

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Guilherme de Almeida Silva Creste

**Utilização de um aparelho de eletroencefalografia na
domótica**

Botucatu/SP
Julho de 2017.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Guilherme de Almeida Silva Creste

**Utilização de um aparelho de eletroencefalografia na
domótica**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, em preenchimento dos requisitos para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia.

Área de Concentração: Biotecnologia

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Rybarczyk
Filho

Co-Orientador: Prof. Dr. Gunther Johannes
Lewczuk Gerhardt

Botucatu/SP

Julho de 2017.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Creste, Guilherme de Almeida Silva.

Utilização de um aparelho de eletroencefalografia na
domótica / Guilherme de Almeida Silva Creste. - Botucatu,
2017

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: José Luiz Rybarczyk Filho

Coorientador: Gunther Johannes Lewczuk Gerhardt

Capes: 90194000

1. Automação residencial. 2. Raspberry Pi (Computador).
3. Eletroencefalografia. 4. Equipamentos de autoajuda para
deficientes.

Palavras-chave: Domótica; Eletroencefalografia; Raspberry
PI; Tecnologia assistiva.

Agradecimentos

- Ao CNPq, processo 458810/2013-4 (Edital Tecnologias Assistivas) para a aquisição dos equipamentos;
- Ao Professor Dr. José Luiz Rybarczyk Filho por toda a ajuda, paciência e incentivo durante todo o programa de mestrado em Biotecnologia;
- Ao Professor Dr. Gunther Johannes Lewczuk Gerhardt por todas as conversas que tivemos e por toda a sua história que me serviu como inspiração;
- A minha família (meu pai Sebastião, minha mãe Vera Lúcia e minha irmã Aline), por todo o incentivo e conselhos durante toda esta jornada;
- A minha esposa Karina por toda a parceria, amor e cumplicidade nas horas boas e nas não tão boas;
- A minha avó Lúcia por sempre acreditar em mim;
- Aos meus amigos Rodrigo Grassi, Juliano, Luiz Miguel, Giordano, Gabriel, Marcela, Gustavo e João Paulo pela ajuda com o projeto;
- Aos demais colegas de laboratório, professores e funcionários do departamento que de alguma forma tenham contribuído para a realização deste trabalho;
- A Deus por sempre me ouvir, guiar o meu caminho e me ajudar a encontrar sabedoria e paz nas horas mais difíceis;

Resumo

Este trabalho visa melhorar a qualidade de vida de pessoas que tenham algum tipo de dificuldade física ou motora, com foco nas tarefas comuns de um ambiente residencial. Para tanto, foi desenvolvido um sistema que apresenta uma interface web capaz de interpretar os comandos capturados por um *neuroheadset* e efetuar a comunicação entre alguns dispositivos que estejam ao redor do usuário do sistema. O processamento do sinal é feito por um computador e um Raspberry Pi é utilizado para interagir com os dispositivos. Para o controle do sistema, o *neuroheadset* possui um giroscópio que é utilizado para capturar os movimentos da cabeça do usuário do sistema. Esses movimentos são traduzidos em coordenadas na tela do computador, utilizando os eixos X e Y como referência. Dessa forma, o usuário consegue movimentar o mouse do computador com os movimentos da cabeça. Para acionar o clique, na interface web o usuário tem três opções: via temporizador (3 segundos), via clique sendo acionado pelo duplo piscar dos olhos por 2 vezes consecutivas e, finalmente, pela atividade cerebral simulando um clique também. Vale salientar que o usuário pode interagir com o sistema operacional normalmente, ou seja, ele pode clicar em qualquer opção que aceite ser clicada do sistema operacional. Isso expande as capacidades do sistema para uma quantidade maior de aplicações, sendo possível por exemplo: navegar na internet, escrever via teclado virtual, dentre outras possibilidades. Para validar a capacidade de interação e controle do usuário com o sistema, foi desenvolvida uma série de testes que visam mensurar o desempenho dos usuários nas 3 grandes áreas de atuação da pesquisa: controle do mouse via movimentos com a cabeça, captura das ações via piscar dos olhos e captura de ações via atividade cerebral. Os testes mostraram que o usuário consegue manipular o sistema conforme o esperado e o modo que apresentou uma facilidade maior de controle, foi via o piscar dos olhos. Durante todos os testes, foram capturados os dados dos sinais elétricos obtidos pelo EEG e os dados foram salvos em arquivos feitos com base em um padrão internacional. Esses dados serão utilizados para montar um banco de dados público futuramente. O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++ para possibilitar uma maior compatibilidade com os sistemas operacionais disponíveis no mercado.

Abstract

This work aims to improve the quality of life of people who have some kind of difficulty physical or motor skills, focusing on the common tasks of a residential environment. For that, it was developed a system that presents a web interface capable of interpreting the commands captured by a neuroheadset and communicate between some jam around the system user. The processing of the signal is done by a computer and a Raspberry Pi is used to interact with the devices. For system control, the neuroheadset has a gyroscope that is used to capture the movements of the head the system user. These movements are translated into coordinates on the computer screen. using the X and Y axes as reference. In this way, the user can move the computer mouse with the movements of the head. To activate the click, in the interface The user has three options: via timer (3 seconds), via double blink of the eye for 2 consecutive times and, finally, for simu- clic-king. It is worth noting that the user can interact with the operating system usually, that is, it can click on any option that accepts to be clicked from the operating system rational. This expands the capabilities of the system to a greater number of applications, It is possible, for example, to surf the internet, to write via the virtual keyboard, opportunities. In order to validate the user's interaction and control capacity with the system, developed a series of tests that aim to measure the performance of users in the 3 large areas of research: mouse control via head movements, actions through blink of the eye and capture of actions via brain activity. The tests showed that the user is able to handle the system as expected and the mode that ease of control, it was the blink of the eye. During all the tests, data obtained by the EEG and data were saved in based on an international standard. This data will be used to set up a data in the future. The system was developed using the programming language C ++ to enable greater compatibility with the operating systems available on the market.

Lista de Figuras

1.1	Principais ondas elétricas do EEG. Modificado de https://imotions.com .	p. 4
1.2	Ilustração do EEG. Figura adaptada de http://www.olavkrigolson.com/	p. 5
1.3	Sistema Internacional 10-20 para alocação de sensores sobre o escalpo para captura da atividade cerebral.(A) visão lateral do escalpo, (B) visão superior do escalpo e (c) posicionamento dos sensores sobre o escalpo. Figura adaptada de (PLONSEY, 1995).	p. 6
3.1	<i>Workflow</i> do teste de controle de movimentos do mouse nos eixos X e Y.	p. 10
3.2	<i>Workflow</i> do teste de ligar ou desligar uma lâmpada utilizando o piscar dos olhos.	p. 10
3.3	<i>Workflow</i> do teste de ligar ou desligar uma lâmpada utilizando a atividade cerebral.	p. 11
3.4	Modelo do <i>Neuroheadset</i> EPOC+ da EMOTIV. Imagem retirada de https://www.emotiv.com/	p. 13
3.5	Sistema embarcado Intel Edison. Retirado de https://software.intel.com/pt-br/iot/home	p. 16
3.6	Raspberry Pi versão 1, modelo B+. Retirado de https://www.raspberrypi.org/products/model-b-plus/	p. 17
3.7	Tripé de madeira	p. 21
3.8	Componentes eletrônicos. (A) Relé de 8 saídas, (B) Receptor de infravermelho e (C) LED emissor de infravermelho	p. 22
3.9	Sistema Eletrônico para automação residencial	p. 23
3.10	Posicionamento do sistema. À esquerda temos o controle de lâmpadas. No centro temos o sistema de controle. À direita temos a TV.	p. 25
4.1	Visão geral da arquitetura do sistema <i>Homeautomation</i> .	p. 27

4.2	Módulo Web Manager.	p.28
4.3	Tela inicial do sistema <i>Web Client</i>	p.29
4.4	Tela de controle da iluminação dos cômodos.	p.29
4.5	Tela de controle da televisão.	p.30

Lista de Tabelas

3.1	Computador Controlador dos testes	p. 24
3.2	Computador Executor dos testes	p. 24
4.1	Resultados dos testes realizados.	p. 34

Sumário

Resumo	p. iii
Abstract	p. iv
1 Introdução	p. 1
1.1 Domótica	p. 1
1.1.1 <i>Ethernet</i>	p. 2
1.1.2 Internet das coisas	p. 2
1.2 Eletroencefalograma	p. 3
1.3 Justificativa	p. 7
2 Objetivos	p. 9
2.1 Objetivos Específicos	p. 9
3 Material e Métodos	p. 10
3.1 <i>Workflow</i>	p. 10
3.2 Amostra	p. 11
3.3 Coleta	p. 11
3.3.1 <i>Neuroheadset</i>	p. 13
3.4 Armazenamento dos dados	p. 14
3.4.1 Banco de dados MongoDB	p. 14
3.4.2 Formato EDF+	p. 15
3.5 Sistemas Embarcados	p. 15
3.5.1 Intel Edison	p. 15

3.5.2	Raspberry Pi	p. 17
3.6	Construção do Servidor de Automação Residencial	p. 17
3.6.1	Linguagem de Programação C++	p. 17
3.6.2	NodeJS	p. 18
3.6.3	Biblioteca MRAA	p. 18
3.6.4	Biblioteca WiringPi	p. 18
3.6.5	Biblioteca LIRC	p. 19
3.6.6	RabbitMQ	p. 19
3.6.7	Docker	p. 20
3.7	Parte física do projeto	p. 21
3.7.1	Tripé de madeira	p. 21
3.7.2	Componentes Elétricos e Eletrônicos	p. 22
3.7.3	Computadores	p. 24
3.7.4	Posicionamento dos componentes do projeto	p. 25
4	Resultados e Discussão	p. 26
4.1	Sistema de Automação Residencial	p. 26
4.1.1	<i>Web Manager</i>	p. 28
4.1.2	<i>Web Client</i>	p. 28
4.1.3	<i>Web Consumer</i>	p. 30
4.1.4	<i>Web Consumer 2</i>	p. 30
4.1.5	<i>Neuroheadset Core</i>	p. 31
4.2	Intel Edison vs Raspberry Pi	p. 31
4.3	Desafios para a implementação do sistema	p. 32
4.3.1	Falta de documentação clara do fabricante	p. 32
4.3.2	Compatibilidade da biblioteca com os sistemas operacionais	p. 32
4.3.3	Escolha da biblioteca de interação com a GPIO do Raspberry Pi	p. 32

4.3.4	Versões e performance do sistema	p.32
4.4	Testes realizados	p.33
5	Conclusões	p.37
	Referências Bibliográficas	p.38

1 Introdução

1.1 Domótica

Com a chegada da eletricidade nas residências em meados de 1900, as pessoas começaram a vislumbrar possíveis utilizações para a eletricidade nas suas casas. Logo, a automação residencial começou a ser pensada como algo possível. Aos poucos, as pessoas começaram a imaginar soluções para melhorar as tarefas ou processos que realizavam em suas casas. Iniciou-se, o que chamamos de automação residencial (GERHART, 1999; SPIVEY, 2015).

Após alguns anos, a eletricidade passou a ser abundante em todas as residências, e assim houve o surgimento de componentes eletrônicos, sendo esses, cada vez menos custosos e eficientes. Um exemplo deste salto tecnológico é o próprio celular. Os celulares atuais possuem uma capacidade de processamento muito superior a capacidade de grandes computadores da década de 90.

Devido a este salto tecnológico e a diversidade de componentes eletrônicos, surgiu a domótica. A palavra domótica que é uma fusão da palavra em latim “Domus”, que significa casa, e das palavras tecnológicas: informática e robótica (AIELLO, 2008).

O termo domótica passou a descrever as atividades de automação residencial que proporcionam o controle da casa, como por exemplo da iluminação, segurança, aparelhos eletroeletrônicos, dentre outros existentes na casa.

Existem várias formas de comunicação que são empregadas na domótica: *Ethernet*, *Bluetooth*, *Z-Wave*, *ZigBee*, *x10*, dentre outras. Como temos muitos dispositivos com capacidade de conexão via Ethernet, seja pela rede cabeada ou pela sem fio (*Wi-fi*), o padrão *Ethernet* é muito bem aceito (AIELLO, 2008).

1.1.1 *Ethernet*

Na década de 70, o avanço tecnológico era visível e grandes empresas começaram a perceber que os computadores realmente tinham como contribuir nas operações diárias. Uma dessas empresas foi a *Xerox*.

A *Xerox*, tendo o seu centro de pesquisas em Palo Alto, Califórnia, pensou em interligar os seus computadores a uma impressora. Naquela época, isso não era algo trivial, porque os computadores já existiam, mas as formas de comunicação entre eles ainda estavam sendo construídas e evoluídas. Para realizar esta tarefa, a empresa *Xerox* confiou a um de seus funcionários, a tarefa de construir uma forma de comunicação entre os computadores e a impressora. Este funcionário era Robert Metcalfe .

Robert Metcalfe havia trabalhado anteriormente em pesquisas na área de comunicação entre computadores, conseguindo melhorar a taxa de colisão do algoritmo de controle de pacotes empregado nas redes de computadores (BROCK, 2003). Robert tinha um problema inédito para aquela geração, que era construir uma forma de comunicação entre computadores e impressoras em um espaço fechado, local.

Para atender às necessidades da empresa, Robert Metcalfe e sua equipe construíram uma forma de comunicação de redes de computadores chamada de *Ethernet* (METCALFE et al., 1977). Os computadores foram interligados e conectados a impressora através de cabos coaxiais, e assim nasceu a tecnologia de redes de computadores, a *Ethernet*. Mais tarde, Robert Metcalfe escreveu um artigo com alguns amigos falando sobre a nova tecnologia (METCALFE; BOGGS, 1976).

A palavra *Ethernet* contém uma referência à palavra “Ether”, a qual é uma metáfora referindo-se a comunicação feita entre computadores. O termo Ether foi amplamente utilizado na história da ciência por diversos autores e em gerações diferentes, referindo-se a transmissão de energia (SCHAEFER, 2013).

1.1.2 **Internet das coisas**

O termo “Internet das coisas”, em inglês *IoT - Internet of Things*, é uma expressão relativamente nova, que visa descrever um fenômeno tecnológico que faz parte da nossa realidade atual. A quantidade de dispositivos, aparelhos, conectados na internet é muito grande atualmente. Além dos convencionais computadores, agora nós temos também celulares, televisores, câmeras e dispositivos de segurança, equipamentos de automação, dentre vários outros (WE-

BER; WEBER, 2010). Essa onda de conectividade trouxe com ela diversos aspectos a serem considerados (STANKOVIC, 2014): Aumento da quantidade de conexões aceitas nas redes de computadores; Facilidade de coleta de informação; Diminuição no custo dos equipamentos;

O aumento da quantidade de conexões aceitas nas redes de computadores causou uma reflexão geral sobre a arquitetura geral aplicada no protocolo de comunicação IPv4. O protocolo de comunicação IPv4, é o protocolo mais utilizado no mundo nas redes de computadores. O seu uso é amplamente disseminado e a sua eficiência comprovada. O problema com este protocolo é a quantidade de dispositivos conectados que ele aceita. Como a internet das coisas causou um aumento enorme na quantidade de dispositivos conectados, o protocolo IPv4 precisou ser revisto e foi criada uma nova versão do protocolo, chamada de IPv6 (STANKOVIC, 2014).

A facilidade de coleta de informação foi enorme, pois vários tipos de sensores estão disponíveis no mercado, com preços acessíveis e com configuração simples e prática. Podemos citar alguns exemplos de sensores, como: iluminação, fumaça, movimento, umidade e temperatura.

A união da internet das coisas e a domótica possibilita a coleta de informações suficientes para serem processadas em algum momento e decisões, ou ações, serem tomadas. A internet das coisas também trouxe alguns problemas quando a exposição de falhas de segurança nas redes de computadores (KEOH SANDEEP S. KUMAR, 2014).

A internet das coisas trouxe uma grande quantidade de novos equipamentos para as casas das pessoas. A maior parte desses equipamentos que são conectados na internet, possuem usuários e senhas padrões. Por serem amplamente conhecidos, os ataques cibernéticos a redes de computadores, utilizando como ponto fraco para exploração esses equipamentos, são relatados cada vez com mais frequência (STANKOVIC, 2014; KEOH SANDEEP S. KUMAR, 2014).

1.2 Eletroencefalograma

A presença de eletricidade no cérebro tem sido explorada por cientistas há muitos anos. Por volta de 1840 e 1890, alguns pesquisadores conseguiram demonstrar a presença de eletricidade no cérebro de mamíferos . Em 1924, Hans Berger foi a primeira pessoa capaz de capturar e gravar a presença de eletricidade no cérebro humano (MILLETT, 2001).

Basicamente o cérebro humano pode ter três tipos de sinais elétricos: atividade espontânea, estimulados e bioelétricos (PLONSEY, 1995). A atividade espontânea é medida através do

escalpo através de um processo chamado eletroencefalograma. A largura de banda dos sinais varia de 1 Hz até 50 Hz.

Os sinais baseados em estímulos são sinais elétricos gravados do sistema nervoso de humanos ou animais em resposta a algum tipo de estímulo, seja: elétrico, visual ou por som. Geralmente os resultados dos potenciais elétricos dessas gravações possuem uma baixa amplitude quando comparados com os resultados do eletroencefalograma. Neste tipo de sinal elétrico, temos o P300 como uma variação de onda elétrica muito conhecida. O P300 está associado à forma como o cérebro reage a determinadas situações após algum tipo de estímulo e é muito conhecido por ser usado em testes da verdade aonde se quer saber se uma pessoa está mentindo sobre uma determinada questão. Outros tipos de testes também utilizam o P300 como base para as suas análises (TOKIC, 2016).

Os sinais bioelétricos são produzidos pelos neurônios e podem ser examinados através de micro eletrodos com foco em células de interesse. Este é um campo ainda em estudo e muito promissor. Ao passo que o mesmo pode trazer mais informações sobre a rede de células existente em nosso organismo.

No estudo do eletroencefalograma (EEG) podemos capturar basicamente 4 tipos de atividades elétricas (Ondas): Delta, Theta, Alfa e Beta (figura 1.1). A onda Alfa é conhecida como a **onda de Berger**, pois foi a primeira atividade elétrica registrada por Hans Berger.

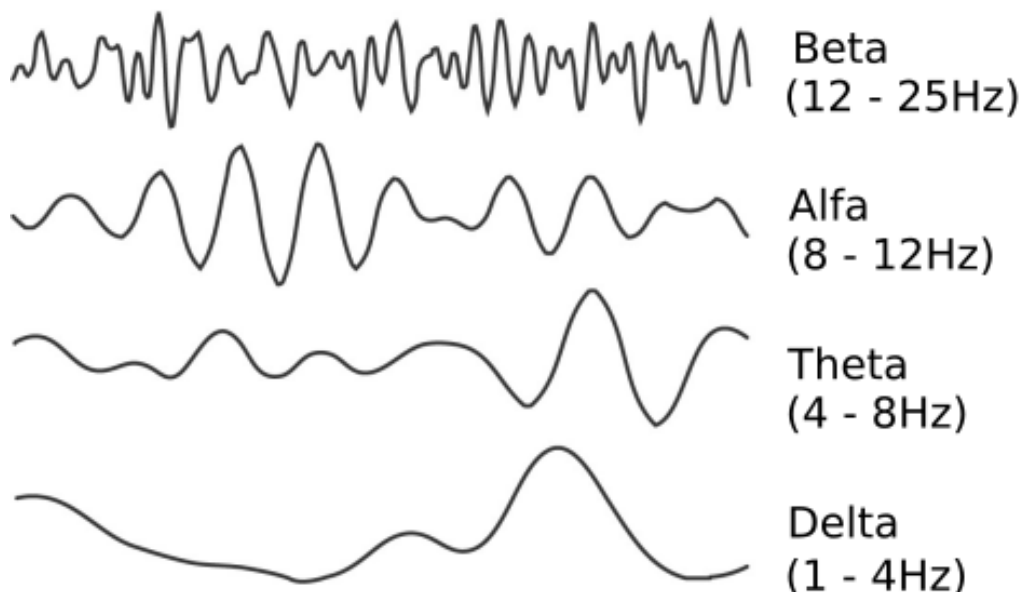


Figura 1.1: Principais ondas elétricas do EEG. Modificado de <https://imotions.com>.

O estudo das ondas cerebrais através do EEG sempre foi muito importante para os neurocientistas. Porém, os aparelhos existentes inicialmente eram muito complexos e exigiam que o paciente estivesse em um hospital na grande maioria das vezes para haver a análise dos si-

nais (1.2)(SCHOMER DONALD L.; NIEDERMEYER, 2010). Com o passar do tempo, novos

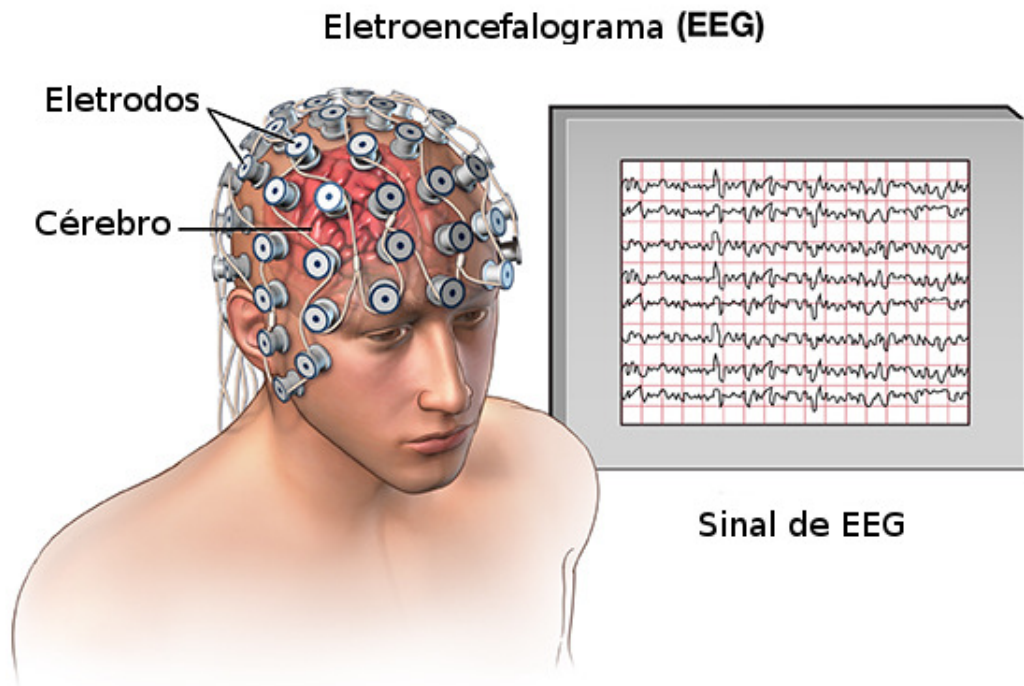


Figura 1.2: Ilustração do EEG. Figura adaptada de <http://www.olavkrigolson.com/>

equipamentos começaram a surgir e levaram os cientistas para outra realidade, a da mobilidade. Equipamentos menores, mais baratos e com capacidades interessantes surgiram, facilitando bastante a exploração desta técnica (ASPINALL et al., 2015). O *Neuroheadset* é um aparelho que capta a atividade cerebral de um indivíduo.

A captura é feita através da colocação de um equipamento contendo eletrodos diretamente no escalpo da pessoa. Esses eletrodos são posicionados em lugares previamente determinados por um padrão internacional conhecido como padrão 10-20 (figura 1.3).

O sistema internacional 10-20, foi desenvolvido para haver um posicionamento dos eletrodos do EEG que possam ser reutilizados em pessoas diferentes (SCHOMER DONALD L.; NIEDERMEYER, 2010). Para isso, o sistema utiliza a proporção de 10% e 20%, para posicionar os eletrodos.

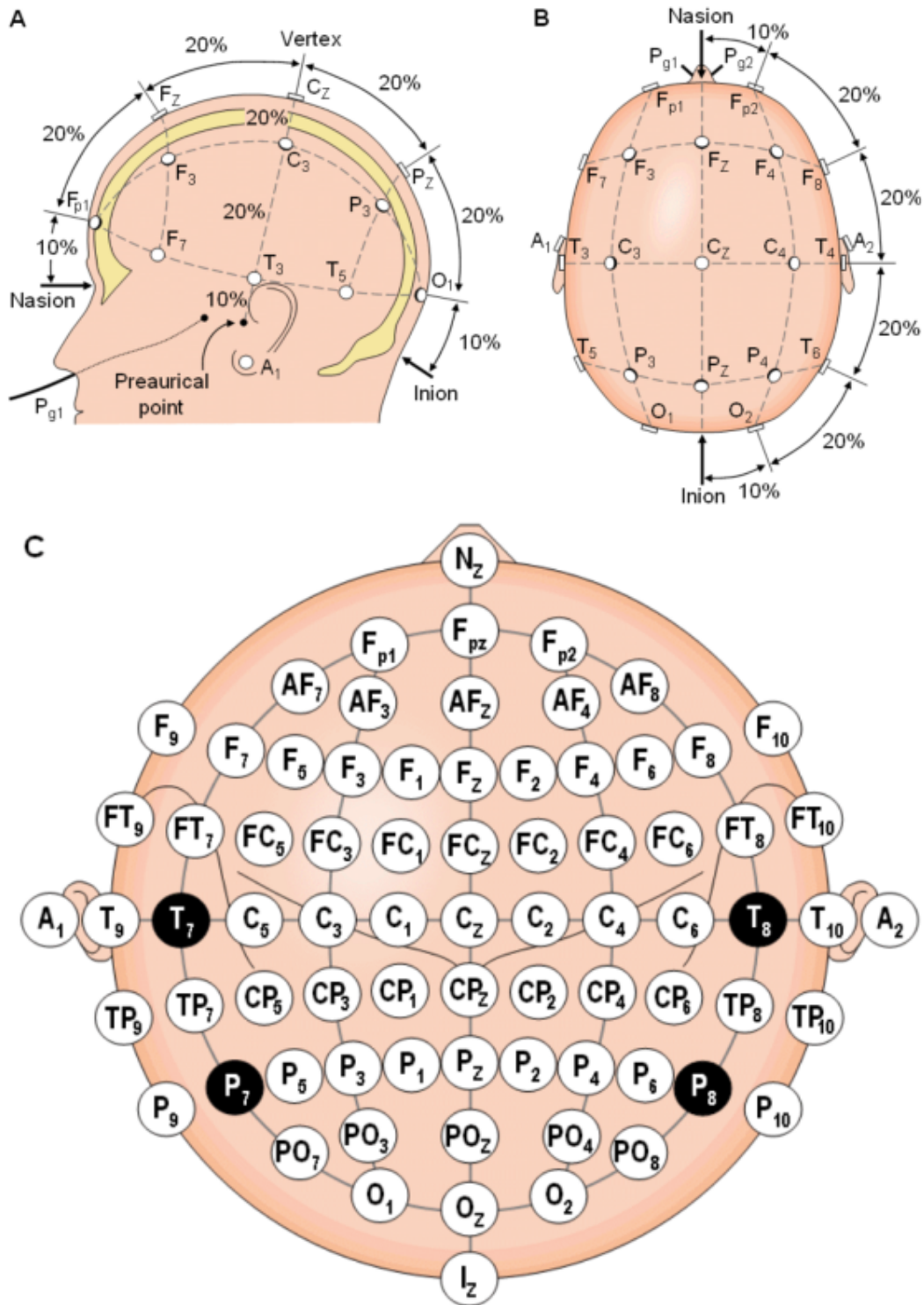


Figura 1.3: Sistema Internacional 10-20 para alocação de sensores sobre o escalpo para captura da atividade cerebral.(A) visão lateral do escalpo, (B) visão superior do escalpo e (c) posicionamento dos sensores sobre o escalpo. Figura adaptada de (PLONSEY, 1995).

5 *Conclusões*

Neste trabalho foi possível construir um sistema de gerenciamento de eletroeletrônicos de uma casa com o uso do *neuroheadset* EPOC+ da EMOTIV. De uma forma geral, todos os voluntários conseguiram controlar o sistema com os testes realizados. Alguns tiveram mais dificuldades que outros, o que já era esperado. Porém, na maioria dos testes, o controle foi satisfatório.

O teste com temporizador se mostrou o mais fácil de se controlar dos 3 testes realizados. Todos os voluntários conseguiram se adaptar rapidamente ao sistema sem muito esforço. Porém, para uma utilização prática do sistema, o teste com o piscar dos olhos se mostrou o mais promissor.

O sistema mostrou se capaz de interagir com o sistema operacional de um computador com o uso do comando de piscar os olhos. Isto permitiria que pessoas portadoras de deficiência possam interagir com o computador sem ter que controlar os mouses com as mãos.

O comando que utiliza a atividade cerebral também se mostrou muito eficiente, porém necessita de melhorias na sensibilidade do comando de clicar.

Referências Bibliográficas

AIELLO, S. D. M. Are our homes ready for services? a domotic infrastructure based on the web service stack. *Pervasive and Mobile Computing*, v. 4, n. 4, p. 506–525, August 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574119208000047?via%3Dihub>>.

ALIVISATOS, A. P. et al. The brain activity map. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 339, n. 6125, p. 1284–1285, 2013.

ASPINALL, P. et al. The urban brain: analysing outdoor physical activity with mobile eeg. *British Journal of Sports Medicine*, British Association of Sport and Exercise Medicine, v. 49, n. 4, p. 272–276, 2015. ISSN 0306-3674. Disponível em: <<http://bjsm.bmj.com/content/49/4/272>>.

BALAGURUSAMY, E. *Object Oriented Programming with C++*. [S.l.]: McGraw Hill Education, 2013.

BANZI, M. *Getting Started with arduino*. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2009.

BRIMACOMBE, M. B.; PICKETT, R.; PICKETT, J. Autism post-mortem neuroinformatic resource: The autism tissue program (atp) informatics portal. *Journal of autism and developmental disorders*, Springer, v. 37, n. 3, p. 574–579, 2007. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10803-006-0188-9>>.

BROCK, G. W. *The Second Information Revolution*. [S.l.]: Harvard University Press, 2003.

CHAPIN, J. K. et al. Real-time control of a robot arm using simultaneously recorded neurons in the motor cortex. *Nat Neurosci*, v. 2, n. 7, p. 664–670, Jul 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/10223>>.

CLEWLEY, R. Encoding the fine-structured mechanism of action potential dynamics with qualitative motifs. *Journal of computational neuroscience*, Springer, v. 30, n. 2, p. 391–408, 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10827-010-0267-y>>.

EL-DAJANI, R. *Banana Pi Cookbook*. [S.l.]: Packt Publishing, 2015.

GAO, X. et al. A bci-based environmental controller for the motion-disabled. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, v. 11, n. 2, p. 137–140, Jun 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/TNSRE.2003.814449>>.

GARDNER, D. et al. The neuroscience information framework: a data and knowledge environment for neuroscience. *Neuroinformatics*, Springer, v. 6, n. 3, p. 149–160, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s12021-008-9024-z>>.

GERHART, J. *Home Automation & Wiring*. [S.l.]: McGraw-Hill/TAB Electronics, 1999.

GORADIYA, B.; PANDYA, H. Real time monitoring & data logging system using arm architecture of raspberry pi & arduino uno.

GRAHAM-ROWE, D. Let the mind games begin. *New Scientist*, Elsevier, v. 197, n. 2647, p. 40–42, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0262407908606739>>.

GUCLU, B. et al. Mental attributes and temporal brain dynamics during bargaining: Eeg source localization and neuroinformatic mapping. *Social neuroscience*, Taylor & Francis, v. 7, n. 2, p. 159–177, 2012. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17470919.2011.586902>>.

HEATH, S. *Embedded Systems Design*. [S.l.]: Newnes, 2003.

INTEL. Using mraa to abstract platform i/o capabilities. *Integrated Computer Solutions*, 2015. <https://software.intel.com/en-us/articles/internet-of-things-using-mraa-to-abstract-platform-io-capabilities>. Disponível em: <https://software.intel.com/sites/default/files/managed/ed/ec-/ICS_Using_MRAA_WhitePaper.pdf>.

INTEL. *Intel Edison Compute Module*. 005, Junho 2016.

ISCAN, Z.; DOKUR, Z.; DEMIRALP, T. Classification of electroencephalogram signals with combined time and frequency features. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 38, n. 8, p. 10499–10505, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411003162>>.

KEMP ALPO VARRL, A. C. R. K. D. N. B.; GADE, J. A simple format for exchange of digitized polygraphic recordings. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 82 391–393, v. 82, n. 5, p. 391–393, May 1992. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0013469492900097>>.

KEMP, B.; OLIVAN, J. European data format plus (edf+), an edf alike standard format for the exchange of physiological data. *Clinical Neurophysiology*, v. 114, n. 9, p. 1755–1761, September 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388245703001238>>.

KEOH SANDEEP S. KUMAR, H. T. S. L. Securing the internet of things: A standardization perspective. *IEEE IoT Journal (IoT-J)*, v. 1, n. 1, p. 265–275, May 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6817545/>>.

LEMON, R. N. Descending pathways in motor control. *Annu. Rev. Neurosci.*, Annual Reviews, v. 31, p. 195–218, 2008. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.neuro.31.060407.125547>>.

LIEVESLEY, R.; WOZENCROFT, M.; EWINS, D. The emotiv epoc neuroheadset: an inexpensive method of controlling assistive technologies using facial expressions and thoughts? *Journal of Assistive Technologies*, Emerald Group Publishing Limited, v. 5, n. 2, p. 67–82, 2011. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals-.htm?articleid=1937381&show=abstract>>.

LOVE, R. *Linux Kernel development*. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2010.

- LU, C. H.; HU, Y. L. Speech control system for robot based on raspberry pi. *Advanced Materials Research*, Trans Tech Publ, v. 791, p. 663–667, 2013. Disponível em: <<http://www.scientific.net/AMR.791-793.663>>.
- METCALFE, R. et al. *Multipoint data communication system with collision detection*. Google Patents, Dec 1977. US Patent 4,063,220. Disponível em: <<https://www.google.com/patents-US4063220>>.
- METCALFE, R. M.; BOGGS, D. R. Ethernet: Distributed packet switching for local computer networks. *Commun. ACM*, ACM, New York, NY, USA, v. 19, n. 7, p. 395–404, jul 1976. ISSN 0001-0782. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/360248.360253>>.
- MILLAN, J. d. R. et al. Non-invasive brain-actuated control of a mobile robot. In: *IJCAI*. [S.l.: s.n.], 2003. p. 1121–1126.
- MILLETT, D. Hans berger: From psychic energy to the eeg. *Perspectives in Biology and Medicine*, v. 44, n. 4, p. 522–542, 2001. Disponível em: <<http://muse.jhu.edu/journals/pbm-/summary/v044/44.4millett.html>>.
- MODHA, D. S.; SINGH, R. Network architecture of the long-distance pathways in the macaque brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, National Acad Sciences, v. 107, n. 30, p. 13485–13490, 2010. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/107/30/13485.short>>.
- NIJBOER, F. et al. A p300-based brain–computer interface for people with amyotrophic lateral sclerosis. *Clinical neurophysiology*, Elsevier, v. 119, n. 8, p. 1909–1916, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388245708002393>>.
- ORTNER, R. et al. An ssvp bci to control a hand orthosis for persons with tetraplegia. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 19, n. 1, p. 1–5, 2011. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5582300>.
- PLONSEY, J. M. . R. *Bioelectromagnetism - Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*. Oxford University Press, 1995. Disponível em: <[http://www.bem.fi/book-/
>](http://www.bem.fi/book-/)>.
- SANTOSH.M.NEJAKAR. Wireless infrared remote controller for multiple home appliances. *International Journal of Electrical and Electronics Research (IJEER)*, 2014.
- SARIK, J.; KYMISSIS, I. Lab kits using the arduino prototyping platform. In: *IEEE. Frontiers in Education Conference (FIE), 2010 IEEE*. 2010. p. T3C–1. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5673417>.
- SCHAEFER, P. Critical communication history— why is ethernet? *International Journal of Communication*, v. 7, n. 0, 2013. ISSN 1932-8036. Disponível em: <<http://ijoc.org/index.php/ijoc/article/view/1866>>.
- SCHOMER DONALD L., F. H. L. d. S.; NIEDERMEYER, E. *Niedermeyer's electroencephalography : basic principles, clinical applications, and related fields*. Philadelphia, Pa. ; London : Lippincott Williams & Wilkins, 2010., 2010. Disponível em: <<http://www.worldcat.org/title/niedermeyers-electroencephalography-basic-principles-clinical-applications-and-related-fields/oclc/655659791>>.

- SERRUYA, M. D. et al. Instant neural control of a movement signal. *Nature*, v. 416, n. 6877, p. 141–142, Mar 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/416141a>>.
- SPIVEY, D. *Home Automation For Dummies*. [S.l.]: For Dummies, 2015.
- STANKOVIC, J. A. Research directions for the internet of things. *IEEE IoT Journal (IoT-J)*, v. 1, p. 3–9, March 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6774858/>>.
- STROUSTRUP, B. *Programming: Principles and Practice Using C++*. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2014.
- STYTSENKO, K.; JABLONSKIS, E.; PRAHM, C. Evaluation of consumer eeg device emotiv epoc. In: *MEi: CogSci Conference 2011, Ljubljana*. [s.n.], 2011. Disponível em: <<http://www.univie.ac.at/meicogsci/php/ocs/index.php/meicog/meicog2011/paper/view/210>>.
- TAM, W.-K. et al. A minimal set of electrodes for motor imagery bci to control an assistive device in chronic stroke subjects: a multi-session study. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 19, n. 6, p. 617–627, 2011. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6034528>.
- TOKIC, K. e. a. P300 wave changes in patients with parkinson?s disease. *Medical Archives*, v. 70, n. 6, p. 453–456, December 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5292223/>>.
- UBEDA, A. et al. Endogenous brain–machine interface based on the correlation of eeg maps. *Computer methods and programs in biomedicine*, Elsevier, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260713000308>>.
- UPTON, E.; HALFACREE, G. *Meet the Raspberry Pi*. [S.l.]: Wiley. com, 2012.
- UPTON, E.; HALFACREE, G. *Raspberry Pi User Guide*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012.
- VOURVOPOULOS, A.; LIAROKAPIS, F. Brain-controlled nxt robot: Tele-operating a robot through brain electrical activity. In: IEEE. *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2011 Third International Conference on*. 2011. p. 140–143. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5962098>.
- WEBER, R. H.; WEBER, R. *Internet of Things*. Springer Berlin Heidelberg, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-11710-7>>.
- WILSON, J. R. *Node.js the Right Way: Practical, Server-Side JavaScript That Scales*. [S.l.]: Pragmatic Bookshelf, 2013.
- WILSON, M. L. Evaluating the cognitive impact of search user interface design decisions. *EuroHCIR 2011*, p. 27–30, 2011.
- WROBEL, A. The need of neuroinformatic approach in functional neurophysiology. *Acta neurobiologiae experimentalis*, Warsaw; Nencki Institute of Experimental Biology; 1999, v. 65, n. 4, p. 421, 2005.