dos sinais neurais, garantindo uma maior fidelidade ao resultado. São distribuídos 21 eletrodos e colocados no couro cabeludo de acordo com dois pontos de referência:

- Nasion (localizado no topo do nariz entre as sobrancelhas);
- Inion (base do crânio atrás da cabeça);

As posições dos eletrodos são determinadas dividindo esses perímetros em intervalos de 10% ou 20%.

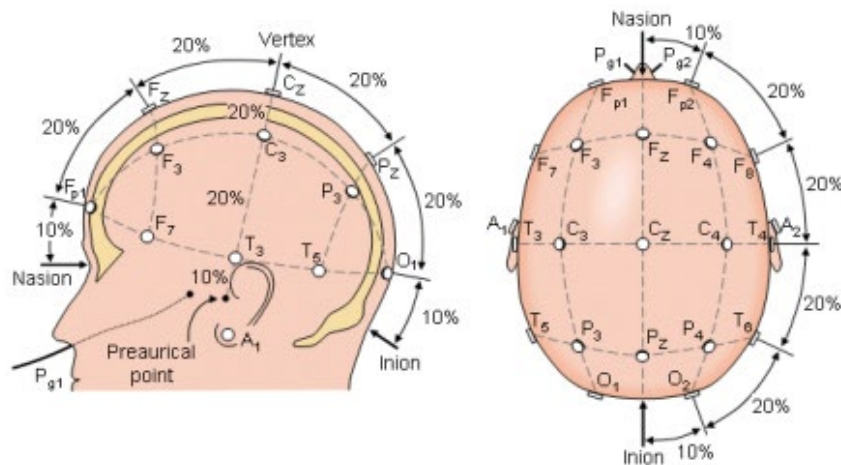


Figura 4: Pontos de medição sistema internacional 10-20,
Fonte: (MALMIVUO & PLONSEY, 1995).

2.4. ONDAS CEREBRAIS

Cada indivíduo tem sua própria característica de atividade cerebral, porém é possível achar os padrões básicos de cada estado. Com a padronização torna-se viável o estudo dos estados básicos de consciência, sendo eles: Beta, Alpha, Teta e Delta. É possível distinguir cada uma destas ondas com base na atividade que está sendo realizada e qual estado mental ela possivelmente indica. Quando estudada por um especialista, a atividade cerebral indica certas disfunções cerebrais, tumores, epilepsia e alguns outros males.

Com a análise realizada a partir de um EEG, é possível distinguir as ondas eletromagnéticas geradas pelo cérebro de acordo com a atividade à qual está sendo realizada. Com base nos padrões de estado das ondas cerebrais, estudos recentes – À exemplo do artigo publicado na VAEP-RITA Vol. 7, Núm. 4, Nov. 2019 por Ana Rita Teixeira, Anabela Gomes, Joana Eloy, António José Mendes “Um estudo exploratório de BCIs no Ensino e Aprendizagem de programação (2019)” demonstram variações em duas destas (Beta e Gamma), sendo assim as ondas cerebrais podem ser divididas e caracterizadas nos seguintes estados:

- Delta (1-3) Hz: Remete à Consciência expandida, Cura e Recuperação e Sono
- Theta (4-8) Hz: Meditação, Intuição, Criatividade e Memória
- Alpha (9-13) Hz: Relaxamento, Visualização e Meditação
- Beta (14-17) Hz: Atenção, concentração e cognição
- High Beta (18-30) Hz: Movimento de membros inferiores
- Low Gamma (31-40) Hz: Processamento multissensorial
- High Gamma (41-50) Hz: Função cognitiva e memória

2.4.1. DELTA

O estado Delta é o acesso mais baixo das frequências das ondas cerebrais. E estão ligadas ao sono profundo. Algumas faixas de frequências no Delta são responsáveis pela liberação do HGH (hormônio do crescimento humano), que beneficia o desenvolvimento do corpo entre outras atividades relacionadas. A faixa Delta está entre 0.1 - 4 Hz.

2.4.2. THETA

Em um estado de relaxamento cada vez maior a mente entra no estado de Theta, onde a atividade cerebral é quase a mesma que a de sono. Nesse estado acontecem flashes das imagens do inconsciente, surtos criativos e memórias há muito tempo “esquecidas” são ativadas. O estado de Theta seria semelhante a um estado profundo obtido com meditação. A faixa de frequência das ondas Teta está entre 4-7 Hz.

2.4.3. ALPHA

No estado Alpha o corpo libera a sua capacidade de entrar em um estado de dormência e assim acessando estados de consciência. Ao relaxar o corpo experimenta uma sensação de paz e bem-estar, a atividade cerebral vai baixando rapidamente e entrando na onda Alpha. A faixa de ondas Alfa gira entre 7-12 Hz.

2.4.4. BETA

Quando se está concentrado para executar as tarefas, os neurônios vão transmitir as informações o mais rápido possível e assim permitir o alcance do estado de concentração, permitindo uma melhora da acuidade visual e coordenação. As ondas Beta atuam em funções cognitivas. A faixa de frequência das ondas Betas gira em torno de 14-30 Hz.

2.4.5. HIGH BETA

A onda denominada como High Beta tem mesma área de atuação em suas funções da Beta, porém com faixa de frequência de 18-30 Hz. Esta faixa indica uma “atenção” especial à atividade de cognição dos membros inferiores do corpo humano.

2.4.6. GAMMA

As Ondas Gamma atendem estados de consciência, como o processamento cognitivo atento (por exemplo, focar um problema) ou a percepção atenta.

O estado Gamma atinge uma frequência de 31 Hz a 50 Hz. No momento que o cérebro tem a necessidade de processar várias informações ao mesmo tempo promove a interação das áreas necessárias do cérebro para um processamento de 40 Hz. Nesta etapa temos os estados comportamentais *Low Gamma*: processamento multissensorial e integração de pensamentos. Quando se atinge o nível de variação de frequência na faixa de 41 Hz a 50 Hz é a última “etapa”

do estado Gamma, denominado de *High Gamma*. Nesta etapa é perceptível a influência nas correlações fisiológicas e tratamento de tarefas complexas.

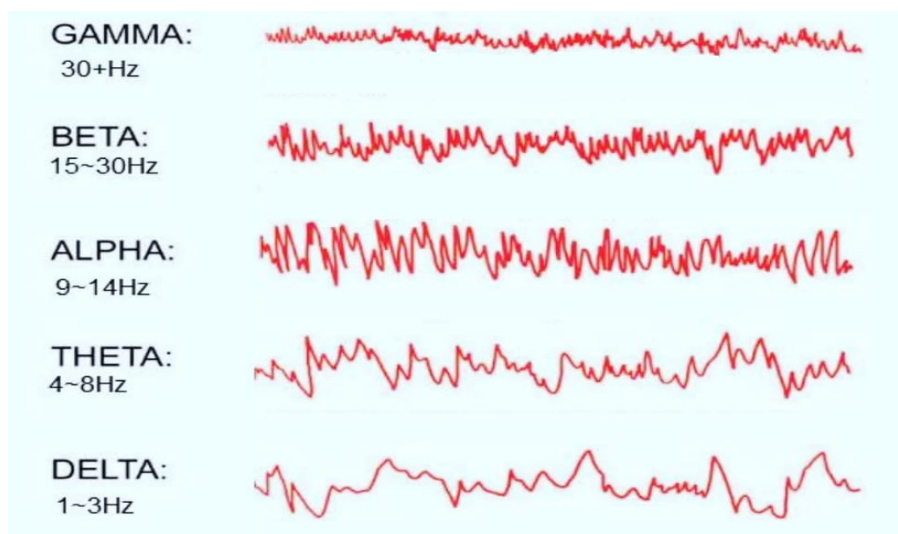


Figura 5: Ondas Neurais - Demonstração do comportamento de Sinal, Fonte:
<https://neurofeedbackalliance.org/understanding-brain-waves/>

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base nos estudos realizados e com os dados apresentados neste artigo, nota-se que o uso da frequência e tensão neural se torna cada vez mais viável para realizar projetos estudos na área da neurociência – desde um EEG até mesmo à um protótipo eletrônico com microcontroladores e/ou microprocessadores.

Neste caso aprofundando-se à Neurociência Computacional, envolvendo a aquisição de dados por meio dos eletrodos devidamente colocados no couro cabeludo, utilizando o padrão 10-20, pode ser obtido após o devido tratamento e filtragem, dados com qualidade suficiente para serem utilizados em projetos. Com o tratamento destes dados por microcontroladores/microprocessadores torna-se viável a utilização dos mesmos para controle de componentes eletrônicos, próteses, ou mesmo a interligação com bases de dados contidas localmente ou na internet.

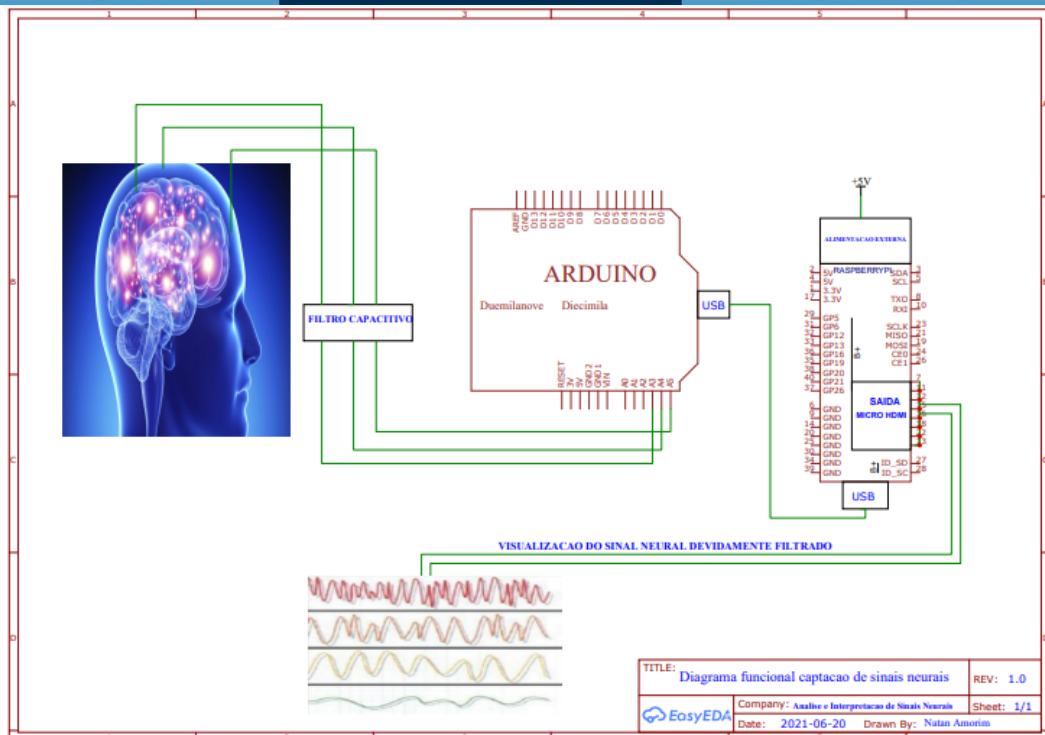


Figura 6: Diagrama funcional para a obtenção dos sinais neurais, filtragem e exibição. Fonte: (Autoria Própria – EasyEDA®, 2021)

4. CONCLUSÃO

Para o desenvolvimento de um projeto relacionado ao tema, chega-se à conclusão que é possível a obtenção dos sinais neurais por meio de eletrodos, sendo necessário um processo de filtragem como feito em um EEG e com isso pretende aplicar os conceitos na área eletroeletrônica.

Um amplificador de sinais em um circuito eletrônico será necessário utilizando componentes SMD. Com o sinal filtrado, este será direcionado ao microcontrolador, como Arduino Mega AT2560, tendo uma interação direta com o microprocessador Raspberry Pi 4, sendo estes responsáveis pela modelagem, criando uma interface gráfica para os testes e análises dos sinais obtidos, conforme demonstrado na Figura 6. Por fim, pode ser aplicado o controle inicial a um servo motor ou até mesmo um braço mecânico estando devidamente parametrizados, de acordo com as informações caracterizadas, advindas da análise das ondas eletromagnéticas Beta e High Beta.

5. ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O cérebro humano	2
Figura 2: Estrutura celular do neurônio	3
Figura 3: Modelo Hodgkin-Huxley	3
Figura 4: Pontos de medição sistema internacional 10-20	4
Figura 5: Ondas Neurais - Demonstração do comportamento de Sinal	6
Figura 6: Diagrama funcional para a obtenção dos sinais neurais, filtragem e exibição.	7

6. REFERÊNCIAS

Ana Rita Teixeira, Anabela Gomes, Joana Eloy, António José Mendes, “Um estudo exploratório de BCIs no Ensino e Aprendizagem de programação”, VAEP-RITA Vol. 7, Núm. 4, novembro de 2019 EARLY ACCESS.

ARDUINO, ARDUINO Software - Download the Arduino IDE. Página de Internet. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>, Acesso em: 12/04/2021.

A. O. G. Barbosa, “Controle de um manipulador robótico através de uma interface cérebro máquina não invasiva com aprendizagem mútua” Master’s thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

EasyEDA Software – Download the EasyEDA Desktop cliente. Página de Internet. Disponível em: <<https://easyeda.com/page/download>>. Acesso em: 12/09/2020.

Gabriel B. Vargas, Gabrielle M. B. Campos, Letícia T De Oliveira, Victoria O. Nazareth, Wallace P. Neves Dos Reis, “Interpretação de Sinais Neurais Utilizando Sensores EEG e Raspberry Pi 3”, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro campus Volta Redonda, 2018.

Neurofeedback e Brainwaves. Página de Internet. Disponível em: <<https://neurofeedbackalliance.org/understanding-brain-waves/>>. Acesso em: 01/04/2021.

Rajesh P. N. Rao, Teacher of Computer Science and Engineering, Adrienne Fairhall, Associate Professor Physiology and Biophysics, “Computational Neuroscience”, course by University of Washington, 2020.

Raspberry Pi, Raspberry Pi 4. Página de Internet. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>>. Acesso em 12/04/2021.

Ritmos cerebrais, ondas neurais. Página de Internet. Disponível em: <<https://www.brainlatam.com/blog/o-que-falam-os-ritmos-cerebrais-2058>>. Acesso em: 01/04/2021.

Rocilene Otaviano Dos Santos, “Estrutura e Funções do Córtex Cerebral”, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/123456789/2421>>. Acesso em: 03/05/2021.

Sistema nervoso, Cérebro. Página de internet. Disponível em : <<https://www.anatomiaemfoco.com.br/sistema-nervoso/cerebro/>>. Acesso em: 31/03/2021.