

Desenvolvimento de um protótipo de cadeira de rodas controlada por voz

Jessica Modesto Chaves¹, Thainá Blaschek² e Kleber de Oliveira Andrade³

¹Jessica Modesto Chaves, Engenharia de Computação, jessicachaves0703@gmail.com,

²Thainá Blaschek, Engenharia de Computação, thaina.blaschek@gmail.com,

³Kleber de Oliveira Andrade, UNISAL, kleber.andrade@unisal.br

Resumo – O objetivo deste trabalho, será utilizar a inteligência artificial através do uso de reconhecimento de voz para auxiliar pessoas com deficiência em membros superiores e inferiores, possibilitando locomoção de uma forma mais independente. Esse auxílio será basicamente aplicado para pessoas tetraplégicas C5/C6.

Palavras-chave: Tetraplégico, inteligência artificial, cadeira motorizada, comando de voz.

Abstract – The objective of this project, will be the usage of Artificial Intelligence through voice recognition to assist people with disability in the upper and lower limbs, letting possible the locomotion with more independency. This assistance will be basically applied to C5/C6 tetraplegic people.

Keywords: Tetraplegic, Artificial Intelligence, Power wheelchair, voice command.

I. INTRODUÇÃO

Tetraplegia, também conhecida como quadriplegia, é a perda dos movimentos dos braços, troncos e pernas, geralmente, provocada por lesões que atingem a medula espinhal a nível da coluna cervical, devido a situações como traumatismos em acidentes, hemorragia cerebral, sérias deformidades na coluna ou doenças neurológicas. A perda dos movimentos pode ter intensidades diferentes, que variam desde uma fraqueza até a perda total da capacidade de movimentar o membro. Dependendo do nível da lesão, a capacidade respiratória também pode ser comprometida, podendo ser indicado o uso de aparelhos para auxiliar na respiração (SAÚDE, 2019).

Além de mais de setenta por cento do corpo estar comprometido, a tetraplegia pode trazer outras complicações, como:

- Alterações na Sensibilidade da região que foi comprometida;
- Alterações no Tônus dos músculos dos membros afetados.
- Alterações no funcionamento da bexiga e do intestino.

- Disfunção sexual
- Osteoporose.
- Úlceras por pressão.
- Alterações neurológicas como aumento de suor e alterações na corrente sanguínea.

Existem muitos níveis de lesão medular, este nível será definido de acordo com a altura que ocorreu o trauma. Quanto mais alta for a lesão maior serão os comprometimentos corporais. E quanto mais baixa, menor será o comprometimento neural (HOSPITAL INFANTIL, 2019).

No estudo realizado foi identificado diversos equipamentos bem como tratamentos que são utilizados para melhorar a vida dos indivíduos que possuem quadriplégica. Uma das soluções já bem conhecida no mercado é a cadeira de rodas motorizada. O problema de utilizar uma cadeira de rodas convencional ou motorizada, é que necessitam de esforço físico do deficiente para sua locomoção, sendo assim atendem somente aqueles que possuem todos os movimentos dos membros superiores. Em relação ao custo benefício desse equipamento, o mesmo não é acessível a todas as classes sociais, o fator preço é algo a ser considerado na hora de adquirir uma cadeira (NOTÍCIAS, 2019).

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, foi realizada uma pesquisa de mercado, onde foi possível identificar que algumas instituições se preocuparam com uma possível melhoria quanto as cadeiras motorizadas já existentes.

O IFSUL (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia), desenvolveu uma cadeira de rodas motorizada comandada por voz. O projeto deu início no ano de 2007, como foco desenvolver uma cadeira de rodas que consumisse menos bateria e tivesse maior rendimento e vida útil (IFSUL, 2019).

A Apple também está trabalhando em soluções como acessibilidade está sendo desenvolvido uma cadeira de rodas comandada por voz. Porém a função de captação de voz será feita por um dispositivo Apple (APPLE ACESSIBILIDADE). Este projeto que está sendo patenteado pela Apple, estará a frente de muitas tecnologias já lançadas, porém além do custo benefício ele não está

disponível para a comunidade que possui smartphones convencionais.

Pensando em viabilizar esta solução para a sociedade que necessitam de um facilitador para sua locomoção, este artigo trás a proposta de um protótipo de cadeira de rodas motorizada comandada por voz. Este estudo vem com o objetivo de mostrar o desenvolvimento de uma cadeira de rodas motorizada comandada por voz, onde qualquer indivíduo que possua uma lesão cervical, mas que não tenha comprometido sua fala possa utilizá-la.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico da presente pesquisa foi estruturado em sete tópicos, sendo: Tetraplegia ou Quadriplegia, Inteligência Artificial, Modelo Oculto de Markov, Transformada de Fourier, Python, Comando de Voz e Cadeira de Rodas Motorizada. Os itens citados neste capítulo vêm com intuito de descrever, os modelos adotados para o desenvolvimento deste projeto bem como seu funcionamento.

A. Tetraplegia ou Quadriplegia

A quadriplegia se dá por uma lesão cervical, sendo que, a mesma possui diversos níveis de lesão C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8. O nível é diagnosticado de acordo com a altura que ocorreu a lesão juntamente com o comprometimento dos membros afetados.

O NN C5 consegue realizar movimentos de flexão dos cotovelos, possui controle do movimento dos ombros o que também possibilita a elevação das mãos até a cabeça. Indivíduos pertencentes ao nível C5, também conseguem se equilibrar sozinhos, sem precisar apoiar as costas e braços.

Já o NN C6 possui controle do tronco e realiza a extensão do punho. Ele tem características parecidas com o C5.

Neste projeto optamos pelos níveis descritos acima C5 e C6, pois esses indivíduos têm um menor comprometimento corporal, para uma avaliação inicial deste projeto, seria o grupo que possuiria maior autonomia em sua locomoção.

B. Inteligência Artificial (IA)

A inteligência artificial não é um conceito novo, surgiu em meados de 1946 por McCarthy com a tentativa de formatizar a criação do cérebro eletrônico. A definição seria a capacidade de máquinas pensarem como seres humanos, e assim, poderem aprender raciocinar, perceber, deliberar ou

decidir o que fazer de forma racional e inteligente (RUSSEL e NORVIG, 2004).

Inteligência Artificial já é usada em quase todos os segmentos de mercado, devido a flexibilidade e personalização da tecnologia que viabiliza que ela contribua tanto para o desenvolvimento de tarefas operacionais quanto para o uso estratégico em tomadas de decisão.

A IA é composta por códigos e dados responsáveis pela leitura e interpretação dos comandos recebidos. Porém ela é mais do que uma análise, ela tem como objetivo principal executar uma infinidade de comandos complexos que resultam na capacidade de imitar comportamentos humanos.

C. Modelo Oculto de Markov (HMM)

O método baseado em HMM surgiu no final dos anos 60, a aplicação desse modelo começou a ser utilizada no final dos anos 70. Durante os últimos 15 anos, HMM tem sido muito aplicado nas áreas de reconhecimento de voz como também em reconhecimento de palavras manuscritas.

A técnica de análise estatística, Modelos Ocultos de Markov (HMMs), é um autômato incerto de estados finitos utilizado para modelar uma pronúncia de fala, que pode ser uma sentença completa, uma palavra, uma sílaba ou um fonema. No caso de vocabulários pequenos, é possível que um HMMs modele palavras. Todavia, em vocabulários extensos, é comum que representem fonemas. (LOLE, 2015).

D. Transformada de Fourier (FFT)

Em 1822, o matemático francês Jean Fourier mostrou que ondas sinusoidais podem ser usadas como bases para descrever, qualquer tipo de função. Isso foi usado como ferramenta analítica no estudo das ondas e dos fluxos de calor. Jean demonstrou que qualquer forma de onda pode ser representada por uma somatória de senóides e cossenoides de diferentes frequências, amplitudes e fases.

A transformada de Fourier (FFT) é, em essência, uma ferramenta matemática que realiza a transição entre variáveis tempo e frequência de sinais. (GONÇALVES, 2004).

E. Linguagem utilizada Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível, que usa instruções mais abstratas, mais “humanas” criada por Guido van Rossum e que foi lançada em 1991. Python é tanto uma linguagem interpretada quanto uma linguagem compilada, um compilador traduz linguagem Python em

linguagem de máquina. O código é traduzido em um código intermediário que deve ser executado por uma máquina virtual conhecida como PVM (Python Virtual Machine).

O interpretador faz está “tradução” em tempo real para código de máquina, ou seja, em tempo de execução. Já o compilador traduz o programa inteiro em código de máquina de uma única vez e então executa, criando um arquivo que pode ser executável. O compilador gera um relatório de erros, caso eles existam, e o interpretador interromperá a tradução quando encontrar o primeiro erro (Engenharia360, 2019).

F. Comando de Voz

O comando de voz é captado por um sistema de reconhecimento de voz, onde é feito a tradução das vibrações sonoras geradas pela fala. Após a tradução das vibrações é aplicado a transformada de Fourier, onde a voz é transformada em dados digitais. É realizado um filtro no som captado para retirar os ruídos, a gravação é ajustada para um nível de volume e velocidade constante.

Após o processo descrito acima ser concluído esse sistema será separado em fonemas onde o software compara a sequência de fonemas com palavras e frases já treinadas. (MOTOMURA, GUSMAN, 2019). O sistema filtra o som para retirar os ruídos, e a gravação é ajustada para um nível de volume e velocidade constante. Logo após o sistema é separado em fonemas onde o software compara a sequência de fonemas com palavras e frases já treinadas. (MOTOMURA, GUSMAN, 2019)

G. Cadeira de rodas motorizada

As cadeiras motorizadas têm como principal foco, dar mais autonomia aos indivíduos que fazem uso das cadeiras de rodas convencionais. Ao fazer uso de uma cadeira de rodas convencional, o indivíduo irá se deparar com uma série de obstáculos como de percursos onde existem terrenos desnivelados ou até mesmo chegar ao seu limite com a necessidade de realizar muito esforço físico para se locomover. Pensando em preservar as articulações e musculaturas de braços, punho e ombros, foi desenvolvida a proposta das cadeiras de rodas motorizada comandada por voz (CAVENAGHI, 2019)

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa na área de reconhecimento de voz, para assim fazer a implementação de um sistema para reconhecimento de fala baseado na técnica HMM. Além da

análise e prática para a utilização da linguagem Python para o processamento do comando.

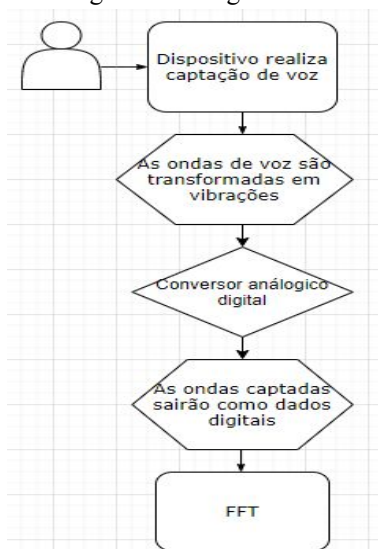
A inteligência artificial, vem com o objetivo de desenvolver paradigmas ou algoritmos que são interpretados por máquinas para realizar tarefas cognitivas, onde os humanos normalmente atuais com mais eficiência.

Um sistema de IA deve ser capaz de realizar três tarefas: armazenar conhecimento, aplicação do conhecimento armazenado para resolver problemas e adquirir novos conhecimentos através da experiência.

Para ter uma base de dados segura, é necessário estabelecer algumas exigências como: consistência e treinabilidade. A consistência, para que várias fonéticas apresentem características similares e independentes do instante em que ocorreu a aquisição e a treinabilidade serve para que o sistema receba um número considerável de amostras, assim podendo ter um sistema mais robusto e confiável.

O reconhecimento de voz, é dividido em três etapas iniciais. O primeiro é o processo de digitalizar um sinal, onde é digitalizado através de um conversor analógico digital, no qual as vibrações são convertidas para dados digitais. Após a conclusão do processo de digitalização é executado um procedimento em que é aplicado a Transformada rápida de Fourier (FFT), que tem a finalidade de verificar como a frequência irá mudar conforme o tempo, esse processo é chamado de espectrograma. Após a conversão desses dados serão divididos os sons das amostras captadas, em frações menores, obtendo as sequências de frame que não são maiores que uma sílaba. Todos esses sons são comparados a fonemas que já estão mapeados em um dicionário fonético que corresponde a língua do interlocutor.

Figura1: Fluxograma



Fonte: Autoras

O projeto apresentado neste artigo foi desenvolvido na linguagem de programação Python, essa linguagem de programação é definida como de alto-nível e orientada a objeto. (LANDIM, 2017)

Python é classificado como uma linguagem simples e clara, o que facilita o aprendizado e absorção dessa ferramenta. Apesar de ser conhecida como uma linguagem simples ao mesmo tempo causa grande impacto pois é utilizada para desenvolver projetos de grande porte.

O processo de reconhecimento de voz, foi desenvolvido de acordo com as bibliotecas SpeechRecognition, que foi usado o Modelo de Oculto de Markov para treinar os fonemas juntamente com as palavras. Ele permite a captação de voz dos dados utilizados e transforma a voz em texto de forma que ela consiga ser interpretada. Então podemos dizer que a biblioteca Speech Recognition é o processo de conversão da voz numa sequência de palavras, através de um algoritmo implementado num programa de computador. Uma exigência para essa biblioteca é realmente ter disponível sempre uma rede de internet, pois todo seu dicionário está disponível em um serviço cloud. (RATO, 2019).

Realizamos a confecção do protótipo, que está sendo utilizado para a realização dos testes afim de simular o comportamento do projeto quando houver alterações, como: superfícies onde será utilizado, bem como as alterações de frequência de sinais enviadas através dos cálculos realizados na Transformada de Fourier.

Para controle do protótipo foram utilizados os seguintes recursos:

A. Ferramentas utilizadas

O software utiliza a linguagem Python, na qual aplica a biblioteca *SpeechRecognition* para receber os dados transmitidos pelo usuário, onde a fala será convertida para um conjunto de palavras que o dispositivo possa executar. Os dados que são captados inicialmente pelo receptor, são convertidos em dados digitais, onde eles serão enviados via *Bluetooth* para dispositivo (*Arduino*), então serão executadas as tarefas.

B. Arduino Uno

O Arduino uno, diferente das placas antecessoras, não utiliza o chip FTDI, para conversão serial, e sim um Atmega8 usado como conversor de USB para serial.

É uma placa de microcontrolador, com 14 pinos de entrada/saída, 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, uma conexão USB, botão de reset e uma entrada de alimentação.

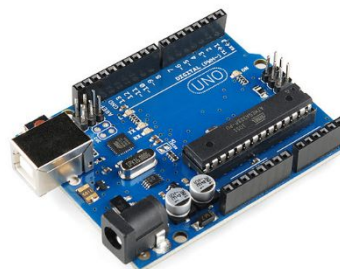
Então, na prototipagem do projeto seria utilizado essa placa, pois pode atender todos os requisitos do projeto.

Nele estará ligado o modulo Bluetooth, esse será citado logo mais, o modulo fara a ligação entre o computador e o Arduino.

Entretanto, o software no computador só funcionara se houver internet, como já citado.

Após a conexão do computador com o Arduino pode-se começar a troca de comando, onde um usuário envia um comando por voz para computador, ele através do software (que utiliza a biblioteca *Speech Recognition*) converte a palavra em sinal digital e assim o comando. É enviado o comando via Bluetooth para o Arduino que logo executa (ARDUINO).

Figura 2: Arduino Uno



Fonte: Filiflop

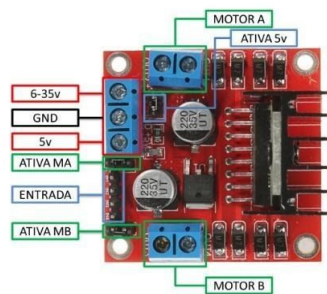
C. Ponte H

A ponte H é o circuito que tem como responsabilidade fazer com que os motores do protótipo determine um sentido de corrente e valor de tensão no controle de um motor DC. Quando o Arduino receber o comando, esse circuito que recebera o comando e passara para os motores DC.

Como na imagem a seguir, os motores são ligados aos conectores MOTOR A e MOTOR B, os pinos ATIVA MA e MB, são onde controlam a velocidade, mas isso só acontecerá se os pinos não estiverem com jumpers.

Em relação as portas de 5V e 6-35V são usadas para tensão, e o GND é o negativo. As ENTRADA são onde conecta-se os pinos de conexão.

Figura 3:Ponte H



Fonte: filipeflop

D. Motor DC 5V com caixa de redução

O motor DC com as rodas são ideais para aplicações acadêmicas.

No kit de motores com rodas consta com um motor DC com caixa de redução (1:48) e uma roda de plástico com superfícies de contato em borracha de boa aderência proporcionando boa tração ao robô.

Neste projeto foram utilizadas duas rodas comandadas pelo motor DC, essas rodas são a sustentação do protótipo.

Figura 4:Kit motor DC e rodinhas



Fonte: Filiflop

E. Roda boba

A roda boba é colocada para auxiliar na movimentação dos motores DC que passam os comandos para as rodas que sustentam o protótipo.

As rodas utilizadas são do modelo Roda Boba N20 Robot Caster Esfera Arduino, elas são práticas e facilitam os movimentos, tem o tamanho de 2,2cm por 1,5.

Figura 5:Roda boba



Fonte: Filiflop

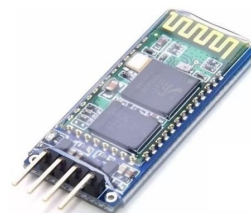
F. Módulo Bluetooth

O módulo Bluetooth, fara a conexão entre o Arduino e o computador como se ele fosse um cabo USB.

Ele vai funcionar como uma porta de passagem dos códigos enviados do computador, e interpretado pelo Arduino e assim executado.

O modelo utilizado é HC-06, ele é um recurso barato e suporta conexões diferentes com o Arduino.

Figura 6: Modulo Bluetooth



Fonte: Filiflop

G. Bateria Lipo

A bateria Lipo de 1000mah, está sendo utilizada para alimentação de todo o protótipo.

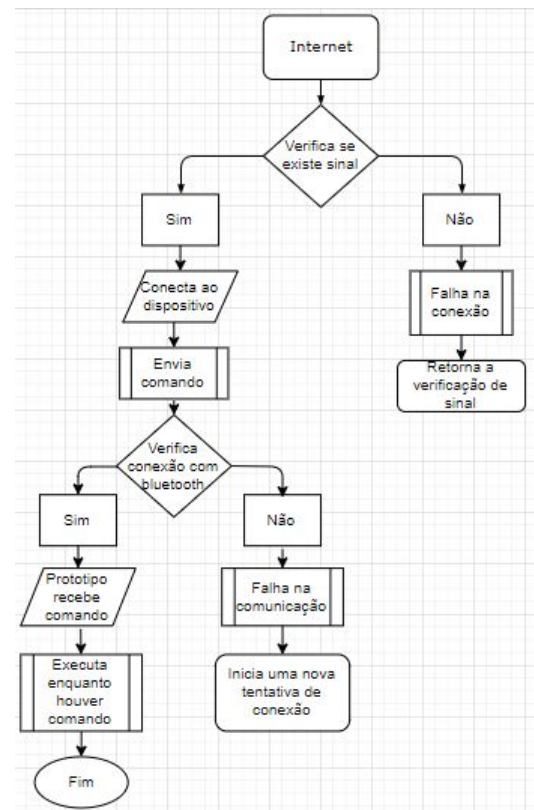
Ligada no positivo da ponte H que é ligada no Arduino e o negativo é ligado em ambos.

Ela gera energia suficiente para que os motores e o Arduino funcionem normalmente.

Figura 7: Bateria de alimentação



Fonte: Futuramix



Fonte: Autoras

H. Estrutura de controle da cadeira de rodas

Primeiramente é feita uma verificação se existe conexão com a internet, se não estiver o software emitirá a mensagem de falha de conexão, após o erro ele irá retornar para o menu verificação novamente, caso exista internet, o diagrama dará continuidade no fluxo. O computador, será o transmissor desse projeto, ele irá verificar se há conexão com o protótipo via Bluetooth, se não houver ele dará erro de conexão. Se houver ele seguirá o fluxo de acordo com o diagrama abaixo, com o envio do comando a partir do computador, o protótipo vai executar a tarefa. Caso não tenha comando, ele fica aguardando o próximo comando.

Figura 6: Diagrama de bloco

RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Erro no modulo bluetooth HC-05
- Queima do Arduino
-

IV. CONCLUSÕES

V. AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela força concedida nesses últimos cinco anos de trajetória.

Agradecemos também a nossa família por todo apoio fornecido nas horas de mais dificuldade, dando todo o suporte necessário para que chegássemos até aqui.

Aos amigos, professores e orientadores, damos o nosso muitíssimo obrigado por acreditarem em nós.

Agradecemos a todos que nos ajudaram direta e indiretamente a concluir este trabalho.

Todos vocês foram peças fundamentais em nossas vidas, mais uma vez muito obrigado.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. ARDUINO IDE. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>. Acesso em: 14 nov. 2019.

CAELUM. O que é Python. Disponível em: <https://www.caelum.com.br/apostila-python-orientacao-objetos/o-que-e-python/#python>. Acesso em: 21 nov. 2019.

CAVENAGHI. Cadeira de Rodas Motorizada. Disponível em: <https://www.cavenaghi.com.br/>. Acesso em: 8 nov. 2019.

COMPUTAÇÃO UFCG. A Transformada de Fourier e Suas Aplicações. Disponível em: http://www.dsc.ufcg.edu.br/~pet/ciclo_seminarios/tecnicos/2010/TransformadaDeFourier.pdf. Acesso em: 21 nov. 2019.

ENGENHARIA 360. O que é a linguagem python e como ela está presente na engenharia?. Disponível em: <https://engenharia360.com/linguagem-python-na-engenharia/>. Acesso em: 13 mai. 2019.

FUTURAMIX. Bateria Lipo Turnigy 1000mah 2s 20c Cod 9170 *pode Retirar*. Disponível em:

http://www.futuramix.com.br/bateria_lipo_turnigy_1000mah_2s_20c_cod_9170_pode_retirar/prod-4518505/. Acesso em: 18 nov. 2019.

GONÇALVES, Louis Augusto. Um estudo sobre a transformada rápida de Fourier e seu uso em processamento de imagens. Porto Alegre, jun. 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6748/0/00446124.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 mai. 2019.

GREVE, Julia Maria D'Andrea; CASALIS, Maria Eugenia Pebe; FILHO, Tarcisio E.P Barros. Diagnóstico e tratamento da lesão da medula espinal. [S.L.]: Roca, 2000. 400 p.

INSTITUTO NOVO SER. LESÃO MEDULAR. Disponível em: http://www.novoser.org.br/espacao_informacao_lm.html. Acesso em: 8 nov. 2019.

LANDIM, Tiago Rafael Giorgetti. Sistema de comandos e identificação de voz. Biblioteca digital, São Carlos, mai./jan. 2017. Disponível em: www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180450/tce-17012018-153152/?lang=br. Acesso em: 18 mar. 2019.

LOLE, Dayana Sant'anna. Síntese de voz baseada em modelos ocultos de Markov utilizando nova base de dados para português brasileiro. Nome da revista, Rio de Janeiro, jan. 2015. Disponível em: <http://pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2015012801.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.

MOTOMURA, Marina; GUSMAN, Sidney. Como funciona o reconhecimento de voz em aparelhos eletrônicos. Abril: Super interessante, jun./2009. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-o-reconhecimento-de-voz-em-aparelhos-eletronicos/>. Acesso em: 8 nov. 2019.

NEYRA-ARAOZ, Jorge H.. Transformada de Fourier:: Fundamentos matemáticos, implementação e aplicações musicais. Instituição de matemática e estatística: Universidade de São Paulo, São Paulo, nov./2011.

NORVIG, Stuart Russel E Peter. Inteligência artificial. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2013. 1021 p.

PEDERNEIRAS, Gabriela. Apple amplia acessibilidade em seus produtos com novo controle por voz. Tecmundo, jun./2019. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/software/142078-apple-apresenta-controle-voz-permite-executar-acoes-fala.htm>. Acesso em: 8 nov. 2019.

PYSCIENCE-BRASIL. Python: O que é? Por que usar?. Disponível em: <http://pyscience-brasil.wikidot.com/python:python-oq-e-pq>. Acesso em: 21 nov. 2019.

RATO, J. P. C. Mestrado em Engenharia Informática, Computação Móvel: Conversação Homem-máquina. Caracterização e Avaliação do Estado Actual das Soluções de Speech Recognition, Speech Synthesis e Sistemas de conversação Homem-máquina. Politécnico de Leiria, set./2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.8/2375>. Acesso em: 8 nov. 2019.

SILVA, G. A. D. et al. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE PESSOAS COM LESÃO MEDULAR: UTILIZAÇÃO DA ESCALA DE INDEPENDÊNCIA FUNCIONAL – MIFI. Scielo: Scientific Electronic Library Online, Florianópolis, out./2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/tce/v21n4/25.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2019.

SPLINTER, K. N. A. R; GROUP, -. T. & F. Transformada de Fourier: Processamento de Imagens e Sinais Biológicos. dez./2016. Disponível em: <http://www.ic.uff.br/~aconci/Fourier2017.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2019.

TUA SAÚDE. O que é Tetraplegia e como identificar. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/o-que-e-tetraplegia/>. Acesso em: 8 nov. 2019.

VALL, Janaina. Lesão medular: reabilitação e qualidade de vida. 1. Goiânia: EDITORA ATHENEU LTDA, 2013. 318 p.