

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

THALES RABELO METRE

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SEM FIO DE COMUNICAÇÃO E  
SINALIZAÇÃO TÁTIL PARA AUXÍLIO À NATAÇÃO ADAPTADA, O *VIBERSWIM*.**

Porto Alegre

2016

THALES RABELO METRE

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SEM FIO DE COMUNICAÇÃO E SINALIZAÇÃO TÁTIL PARA AUXÍLIO À NATAÇÃO ADAPTADA, O *VIBERSWIM*.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Thais Russomano, Ph.D.

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Reimann Baptista

Porto Alegre

2016



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

FACULDADE DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SEM FIO DE COMUNICAÇÃO E SINALIZAÇÃO TÁTIL PARA AUXÍLIO À NATAÇÃO ADAPTADA

CANDIDATO: THALES RABELO METRE

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

\_\_\_\_\_  
DRA. THAIS RUSSOMANO - ORIENTADORA

\_\_\_\_\_  
DR. RAFAEL REIMANN BAPTISTA - CO-ORIENTADOR

### BANCA EXAMINADORA

\_\_\_\_\_  
DRA. ALESSANDRA MARIA SCARTON - FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA - FEFID  
- PUCRS

\_\_\_\_\_  
DR. ALEXANDRE ROSA FRANCO - DO PPGEE/FENG - PUCRS

**PUCRS**

Campus Central  
Av. Itália, 830 - Prédio 06 - Sala 103 - CEP: 91210-000  
Tramete (51) 3320.3510 - Fax (51) 3320.0625  
E-mail: engenharia.pg@pucrs.br  
www.pucrs.br/feng

## RESUMO

Esporte adaptado é praticado mundialmente há centenas de anos. Após a Segunda Guerra Mundial, essa prática aumentou sobremaneira em muitas partes do mundo, principalmente para recuperar lesionados em combate e retorná-los ao convívio social normal. O desenvolvimento tecnológico e científico acarreta constantemente mudanças no esporte de alto-rendimento e, conseqüentemente, no esporte amador. A busca pela melhoria da performance é o que motiva o mundo esportivo, então, as longas jornadas de treinamento têm que ser sempre renovadas. Há grande dificuldade de comunicação no ambiente da natação, devido ao ambiente externo ruidoso e do próprio meio aquático. De tal maneira que se buscou encontrar, neste trabalho, uma solução para melhorar a comunicação entre o treinador e para-atletas de natação. Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema de comunicação e sinalização tátil sem fio para utilização entre um treinador e múltiplos para-atletas de natação com deficiência auditiva e/ou visual, o *VIBERSWIM*. O sistema consiste de um módulo transmissor em um display gráfico com interface *touchscreen* (de posse do técnico) e módulos receptores encapsulados e adaptados ao uniforme de treinamento (de posse dos nadadores). Com a utilização de tecnologia de redes sem fio, o transmissor envia comandos ao receptor, de forma codificada e com endereçamento único. Devido a um conjunto de driver de potência e motores *vibracall*, o receptor gera sinais vibratórios ao corpo dos nadadores para-atletas e esses sinais têm significados específicos para a correção das técnicas de nado. O receptor possui baixo consumo, autonomia de 14h, pode trabalhar em ambientes subaquáticos e pode ser adaptado também para emissão de comandos de áudio. O protótipo foi testado e funcionou, conforme as especificações estabelecidas, a mais de 100m, e devido as suas características técnicas inovadoras, este sistema apresenta grande potencial para o auxílio em treinos de natação.

Palavras-chave: esporte adaptado, comunicação sem fio, sinalização tátil.

## ABSTRACT

Adapted sport has been practiced for hundreds of years. After the Second World War, the practice increased all around the world, especially for the recovery of the people who were disabled in the war, to aid rehabilitation back into society. Periodically scientific and technological developments changes elite and amateur sport. Improving the performances is the main reason for continual long and hard training; however, these training sessions can be monotonous, occasionally they need to be renewed in order to motivate the sportspeople. There is a huge communication difficulty in the swimming environment. The aim of this study was the development of a wireless communication system, which allows the haptic signaling between one coach, and many athletes who may be deaf and/or blind. This work has found a solution to overcome these hindrances, the VIBERSWIM. The system is comprised of a transmitter in a graphic touchscreen display, and receivers embedded and fitted to the swimsuit. Using wireless technology, the transmitter sends encoded commands, which has the capability of addressing individual or multiple receivers. A power driver and vibracall motors allows the receiver to transmit haptic signals to the swimmers and those signals have pre-determined specific meanings. The receiver has low energy consumption, 14 autonomy hours, works in aqueous environments and is able to emit audio commands. The prototype was tested and has the capability of transmitting signals over 100 meters. The innovative features of the VIBERSWIM has the potential to, radically, increase the communication between coaches and para-swimmers, in order to elevate the effectiveness of the training sessions.

Keywords: adapted sport, wireless communication, haptic signaling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dinamômetro.....	19
Figura 2 - Vista lateral do sujeito e dispositivo no punho .....	20
Figura 3 - Sistema óptico sem fio inteligente para feedback de nadadores em tempo real. .....	21
Figura 4 - Sistema integrado baseado em processamento de sinais para medir desempenho em natação.....	22
Figura 5 - Tacticon 1600 Multi-channel Electrotactile Communication System .....	23
Figura 6 - Dispositivo tátil CyberGrasp, adaptado à mão de usuário. ....	24
Figura 7 - Ilustração do "cano longo eletrônico" .....	25
Figura 8 - Jaqueta Tátil .....	26
Figura 9 - Aplicação do <i>HugMe</i> .....	26
Figura 10 - Sistema de transmissão simulada de sentimentos .....	27
Figura 11 - Protótipo do Cinto Vibrotátil .....	28
Figura 12 - Luva Tradutora.....	29
Figura 13 - Alfabeto Manual .....	32
Figura 14 - Escrita na palma da mão. ....	33
Figura 15 - Alfabeto Braille (Leitura).....	36
Figura 16 - Tapper avisando o atleta do momento da virada. ....	38
Figura 17 - Competidora da Classe S11, cegos totais. Uso obrigatório de óculos pretos. .....	39
Figura 18 - Elementos de um sistema de comunicação.....	40
Figura 19 - Antena omnidirecional e unidirecional.....	41
Figura 20 – banda estreita e espalhamento de sinal espectral .....	43
Figura 21 - Topologia Estrela .....	44
Figura 22 - Arquitetura Von Neumann.....	46
Figura 23 - Diagrama em blocos do modulo de transmissão e controle – AMTCM.....	51
Figura 24 - Diagrama em blocos do modulo receptor – AMRPM .....	51
Figura 25 - Primeiras versões da case. A da direita permitiu entrada de água, sendo descartada.....	52

Figura 26 - As cases foram imersas por 30 min. ....	53
Figura 27 - Alguns modelos de cases projetadas.....	53
Figura 28 - Selagem da PCE.....	54
Figura 29 - Dispositivo encapsulado e adaptado com elástico à cabeça do atleta.....	54
Figura 30 - Desenho do experimento .....	56
Figura 31 – Tempo de resposta do nadador após a emissão dos comandos. ....	57
Figura 32 - Validação do AMTRAS-ST.....	58
Figura 33 – Log do SW no dia do teste. ....	58
Figura 34 – Log do SW no dia do teste .....	59
Figura 35 - Princípio de funcionamento do sistema de comunicação proposto.....	67
Figura 36 - Fluxograma 1 .....	67
Figura 37 - Diagrama de blocos do Módulo Receptor .....	69
Figura 38 - Fluxograma do desenvolvimento do módulo receptor.....	70
Figura 39 – Desenho da PCI do módulo receptor .....	70
Figura 40 – Vista em 3D da PCI.....	71
Figura 41 – Comparativo dimensional com uma moeda de 1 Real .....	71
Figura 42 – Disposição dos atuadores eletromecânicos e do microcontrolador fixados por uma faixa elástica de neoprene.....	73
Figura 43 – Posição da faixa elástica no tronco de um sujeito.....	74
Figura 44 - Dois pulsos rápidos e <i>delay</i> de 0.5 s – “Respiração 3 x 1” .....	75
Figura 45 - Dois pulsos rápidos e <i>delay</i> de 1 s – Cotovelos mais altos.....	76
Figura 46 - Três pulsos rápidos, com <i>delay</i> de 1.5 s – Aumentar pernada .....	76
Figura 47 - Pulsos incessantes, com <i>delay</i> de 0.1 s – Virada Olímpica.....	77
Figura 48 – Comportamento da tensão da bateria .....	78
Figura 49 - Carregamento de baterias em laboratório.....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo de recordes mundiais de natação, antes e depois dos super-trajes .....	17
Quadro 2 - Classificação das classes da natação adaptada.....	39
Quadro 3 - Comandos enviados no Teste 2.....	56
Quadro 4 – Custos do Receptor.....	63
Quadro 5 – Resultados do consumo da bateria utilizada, a cada 30 minutos.....	76



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AADB American Association of the Deaf-Blind

AeroEngLab - Laboratório de Engenharia Aeroespacial

ALU - Arithmetic Logic Unit

AMTRAS-ST - AudioMessageTRANsmission System – SwimmingTraining

ARToolKit - Augmented Reality Tool Kit

CIF - Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde

CISC - Complex Instruction Set Computer

CPL - Clear Protective Lacquer

dBi - Decibel Isotrópico

EEProm - Electrically EPROM

EProm - Erasable Programmable ROM

FINA - Federação Internacional de Natação

IdC - Índice de Coordenação

IDEs - Integrated Development Environment

IPC - International Paralympic Committee

JTAG - Joint Test Action Group

LARAMARA - Associação Brasileira de Assistência à pessoa com Deficiência Visual

LCD - Liquid Crystal Display

LED - Light Emmiting Diode

LIBRAS - Linguagem Brasileira de Sinais

LR-WPAN - Low-Rate Wireless Personal-Area Network

MAC - Media Access Control

MicroG - Centro de Microgravidade

OMS - Organização Mundial da Saúde

OpenGL - Open Graphic Library

PCI - Placa de Circuito Impresso

PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

RAM - Random Access Memory

RFID - Radio Frequency Identification

RGB - Red, Green, Blue

RISC - Reduced Instruction Set Computer

ROM - Read Only Memory

SMD - Surface-Mounting Device

SMS - Short Message Service

T1600 MECS - Tacticon 1600 Multi-channel Electrotactile Communication System

TCLE - Termo De Consentimento Livre e Esclarecido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3 ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>16</b>
3.1 TECNOLOGIAS APLICADAS À NATAÇÃO.....	16
3.2 TECNOLOGIAS APLICADAS À COMUNICAÇÃO TÁTIL .....	22
<b>4 DEFINIÇÕES .....</b>	<b>30</b>
4.1 DEFICIÊNCIAS .....	30
4.1.3 Deficiência Visual e Auditiva .....	31
4.1.1 Deficiência Visual .....	33
4.1.2 Deficiência Auditiva .....	36
4.1.4 Desporto Adaptado .....	37
4.1.5 Natação Adaptada.....	37
4.2 DEFINIÇÕES DE ENGENHARIA.....	39
4.2.1 Comunicação .....	39
4.2.2 Antena .....	40
4.1.5 Sensores Wireless .....	41
4.1.6 Zigbee .....	43
4.1.7 Bit .....	45
4.1.8 Microcontrolador.....	45
4.1.9 Microcontrolador MSP 430 .....	48
<b>5 VALIDAÇÃO PRÁTICA DO DISPOSITIVO BASE PARA O PRESENTE TRABALHO, O AMTRAS-ST .....</b>	<b>49</b>
5.1 VALIDAÇÃO DO AMTRAS-ST.....	49
5.1.2 Objetivo geral .....	49
5.1.3 Objetivos Específicos .....	49

5.1.4 Delineamento da Pesquisa.....	49
5.1.5 Amostra .....	50
5.1.6 Descrição do AMTRAS-ST.....	50
5.1.7 Melhorias no sistema .....	52
5.1.7 Protocolo de Teste .....	55
5.1.8 Resultados .....	56
<b>6 MATERIAIS UTILIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DO <i>VIBERSWIM</i>.....</b>	<b>60</b>
6.1 SOFTWARES UTILIZADOS.....	60
6.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA .....	61
6.3 COMPONENTES ELETRÔNICOS.....	62
6.4 EQUIPAMENTOS DE BANCADA UTILIZADOS .....	64
<b>7 METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO <i>VIBERSWIM</i>.....</b>	<b>66</b>
7.1 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE ESTÍMULO TÁTIL.....	68
7.2 DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO RECEPTOR.....	68
7.3 TESTE DE COMUNICAÇÃO E ESTÍMULO TÁTIL .....	72
7.4 INTEGRAÇÃO DO SISTEMA.....	72
<b>8 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>9 CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
9.1 TRABALHOS FUTUROS .....	82
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O esporte e a prática de atividade física acompanham a evolução do homem. Benfica (2012) diz que considerando as características pessoais, sociais e ambientais de cada indivíduo, o Esporte Moderno se baseia em níveis de competição igualitária e busca a inovação tecnológica. Tanto os atletas como qualquer indivíduo que esteja ligado às práticas desportivas serão beneficiados nos aspectos relacionados à integração social, à saúde e às oportunidades do mercado de trabalho.

Apoiado no panorama amplo e abrangente que o esporte tem na sociedade, surge o Esporte Adaptado, base da motivação deste estudo.

O esporte para pessoas com deficiência física possibilita o alcance de diferentes perspectivas de vida, novas vivências sociais, psicológicas e motoras. É uma prática composta por adaptações proporcionais às limitações e capacidades do indivíduo (CASTRO, 2005). Adams et al. (1985) afirmam que com o objetivo de reintegrar socialmente os feridos em combate na época das Grandes Guerras, a prática esportiva adaptada se difundiu muito no início do século XX.

O desenvolvimento da ciência e tecnologia trouxe para o esporte avanços importantes. Cientistas por todo o mundo vêm concentrando seus esforços nas ciências aplicadas ao desporto. Equipes multidisciplinares são formadas com médicos, fisioterapeutas, bioquímicos, nutricionistas, psicólogos, massagistas, estrategistas e engenheiros, para dar suporte ao treinamento e à competição (RIDE et al., 2013).

Atletas têm à sua disposição diversos equipamentos acessórios que lhes ajudam em suas rotinas, sendo os mais comuns: relógios esportivos, medidores de cadência e força, monitores cardíacos, rádios, *smartphones* (POSLAD, 2009). Para que as ferramentas tecnológicas cheguem ao usuário final com praticidade, estudos são realizados a partir das demandas apresentadas por atletas e treinadores. É nesse contexto de união entre conhecimento prático e científico que se apresenta a presente dissertação de mestrado.

A comunicação entre treinador e atleta é fator decisivo para treinamento e competição. Diversas instruções, comandos e práticas são repetidas exaustivamente na

preparação para as disputas. Dia após dia, a interação é aperfeiçoada de tal forma que se torna específica para cada atleta (KRISTIANSEN et al., 2012).

Há diversas formas de comunicação entre integrantes de uma equipe esportiva quando a distância é uma barreira a ser vencida. O mais comum e difundido é, sem sombras de dúvida, o diálogo. Um exemplo conhecido, de grande relevância, aceito pelas regras da modalidade e representante do avanço tecnológico nos esportes é a comunicação via rádio no automobilismo (GROOTE, 2005).

Verificou-se, entretanto, a ausência de sistemas que permitissem a comunicação na modalidade natação, fato que motivou o Laboratório de Engenharia Aeroespacial (AeroEngLab), do Centro de Microgravidade (MicroG), da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), a desenvolver entre 2013 e 2015, com financiamento do CNPq, o AMTRAS-ST (*AudioMessageTRANsmission System – SwimmingTraining*), apresentado como dissertação de mestrado pelo engenheiro Eloy Vicente de La Barra Velasquez, em 27 de março de 2015.

O AMTRAS-ST possui uma solução em *ZigBee* para comunicação sem fio. É um sistema composto por um transmissor – que fica de posse do treinador – e um receptor, adaptado na touca do atleta de natação. Através de mensagens preestabelecidas, correções e incentivos são passados ao nadador em tempo real durante sua sessão de treinamento.

Dando continuidade aos trabalhos do MicroG, visando a preencher a lacuna existente em sistemas de comunicação em natação e a cooperar com uma maior inserção no âmbito do esporte de pessoas com deficiência visual e/ou auditiva, propõe-se o desenvolvimento de um sistema de comunicação e sinalização tátil, sem fio, entre um treinador e múltiplos para-atletas de natação. Ter-se-á um *upgrade* na tecnologia AMTRAS-ST e buscar-se-á atender aos objetivos propostos com baixo custo e consumo de energia, promovendo uma comunicação em tempo real *soft-deadline*, sendo o sistema de fácil adaptabilidade, versátil e com conforto ao usuário final.

## 9 CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo desenvolver um sistema de comunicação e sinalização tátil sem fio para utilização entre um treinador e múltiplos para-atletas com deficiência auditiva e/ou visual, denominado *VIBERSWIM*. Inicialmente pensado para ser utilizado no treinamento de natação, o equipamento não se limita apenas a esta modalidade. Um processo de vedação e impermeabilização permite que o equipamento trabalhe submerso. Uma faixa de neoprene faz a fixação junto ao corpo do nadador.

Um sistema de estímulo tátil foi desenvolvido com a utilização de um atuador eletromecânico (motor CC com massa excêntrica acoplada ao eixo *vibracall*) que permitiu estimular de forma tátil.

Os objetivos inicialmente propostos foram totalmente atingidos. Foi realizada a validação do sistema de comunicação AMTRAS-ST para que se mostrasse a garantisse o bom funcionamento do sistema. Acrescentou-se uma funcionalidade inédita ao sistema de modo a permitir sua utilização com atletas que possuam deficiência visual e/ou auditiva. Tal implementação reveste-se de grande relevância e abrangência, visto que esse público não é beneficiado, ainda, com um sistema de comunicação tradicional baseado em voz e/ou sinais.

Adotou-se a utilização de dois atuadores eletromecânicos fixados abaixo das axilas dos nadadores. Um processo de sinalização foi desenvolvido de modo que cada comando enviado pelo treinador possa ser compreendido e tenha significância útil no treinamento. Estímulos vibratórios unilaterais ou concomitantes são utilizados para sinalizar correções técnicas como alinhamento de trajetória do nado, ou para informar o momento da realização da virada olímpica ou da chegada, por exemplo. O sistema é aberto de modo a permitir a construção de novos comandos, conforme a necessidade de treinadores e para-atletas.

Um sistema de comunicação sem fio foi implementado e testado. O consumo de energia do receptor mostrou-se baixo, garantindo com grande margem de segurança a utilização do sistema em uma sessão de treinamento de natação, que dura aproximadamente duas horas.

## 9.1 TRABALHOS FUTUROS

O presente projeto é de grande relevância e impressionou positivamente os professores orientadores e os integrantes da banca. Para que seja atingido o mercado, se faz necessário mais alguns testes comprobatórios e alguns comparativos, antes que a engenharia de produto possa atuar em uma versão mais “estética” do equipamento.

Com as valiosas sugestões e colaborações dos doutores membros da banca de avaliação, enumera-se próximos passos em decorrência do estudo até aqui apresentado:

- 1- Testar o VIBERSWIM em ambiente aquático.
- 2- Testar o VIBERSWIM com uma amostra expressiva de atletas.
- 3- Testar o VIBERSWIM com uma amostra expressiva de para-atletas.
- 4- Testar comparativamente o AMTRAS-ST e o VIBERSWIM, verificando as capacidades de cada um que possam servir concomitantemente a ambos universos.

Como evolução do atual projeto, pensou-se na possibilidade de acrescentar um conjunto maior de atuadores eletromecânicos, bem como a elaboração de uma linguagem própria para a construção de sinais.

O sistema necessita de testes com diferentes atletas, de modo a ajustar o estímulo tátil (intensidade do sinal) à distintos níveis de sensibilidade, possibilitando, assim, que os nadadores percebam e compreendam os diferentes comandos.



## REFERÊNCIAS

- ESTADOS UNIDOS. How do Deaf-Blind People Communicate? (2009). **American Association of the Deaf-Blind**, Estados Unidos, 11 fev. 2009. Disponível em: <[http://www.aadb.org/factsheets/db\\_communications.html](http://www.aadb.org/factsheets/db_communications.html)>. Acesso em: 03 nov. 2015.
- ABASI, S. et al. Construction of drag force measuring system to characterize the hydrodynamics properties of swimsuit fabrics. **Journal of Industrial Textiles**. [London], v. 43, p. 264-280. 2013.
- ADAMS, R. C. et al. **Jogos, esportes e exercícios para o deficiente físico**. São Paulo: Manole, 1985.
- ALMEIDA, J.J.G. ; CONDE, A. J. M. . **Metodologia aplicada ao deficiente visual. Caderno texto do curso de capacitação de professores multiplicadores em Educação Física Adaptada** Brasília: MEC/SEESP, 2002.
- BANNATYNE, R.; VIOT, G. Introduction to microcontrollers - Part 2. Northcon/98 Conference Proceedings, 1998. 21-23 Oct 1998. p.250-254.
- BARBOSA, T. M. et al. Effects of Protocol Step Length on Biomechanical Measures in Swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 2, p. 211-218, Mar 2015a.
- BARBOSA, T. M. et al. Hydrodynamic profile of young swimmers: Changes over a competitive season. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 25, n. 2, p. e184-e196, Apr 2015b.
- BAUTISTA, R. . **Necessidades Educativas Especiais**. 1ª ed. Lisboa: Dinalivro, 1997.
- BEANLAND, E. et al. Validation of GPS and accelerometer technology in swimming. **J. Sci. Med. Sport**, v. 17, n. 2, p. 234-238, 2014.
- BENFICA, Dallila Tamara. **Esporte Paralímpico: Analisando suas contribuições nas (re)significações do atleta com deficiência**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- BIDEAULT, Gautier; HERAULT, Romain; SEIFERT, Ludovic. Data modelling reveals inter-individual variability of front crawl swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 16, n. 3, p. 281-285, May 2013.
- BISOL, C.A.; VALENTINI, C.B. . **O Alfabeto manual. Objeto de Aprendizagem Incluir. uUCS/FAPERGS**, 2011.

BRAMMER, C.; STAGER, J. Swimsuit Constraints Favor Women at the 2012 Olympic Swim Competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 5, p. 406-406, May 2013.

Brasília, DF. Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei no 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras, e o art. 18 da Lei no 10.098, de 19 de dezembro de 2000. (2004). **Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos**, BRASIL. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm#art4ii](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm#art4ii)>. Acesso em: 26 jun. 2015.

CASTRO, Eliane Mauerberg de. **Atividade Física Adaptada**. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2005.

CAVALCANTE, Aparecida Maria Maia. Educação visual: atuação na pré-escola. **Revista Benjamin Constant**, v. 1, 1995.

CHOLLET, D.; CHALIES, S.; CHATARD, J. C. A new index of coordination for the crawl: Description and usefulness. **International Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 1, p. 54-59, Jan 2000.

CHOUDHARY, T.; KULKARNI, S.; REDDY, P. A Braille-based mobile communication and translation glove for deaf-blind people. Pervasive Computing (ICPC), 2015 International Conference on, 2015. 8-10 Jan. 2015. p.1-4.

CONCEPTS, Linux Kernel. ARM ARCHITECTURE. 2014. Disponível em: <<http://learnlinuxconcepts.blogspot.com.br/2014/06/arm-architecture.html>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

CONFEEF. **CONSÓRCIO APRESENTA O MAIOR PANORAMA SOBRE O SETOR DE ATIVIDADE FÍSICA NO PAÍS**. 2004. Disponível em: <<http://www.confef.org.br/extra/revistaef/show.asp?id=3513>>. Acesso em: 25 Fev 2015.

CORREIA, L. M. . **Inclusão e Necessidades Educativas Especiais. Um guia para Educadores e Professores**. 2ª ed. Porto: Porto Editora, 2008.

DE MAGALHAES, F. A. et al. Wearable inertial sensors in swimming motion analysis: a systematic review. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 7, p. 732-745, Apr 2015.

ELAHI, Ata; GSCHWENDER, Adam. **ZigBee Wireless Sensor and Control Network**. Pearson Education, 2009. 288 p.

EPSTEIN, David. Are athletes really getting faster, better, stronger? , p. Speech, 2012. Disponível em: <

[https://www.ted.com/talks/david\\_epstein\\_are\\_athletes\\_really\\_getting\\_faster\\_better\\_stronger](https://www.ted.com/talks/david_epstein_are_athletes_really_getting_faster_better_stronger) >. Acesso em: 19/may/2015.

Recordes Mundiais de Natação da Federação Internacional de Natação. (2015). Disponível em: Acesso em

FLORES, G. et al. Vibrotactile Guidance for Wayfinding of Blind Walkers. **Haptics, IEEE Transactions on**, v. 8, n. 3, p. 306-317, 2015.

GASPARETTO, Maria Elisabete R. Freire et al. Visão subnormal: orientações ao professor do ensino regular. **Arquivo Brasileiro de Oftalmologia**, v. 64, n. 1, p. 45-51 2001.

GROOTE, Steven De. Car communication systems. 2005. Disponível em: < <http://www.f1technical.net/features/1230> >. Acesso em: 29 out 2015.

HAGEM, R. M. et al. Optical wireless link budget calculations for real time swimmers feedback. Computer and Communication Engineering (ICCCE), 2012 International Conference on, 2012. 3-5 July 2012. p.180-184.

HAYKIN, Simon; MOHER, Michael. **Sistemas de Comunicação**. 5ª ed. Bookman Editora, 2011. 512 p.

IPC, International Paralympic Committee. Swimming Classification. Bonn, Germany 2015. Disponível em: < <http://www.paralympic.org/swimming/classification> >. Acesso em: 29 jun. 2015.

JIANHUA, Sun et al. A Virtualized Harvard Architectural Approach to Protect Kernel Code. Education Technology and Computer Science, 2009. ETCS '09. First International Workshop on, 2009. 7-8 March 2009. p.1020-1024.

JINGYING, Chen; HOLBEIN, M.; ZELEK, J. S. Intro to haptic communications for high school students. Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006. Proceedings 2006 IEEE International Conference on, 2006. 15-19 May 2006. p.733-738.

JONES, Ben; DAT, Marco; COOPER, Chris E. Underwater near-infrared spectroscopy measurements of muscle oxygenation: laboratory validation and preliminary observations in swimmers and triathletes. **Journal of Biomedical Optics**, v. 19, n. 12, Dec 2014.

JONGEUN, Cha et al. HugMe: An interpersonal haptic communication system. Haptic Audio visual Environments and Games, 2008. HAVE 2008. IEEE International Workshop on, 2008. 18-19 Oct. 2008. p.99-102.

KARENDUCEY. 2015. Disponível em: < <http://karenducey.com/photo-stories/seattles-deaf-blind-community/Deaf-Blind-16T-hand> >. Acesso em: 03 nov. 2015.

KLATZKY, R. L.; LEDERMAN., S. J. "Touch", in **Experimental Psychology**. New York: Wiley, 2003.

KRISTIANSEN, E. et al. Coaching communication issues with elite female athletes: Two Norwegian case studies. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 22, n. 6, p. e156-e167, Dec 2012.

LARAMARA. Definições da Associação Brasileira de Assistência à Pessoa com Deficiência Visual. (2015a). **Associação Brasileira de Assistência à Pessoa com Deficiência Visual**, São Paulo SP, 25 mai. 1999. Disponível em: <<http://laramara.org.br/deficiencia-visual/definicoes>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

Tecnologia Assistiva. (2015b). **Associação Brasileira de Assistência à Pessoa com Deficiência Visual**, São Paulo, SP, 25 mai. 1999. Disponível em: <<http://laramara.org.br/tecnologia-assistiva>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

LARKIN, Damien. SwimGuard monitoring system for open-water swimming, **1st Australian Conference on the Applications of Systems Engineering ACASE'12**, 2012.

LE SAGE, Tanya et al. Development of a real time system for monitoring of swimming performance. **Procedia Engineering**, v. 2, n. 2, p. 2707-2712, 6// 2010a.

\_\_\_\_\_. Development of a real time system for monitoring of swimming performance. **Engineering of Sport 8: Engineering Emotion - 8th Conference of the International Sports Engineering Association (Isea)**, v. 2, n. 2, p. 2707-2712, 2010 2010b.

LEE, J. B. et al. Inertial sensor, 3D and 2D assessment of stroke phases in freestyle swimming. **5th Asia-Pacific Congress on Sports Technology (Apcst)**, v. 13, p. 148-153, 2011.

MAGLISCHO, Ernest W. **Nadando ainda mais rápido [documento eletrônico]**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2010.

MASINI, Elcie F. Salzano. **O Perceber e o Relacionar-se do Deficiente Visual**. Brasília: Corde, 1994.

MEC, Ministério da Educação. **Atendimento Educacional Especializado: Deficiência Visual**. Brasília: SEESP/ SEED/ MEC, 2007. 57 p.

MIAO, Bin. A study on decoupling Von Neumann architecture from rasterization in neural networks - Retracted. **Electronics, Computer and Applications**, 2014 IEEE Workshop on, 2014. 8-9 May 2014. p.307-309.

MINGXIN, Gong et al. Research and development of swimming training information system based on ZigBee technology. **Systems and Informatics (ICSAI), 2012 International Conference on**. brasilia, p. 966-970. 2012.

MOBILEMARK. Antenna Terminology Defined. Itasca, EUA, 2015. Disponível em: < <http://www.mobilemark.com/engineering/antenna-terminology-defined/> >. Acesso em: 10 nov. 2015.

MURAYAMA, S. et al. Two cases of keratosis follicularis squamosa (Dohi) caused by swimsuit friction. **European Journal of Dermatology**, v. 23, n. 2, p. 230-232, Mar-Apr 2013.

MURDOCCA, Miles J; HEURING, Vincent P. **Introdução à arquitetura de computadores**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001. 512 p.

MYKLEBUST, Helmer R. . **Psicologia del sordo**. Magisterio Español 1975.

NAIR, R. Evolution of Memory Architecture. **Proceedings of the IEEE**, v. 103, n. 8, p. 1331-1345, 2015.

NEWS, Las Cruces. Blind swimmer learns her strokes; will compete in 2012 Paralympic Games. 2015. Disponível em: < [http://www.lcsun-news.com/las-cruces-news/ci\\_20980453/blind-swimmer-learns-her-strokes-will-compete-2012](http://www.lcsun-news.com/las-cruces-news/ci_20980453/blind-swimmer-learns-her-strokes-will-compete-2012) >. Acesso em: 29 jun. 2015.

NEWSRONDONIA. 24 DE ABRIL DIA NACIONAL DA LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - LIBRAS. Porto Velho, 2015. Disponível em: < <http://www.newsrondonia.com.br/noticias/24+de+abril+dia+nacional+da+lingua+brasileira+de+sinaisl+libras/55929> >. Acesso em: 03 nov. 2015.

NICOLOSI, Denys Emílio Campion. **Microcontrolador 8051: detalhado**. 8ª ed. Érica, 2002. 277 p.

NIELSEN, L. B. . **Necessidades Educativas na Sala de Aula. Um Guia para Professores**. Porto: Porto Editora, 2003.

OBRETENOVA, S. et al. Neuroplasticity associated with tactile language communication in a deaf-blind subject. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 3, Jan 2010.

SUIÇA. Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde. (2004). **Organização Mundial da Saúde**, Lisboa, 2004. Disponível em: <[http://www.inr.pt/uploads/docs/cif/CIF\\_port\\_%202004.pdf](http://www.inr.pt/uploads/docs/cif/CIF_port_%202004.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2015.

OOCITIES.ORG. Spread Spectrum: basic concepts. 2015. Disponível em: < <http://www.oocities.org/clotfy/cdma/Ctheory1.htm> >. Acesso em: 10 nov. 2015.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores MSP430: teoria e prática**. Érica, 2005. 414 p.

POSLAD, Stefan. **Ubiquitous Computing: smart device, environment, and interactions**. Londres: Wiley, 2009. 442 p.

QUORA. How does the Von Neumann architecture provide flexibility for program development? , 2014. Disponível em: < <https://www.quora.com/How-does-the-Von-Neumann-architecture-provide-flexibility-for-program-development> >. Acesso em: 11 nov. 2015.

RAHMAN, A. S. M. M.; HOSSAIN, S. K. A.; SADDIK, A. E. Bridging the Gap between Virtual and Real World by Bringing an Interpersonal Haptic Communication System in Second Life. Multimedia (ISM), 2010 IEEE International Symposium on, 2010. 13-15 Dec. 2010. p.228-235.

RAMIREZ, A. R. G. et al. Evaluation of Electronic Haptic Device for Blind and Visually Impaired People: A Case Study. **Journal of Medical and Biological Engineering**, v. 32, n. 6, p. 423-427, 2012.

RIDE, Jason et al. A Sports Technology Needs Assessment for Performance Monitoring in Swimming. **Procedia Engineering**, v. 60, n. 0, p. 442-447, // 2013.

SEIFERT, L. et al. Coordination Pattern Variability Provides Functional Adaptations to Constraints in Swimming Performance. **Sports Medicine**, v. 44, n. 10, p. 1333-1345, Oct 2014.

SIEMENS, Siemens Hearing Instrument. **Fonator Product Brochure**. Union, New Jersey: Siemens Hearing Instruments, 1987.

SWIMMING, Paralympic. Paralympic Swimming. 2015. Disponível em: < [http://sutcliffed.jalbum.net/London%202012/Paralympic%20Swimming/index.html#ParalympicSwimming\\_0015\\_20120831\\_IMG\\_2989.jpg](http://sutcliffed.jalbum.net/London%202012/Paralympic%20Swimming/index.html#ParalympicSwimming_0015_20120831_IMG_2989.jpg) >. Acesso em: 29 jun. 2015.

SZETO, A. Y. J.; CHRISTENSEN, K. M. Technological devices for deaf-blind children: needs and potential impact. **Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE**, v. 7, n. 3, p. 25-29, 1988.

SZETO, A. Y. J.; SAUNDERS, F. A. ELECTROCUTANEOUS STIMULATION FOR SENSORY COMMUNICATION IN REHABILITATION ENGINEERING. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 29, n. 4, p. 300-308, 1982 1982.

TANENBAUM, Andrew S.; AUSTIN, Todd. **Organização estruturada de computadores**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2013. 584 p.

TOR, E.; PEASE, D. L.; BALL, K. A. How Does Drag Affect the Underwater Phase of a Swimming Start? **Journal of Applied Biomechanics**, v. 31, n. 1, p. 8-12, Feb 2015.

TZOVARAS, D. et al. Design and implementation of haptic virtual environments for the training of the visually impaired. **Ieee Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 12, n. 2, p. 266-278, Jun 2004.

VELASQUEZ, Eloy Vicente de La Barra. **Desenvolvimento de um sistema de comunicação sem fio para auxílio em treinamento de natação**. 2015. 98 f f. (Dissertação de Mestrado) - Centro de Microgravidade Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

WEBB, A. P. et al. The effect of swimsuit resistance on freestyle swimming race time. **Engineering of Sport 10**, v. 72, p. 709-714, 2014.

WINNICK, Joseph P. **Adapted Physical Education and Sport**. 5ª ed. Champaign, IL: Editora Human Kinetics, 2011.

ZHANG, Yaoxue; ZHOU, Yuezhi. Transparent computing: Spatio-temporal extension on von Neumann architecture for cloud services. **Tsinghua Science and Technology**, v. 18, n. 1, p. 10-21, 2013.

ZHAO, Y. M.; WANG, L. Competitiveness Analysis of the Swimsuit Industry Cluster in Xingcheng. **2013 Asian Conference on the Social Sciences (Acss 2013), Pt 2**, v. 4, p. 106-111, 2013.

## APÊNDICE 1

**COMISSÃO CIENTÍFICA E DE ÉTICA****FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E CIÊNCIAS DO DESPORTO DA  
PUCRS**

---

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

**Título: Validação de um sistema de comunicação sem fio para auxílio em treinamento de natação**

Eu, ....., carteira de identidade ....., estou sendo convidado a participar do estudo denominado "Validação de um sistema de comunicação sem fio para auxílio em treinamento de natação", cujo objetivo é validar o equipamento desenvolvido pelo Centro de Microgravidade (MicroG), o AMTRAS-ST (AudioMessageTRANsmission System – SwimmingTraining).

A minha participação no referido estudo será no sentido de executar uma prática de natação, utilizando ou não o equipamento.

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Thais Russomano, Rafael Reimann Baptista, Júlio César Marques de Lima, André Luiz Estrela, Eloy Vicente de La Barra Velasquez e Thales Rabelo Metre. Sendo que a qualquer momento posso telefonar para o último, através do número 51-81478687.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas conseqüências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação

Caso tiver novas perguntas, posso chamar Rafael Reimann Baptista, no telefone 51-99996331. Para qualquer pergunta sobre os meus direitos, ou se penso que fui prejudicado por esta autorização, posso entrar em contato com o CEP-PUCRS (Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS), situado à Av. Ipiranga 6681, Prédio 40 – Sala 505 e telefone 3320-3345, para qualquer esclarecimento. O Comitê funciona de segunda à sexta-feira das 08h30min até às 12h e das 13h30min às 17h.