



Estimação de medidas do centro de pressão utilizando Inteligência Artificial

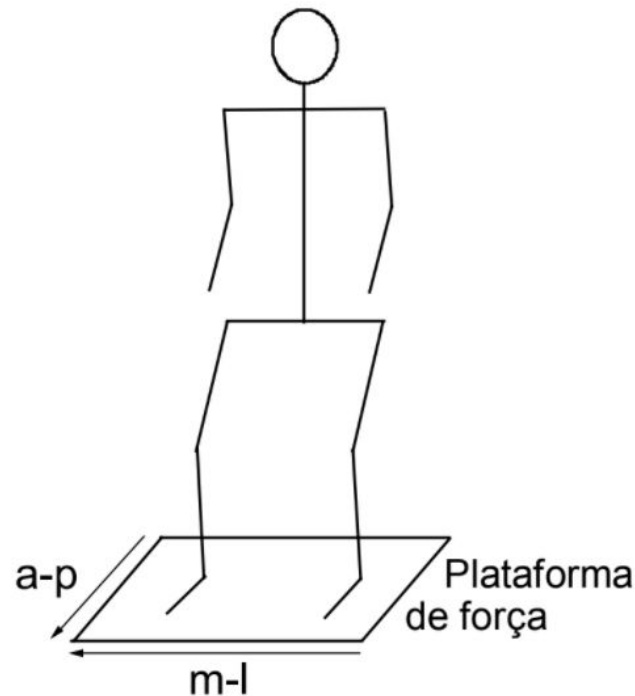
— Priscila Satomi Acamine —

Orientador: Prof. Dr. Renato Naville Watanabe

Dezembro de 2020

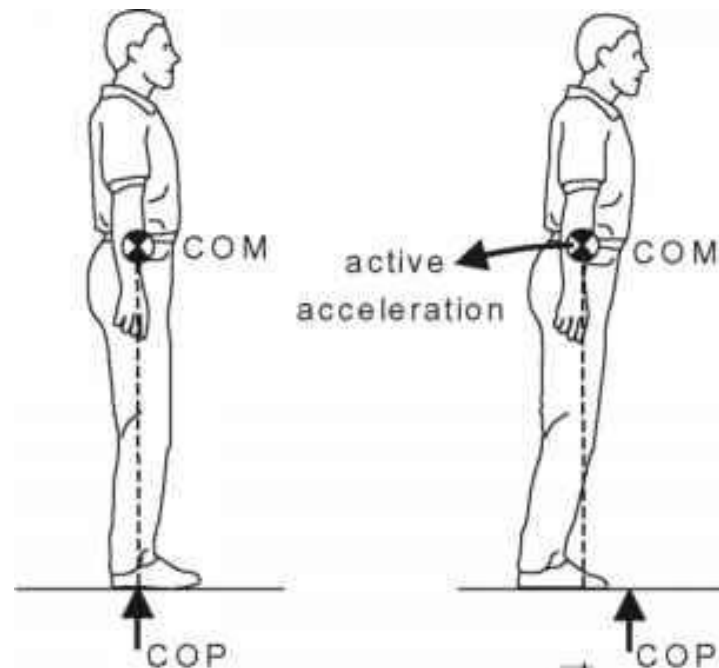
Introdução - Controle da Postura Ereta

- Estabilometria: medida e o registro da contínua oscilação de baixa frequência do corpo humano durante a postura ereta
- O controle da postura ereta bípede é afetado pela natureza da tarefa, condições ambientais, informações sensoriais disponíveis e condições intrínsecas da pessoa
- Patologias motoras e do sistema vestibular, entendimento do equilíbrio corporal



Introdução - Centro de Pressão

- Centro de pressão (COP): ponto de aplicação da resultante das forças verticais.
- PF50:
 - caracteriza a estabilidade postural
 - frequência mediana do COP
 - habilidade antecipada de estimar a distribuição do espectro de potência do COP
- Plataforma de força de alto custo
- Inteligência Artificial como alternativa mais acessível

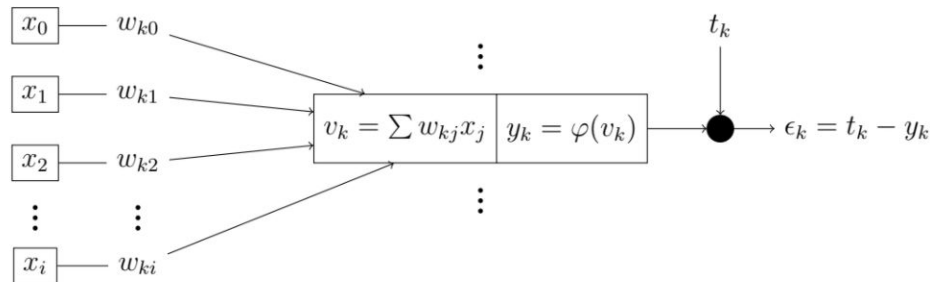


<https://www.flandershealth.us/somatosensory-system/contact-forces-and-body-orientation.html>

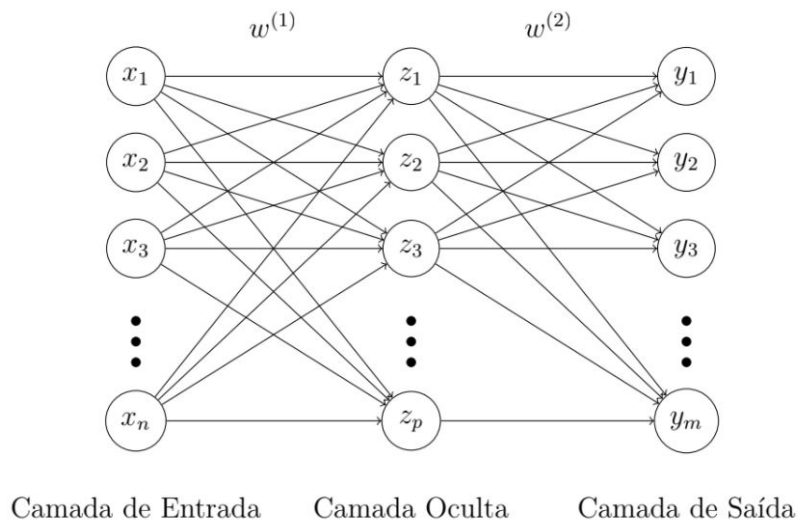
Introdução - Redes Neurais Artificiais

- Redes Neurais Artificiais representam uma tentativa de imitar conjuntos formados pelas células neurais, suas características básicas e organização
- Possuem uma inteligência artificial

Modelo de neurônio artificial



Rede Neural de Múltiplas Camadas



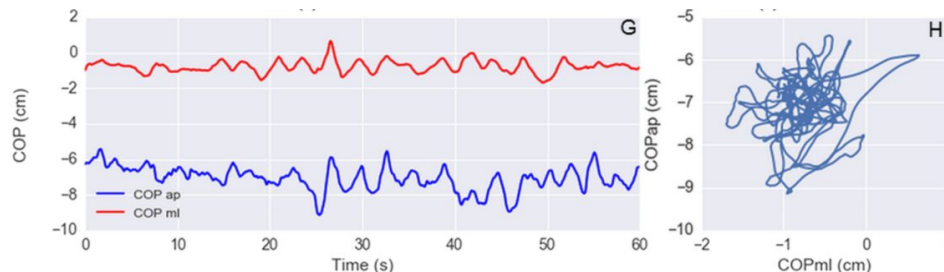
Objetivos

Desenvolver um método baseado em Inteligência Artificial para estimar a frequência mediana do centro de pressão (PF50) a partir de dados individuais dos sujeitos:

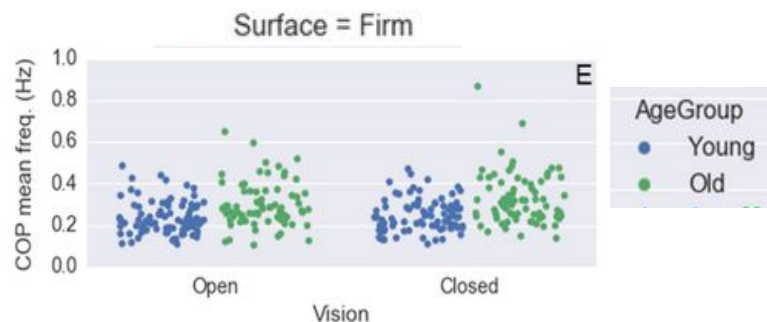
- Calcular o espectro e a frequência mediana do centro de pressão de indivíduos em uma tarefa de controle postural;
- Rede Neural Artificial para classificação multiclasse;
- Método de votação do resultado a partir da combinação de várias redes simples;
- Código aberto.

Metodologia - Base de Dados

- Dois repositórios públicos de avaliação estabilográfica (Santos, Duarte, 2016 e Dos Santos et al., 2017)
 - 212 indivíduos
 - idade: 18 a 85 anos
 - massa corporal: 44 a 126,3 kg
 - altura: 140,0 a 192,0 cm.
- Tarefa de postura ereta quieta durante 60s, em superfície rígida com os olhos fechados.
- Tratamento dos dados



Santos e Duarte, 2016

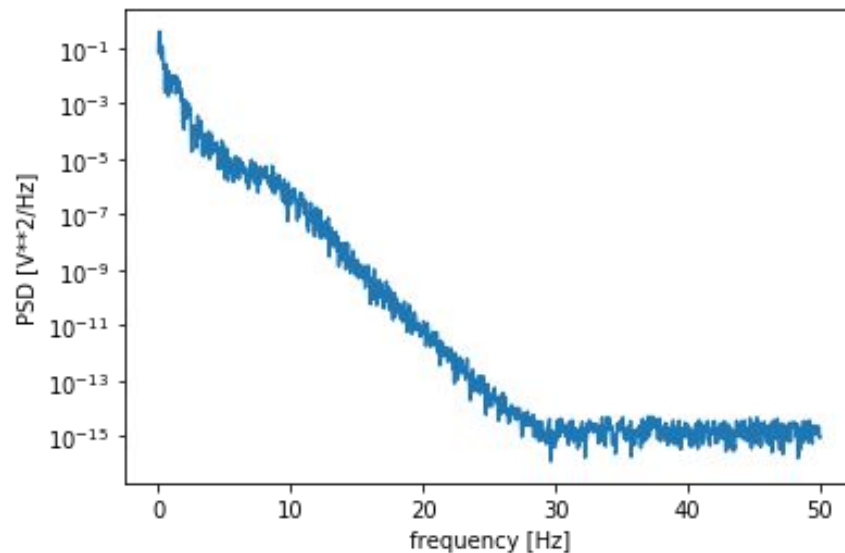


Santos e Duarte, 2016

Metodologia - Espectro do COP

- Periodograma de Welch: estimativa do espectro de potência do COP.
- O índice PF50 representa a frequência mediana do COP.
- A média do PF50 de cada indivíduo foi classificada em 4 grupos baseada nos quartis (Q1, Q2 e Q3) da base de treinamento e validação

Gráfico da Densidade Espectral (log) pela Frequência



Divisão do PF50 em classes

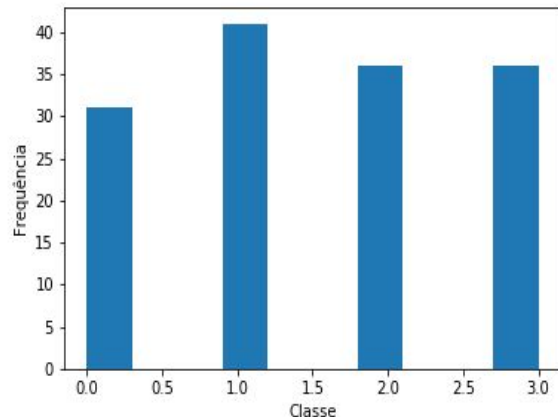
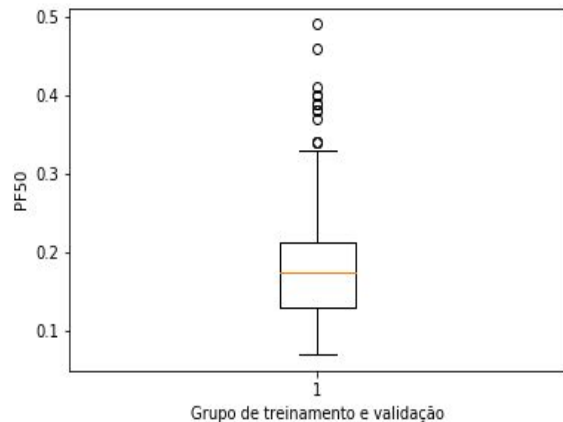
Classificação do PF50 a partir do grupo de desenvolvimento:

Classe 0: $PF50 < 0,13$

Classe 1: $0,13 \leq PF50 < 0,175$

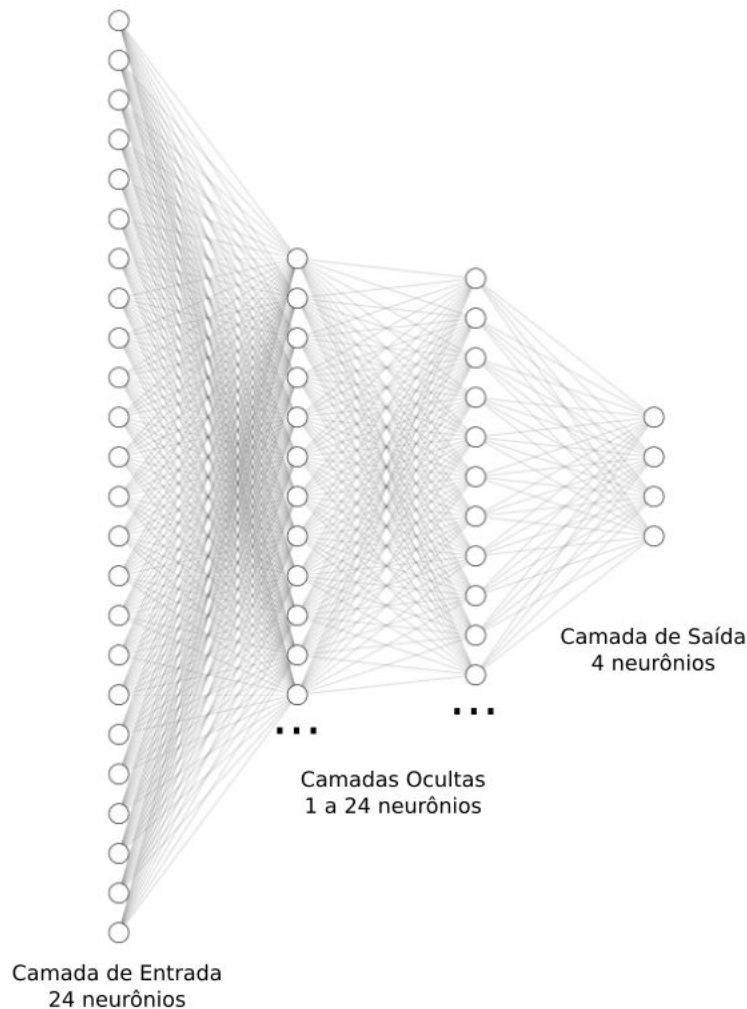
Classe 2: $0,175 \leq PF50 < 0,2125$

Classe 3: $0,2125 \leq PF50$



Metodologia - Modelo de Classificação

- Rede Neural Artificial
- Classificação multiclasse
- Arquitetura de Perceptron de Múltiplas Camadas
- Método de aprendizagem supervisionada
- 4 camadas lineares
- Função de ativação linear retificada (ReLU) nas camadas intermediárias



Características utilizadas

- 'Age': Idade do indivíduo (anos);
- 'AgeGroup': Grupo de Idade (jovem ou idoso);
- 'Gender': Sexo (masculino ou feminino);
- 'Height': Altura (cm);
- 'Weight': Peso (kg);
- 'BMI': Índice de massa corporal (IMC);
- 'FootLen': Tamanho do pé (cm);
- 'Ystudy': Anos de estudo;
- 'Illness': Portador de doenças;
- 'Nmedication': Número de medicações;
- 'Ortho-Prosthesis': Portador de orto-próteses;
- 'Disability': Portador de deficiência;
- 'Falls12m': Número de quedas nos últimos 12 meses;
- 'Angiotensin II receptor antagonist': Uso de antagonistas de receptores de angio-tensina II;
- 'HMG-CoA reductase inhibitor': Uso de inibidor da HMG-CoA redutase;
- 'Synthetic thyroid hormone': Uso de hormônio sintético da tireóide;
- 'Hypercholesterolemia_total': Portador de Hipercolesterolemia;
- 'Hypertension_total': Portador de Hipertensão;
- 'Hypothyroidism_total': Portador de Hipotireoidismo;
- 'Normal Shoes_total': Uso de sapatos normais;
- 'Sandal_FlipFlop_total': Uso de sandália e chinelo;
- 'Dental_total': Uso de prótese dentária;
- 'Corrective_lens': Uso de lentes corretivas;
- 'Hearing_dis_ortho_total': Portador de deficiência ou prótese auditiva.

Metodologia - Treino, Validação e Teste

- Dados do sujeito parado em superfície rígida com os olhos fechados (closed_rigid).
- 207 sujeitos, cada um com 24 características descritas.
- Divisão de grupos:
 - Desenvolvimento: 70%
 - 80% treino e 20% validação (divisão aleatorizada)
 - Teste: 30%
- Normalização com Robust Scaler.
- Tamanhos das camadas ocultas e taxa de aprendizado inicial aleatórios.
- Executado no parque computacional de alta performance da UFABC (HPC/UFABC) no Cluster Titânio.

Metodologia - Treino, Validação e Teste

- Treinamento: ajustes dos pesos, entropia cruzada (Cross Entropy Loss) como função de perda, otimizador Adam.
- Validação a cada 100 passos de treinamento.
- O modelo com melhor acurácia é salvo e testado
- Teste: verificar a capacidade de generalização do modelo.
- Métricas de avaliação:
 - acurácia,
 - perda,
 - correlação
 - matriz de confusão.

Metodologia - Análise e Seleção das Redes

- Leave-8-out: foi retirada uma amostra aleatória de 8 sujeitos do grupo de teste
- Seleção das melhores redes: acurácia do teste retirando-se essa amostra.
- Método de votação: moda dos resultados combinados das redes selecionadas, para cada indivíduo.
- Resultado da votação é a predição final do modelo.
- Comparação aos resultados individuais de cada rede simples

Resultados

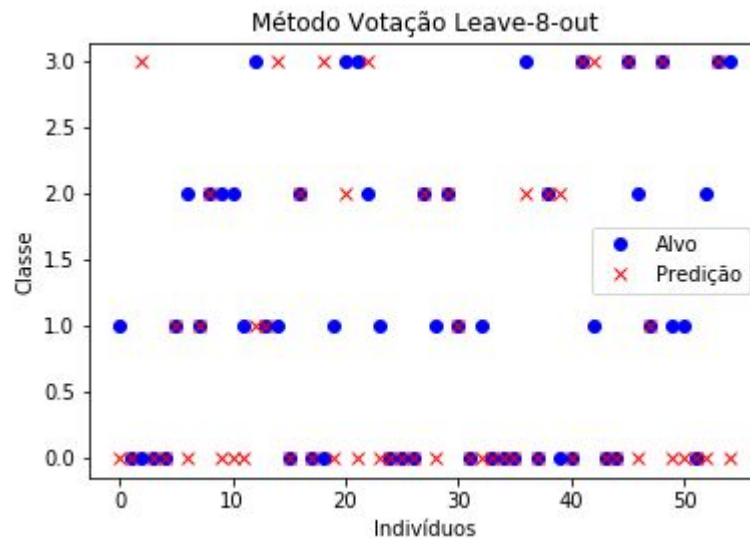
- 47310 diferentes Redes Neurais Artificiais.
- Critério de seleção das melhores redes: acurácia-leave-8-out acima de 45%.

Rede	Tamanho das camadas ocultas	Taxa de aprendizado	Passo melhor modelo	Validação			Teste			Acurácia leave-8-out (%)
				Acurácia (%)	Perda	Correlação R	Acurácia (%)	Perda	Correlação R	
1	[13, 2]	0,079	8100	48	19,34	0,40	46	25,50	0,34	45,45
2	[4, 8]	0,022	7900	51	21,94	0,64	44	39,95	0,46	45,45
3	[3, 7]	0,002	10800	27	65,71	0,11	44	52,06	0,31	45,45
4	[11, 23]	0,031	1400	31	14,95	0,26	46	7,94	0,44	45,45
5	[12, 11]	0,068	1700	34	108,14	0,48	46	53,84	0,33	45,45
6	[12, 18]	0,041	5800	34	24,20	0,25	49	41,71	0,29	47,27
7	[21, 4]	0,034	500	27	4,61	0,36	49	8,42	0,48	45,45
8	[8, 6]	0,061	1400	48	8,40	0,43	46	14,73	0,25	45,45
9	[3, 7]	0,080	400	37	18,29	0,08	46	12,08	0,35	47,27
10	[7, 12]	0,080	100	37	22,60	0,12	46	11,52	0,35	47,27

Resultados - Votação

Leave-8-out

- Predição final é a moda da classificação para cada sujeito dentre todas as 10 redes selecionadas.
- Acurácia-leave-8-out = 56,36%
- 24 erros dentre 55 sujeitos
- Correlação = 0,4409.

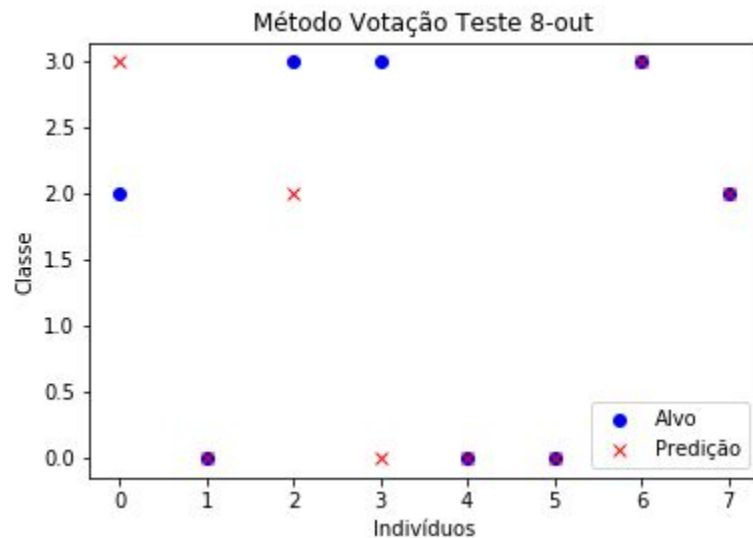


		Classe Predita			
		Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Classe Real	Classe 0	17	0	1	2
	Classe 1	8	5	0	2
	Classe 2	5	0	5	1
	Classe 3	2	1	2	4

Resultados - Votação

Teste em 8-out

- Teste do método de classificação por votação dos 8 sujeitos que haviam sido retirados do grupo de teste,
- Acurácia-8-out = 62,5%
- 3 erros dentre 8 sujeitos
- Correlação = 0,6393.



		Classe Predita			
		Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Classe Real	Classe 0	3	0	0	0
	Classe 1	0	0	0	0
	Classe 2	0	0	1	1
	Classe 3	1	0	1	1

Discussão

- A arquitetura de Rede Neural Artificial utilizada é simples.
- Seleção de apenas 0,02% do total de modelos treinados com desempenho minimamente satisfatório.
- O método de votação proposto conseguiu melhorar a predição final do modelo (acurácia de 56,36%) em comparação às acurácias individuais das redes (média de 46,00%, DP = 0,88).
- O teste classificou a amostra de 8 indivíduos excluídos do processo de seleção com acurácia de 62,5%.
- A aplicação de métodos de Inteligência Artificial para dados de controle postural é uma inovação, sem trabalhos anteriores para comparação.

Discussão

- Limitações:
 - Pouca quantidade de dados disponíveis
 - Distribuição não uniforme dos dados
- Alternativa:
 - Estratificação dos valores contínuos do PF50 em classes
 - Limites de classificação a partir dos quartis
- Perspectivas futuras:
 - Influência de cada característica para a predição;
 - Otimização do modelo e método de votação;
 - Rede Neural Artificial para regressão, com PF50 como resultado.

Discussão

- O código foi disponibilizado em plataforma digital online no GitHub (<https://github.com/priscilaacamine/TG-Biomed>)
- O centro de pressão é um dos parâmetros mais importantes para a pesquisa sobre o equilíbrio e a postura e poderia ser útil no diagnóstico clínico.
- Espera-se que o método de predição da classe da frequência média do COP por votação possa contribuir com o entendimento dessa característica e possivelmente ser aplicado, no futuro, como auxílio diagnóstico de distúrbios associadas a ela ou em sugestões de intervenções e tratamentos.

Referências

Dos Santos Damiana A, Fukuchi Claudiane A, Fukuchi Reginaldo K, Duarte Marcos. A data set with kinematic and ground reaction forces of human balance // PeerJ. 2017. 5. e3626.

Duarte Marcos. Análise estabilográfica da postura ereta humana quasi-estática. 2000.

Haykin Simon. Redes neurais: Principios e prática. 2005. 2nd.

Santos Damiana A, Duarte Marcos. A public data set of human balance evaluations// PeerJ. 2016. 4. e2648.

Semmlow J.L., Griffel B. Biosignal and Medical Image Processing. 2014.

Yamamoto Tomohisa, Smith Charles E, Suzuki Yasuyuki, Kiyono Ken, Tanahashi Takao, Sakoda Saburo, Morasso Pietro, Nomura Taishin. Universal and individual characteristics of postural sway during quiet standing in healthy young adults // Physiological reports. 2015. 3, 3. e12329.

Obrigada!

Priscila Satomi Acamine