



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.  
ISBN 85-7515-371-4

## **PROJETO MULTIDISCIPLINAR NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E MECÂNICA – PRÓTESE DE UMA MÃO ELETROMECAÂNICA COM CONTROLE MIOELÉTRICO.**

**MSc. Arlindo Garcia Filho** – arlindo@facens.br

**MSc. Arthur Vieira Neto** – arthur@facens.br

**MSc. Joel Rocha Pinto** – joel@facens.br

**Ricardo Antunes Camargo** – ricardo@facens.br

**Sidney José Montebeller** – sidney@facens.br

**Thales Prini Franchi** – prini@facens.br

Faculdade de Engenharia de Sorocaba

Rod. Sen. José Ermírio de Moraes, km 1.5, nº1425

CEP. 18087-125 – Sorocaba – S.P.

**Resumo:** *O trabalho apresenta uma forma de desenvolvimento de competências e habilidades através da realização de projeto. No presente caso trata-se do desenvolvimento do projeto de uma prótese de mão de acionamento eletromecânico com controle mio-elétrico. São descritas as diversas fases do projeto, bem como o envolvimento de alunos e professores da Engenharia Elétrica e da Engenharia Mecânica. Trata-se de um projeto com relevante aspecto social, por possibilitar a construção de um protótipo de uma prótese de mão de baixo custo. Contribui também para o desenvolvimento da cidadania nos futuros engenheiros.*

**Palavras-chave:** *projeto multidisciplinar, engenharia elétrica, engenharia mecânica automação.*

### **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais, o Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade. Na formação do futuro engenheiros devem existir atividades que permitam o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes, presentes no perfil de um profissional que atenda essas demandas. Essa formação tem por objetivo dotar o profissional, dentre outras, das seguintes competências e habilidades específicas:

Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos.  
Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia.  
Identificar, formular e resolver problemas de engenharia.  
Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas.  
Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas.  
Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica.  
Atuar em equipes multidisciplinares.  
Compreender e aplicar a ética e responsabilidades profissionais.  
Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia.

Com o objetivo de desenvolver essas competências e habilidades elaborou-se esse projeto através da formação de grupos de estudos multidisciplinares, possibilitando um aumento do número de alunos e professores atuando nas áreas de desenvolvimento e pesquisa.

## **2. ORIGEM DO TEMA DO PROJETO**

A Escola foi procurada por um Portador de Necessidades Especiais que utiliza uma prótese de mão mioelétrica importada da Alemanha e que encontrava dificuldades na reposição da bateria de sua prótese, em função do seu alto custo. Essa dificuldade foi repassada ao Laboratório de Engenharia Elétrica que com o auxílio de professores e alunos estagiários desenvolveram um novo sistema de alimentação para o acionamento da prótese. Sistema mais simples, mais econômico e mais eficaz do que o original. O custo do sistema foi reduzido em aproximadamente quinze vezes, em relação ao sistema importado.

O desenvolvimento de próteses em países do primeiro mundo cresce rapidamente .As próteses externas como de mãos, braços ou pernas, que inicialmente tinham função apenas estética, e que hoje já permitem movimentos proporcionados, por exemplo, por impulsos elétricos provenientes dos músculos da parte do corpo que se liga à prótese. Essas próteses também podem ser encontradas no Brasil, sendo que sua maior parte é importada dos países do primeiro mundo. Talvez o desenvolvimento das próteses no Brasil em relação aos países de primeiro mundo esteja relacionado ao fato de que no Brasil não ocorreram as grandes guerras, mas em contra partida, aqui, as causas de amputação de mãos são os acidentes de trabalho em indústrias e as quedas de motocicletas.

Diante desse cenário, formou-se um grupo com seis professores, um técnico especialista na área de próteses, cinco alunos do curso de Engenharia Elétrica e cinco alunos do curso de Engenharia Mecânica, com o objetivo de projetar uma prótese de mão física com movimentos simples.

## **3. DEFINIÇÕES DO PROJETO**

Após pesquisas bibliográficas e consultas a profissionais ligados ao ramo de próteses, chegou-se ao seguinte definição para o projeto:

A prótese consistirá basicamente de uma pinça cujo movimento de abrir e fechar simula o movimento da mão em relação aos dedos polegar, indicador e o médio. O movimento de abrir e fechar serão controlados pelo usuário por sinais mioelétricos (contração e distensão dos músculos do antebraço) que determinarão o grau de abertura. Essa pinça mecânica será acionada por um conjunto de engrenagens pequenas de alta redução acoplada a um pequeno motor elétrico de corrente contínua de alto torque mecânico. Um sistema microcontrolado limitará a força exercida pela pinça durante o fechamento. Isso se faz necessário quando, por exemplo, o usuário precisa segurar um copo de vidro fino e frágil sem danificá-lo ou manipula objetos pequenos que podem ser danificados pela força excessiva de pinçamento.

O movimento dos dedos da prótese será proporcionado por estímulos mioelétricos, ou seja, estímulos elétricos gerados quando o músculo se contrai. A ênfase do projeto eletrônico consistirá no estudo e avaliação de técnicas de processamento de sinais mioelétricos, originado da contração da musculatura do usuário, que é captado por dois eletrodos externos colocados em sentidos opostos no antebraço. Diante desse estudo será desenvolvido um sistema eletrônico para adquirir o sinal mioelétrico através de eletrodos que também serão desenvolvidos pela equipe de trabalho e assim efetuar o controle do motor de corrente contínua para acionar as pinças da prótese.

#### 4. ETAPAS DO PROJETO

Para o desenvolvimento do projeto foram previstas as seguintes atividades:

- a) Estudo, análise e definição das especificações mecânicas, elétricas e de controle e acionamento;
- b) Definição da equipe, bem como seleção de alunos para atuarem no desenvolvimento dos trabalhos;
- c) Capacitação na utilização da ferramenta computacional 3D-SolidWorks;
- d) Design e projeto das partes mecânicas utilizando ferramenta computacional 3D-SolidWorks;
- e) Estudo e avaliação de técnicas de processamento de sinais mioelétricos;
- f) Desenvolvimento do sistema eletrônico de controle;
- g) Montagem mecânica e testes iniciais;
- h) Ensaios de validação interna do protótipo;
- i) Implementação de correções;
- j) Validação do projeto.

Optou-se por realizar seleção de alunos interessados em trabalhar no projeto. Percebeu-se grande interesse dos alunos em participar da equipe. Dos motivos apresentados pode-se destacar: oportunidade de conhecer novas ferramentas e técnicas, oportunidade de identificar, formular e resolver problemas, oportunidade de atuar em equipes multidisciplinares, oportunidade de avaliar a viabilidade econômica de projetos.

Através de processo simples que constituiu de entrevistas com os professores da equipe e análise curricular dos alunos, foram selecionados cinco alunos do segundo ano do curso de Engenharia Mecânica, dois alunos do quarto ano do curso de Engenharia Elétrica e três alunos do segundo ano do curso de Engenharia Elétrica.

Um professor da equipe ficou responsável pela parte mecânica, quatro professores ficaram responsáveis pela parte elétrica e do sistema eletrônico de controle. A coordenação dos trabalhos coube a um professor da Área Elétrica.

Cada um dos professores da equipe tinha como objetivo educacional o desenvolvimento das competências, habilidades e atitudes que devem estar presentes na formação do Engenheiro.

A Capacitação na utilização da ferramenta de software 3D-SolidWorks foi ministrada por um aluno estagiário do curso de Engenharia Mecânica com uma carga horária de 32 horas. O conteúdo básico ministrado para dez alunos do curso de Engenharia Mecânica foi composto de:

Introdução ao Software; Interface; Unidades; Menus; Opções mais importantes; Atalhos; Ajuda .

Features Básicos; Sketch; Extrude; Revolve; Planos Axis; Draft; Fillet; Chamfer; Padrões de Repetição.

Montagem Básica; Tipos de Referência; Adicionando componentes; Análise de interferência; Simulações; Criação de Vistas Expositivas Ferramenta e Drawings.  
Parametrização de Peças; Tabelas; Configurações.  
Desenho de detalhes; Inserção de vistas; Inserção de cotas automáticas; Vista de corte; Vista de detalhe; Inserção de notas.

## 5. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

### 5.1 Hardware Mecânico

Alguns parâmetros básicos do projeto mecânico são descritos a seguir.

Motor – Rotação de 7500 rpm

Pinça – Rotação de abertura- 8 rpm.

Redução total do motor /pinça – 1:937.

Seqüência de redução;

Conjunto de coroa e sem-fim – 1:50

Conjunto de duas engrenagens retas – 1: 4.33

Conjunto de duas engrenagens retas – 1: 4.33

Torque máximo na pinça – 1.4 N.m

Material da prótese – Alumínio aeronáutico, fibra de carbono, UHMWPE(Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular), aço inoxidável AISI 316.

Motor elétrico – Rotação de 7500RPM, 2W, 6,0V, 0,33 A.

Alimentação: 5 baterias Ni-Cd de 1750mAh com 1.2V cada, ligadas em série.

Limitador de corrente em 0.6 A.

Condição de uso normal da prótese: 35 horas de serviço contínuo antes da recarga das baterias.

Essa condição de uso já foi estabelecida em ensaios iniciais para o projeto, o que é extremamente mais eficiente em relação às próteses importadas que perfazem no máximo 5 horas de serviço contínuo.

A seguir, apresentamos duas figuras do design e projeto da prótese mioelétrica.

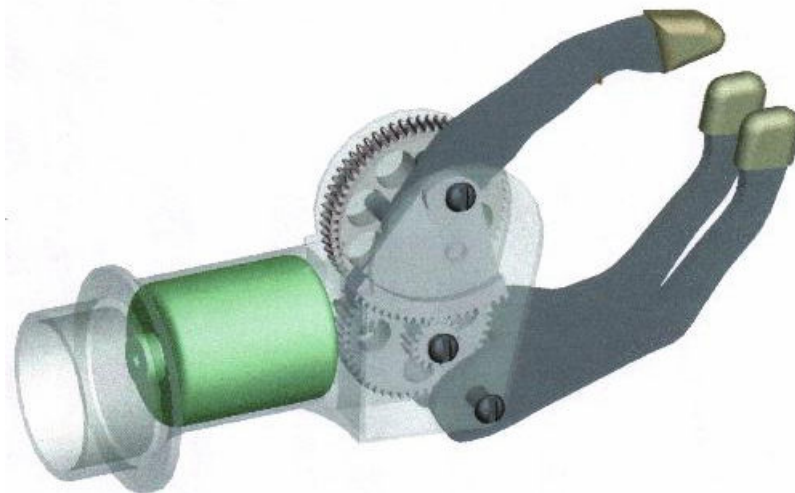


Figura 1 – Design da prótese mioelétrica – vista frontal

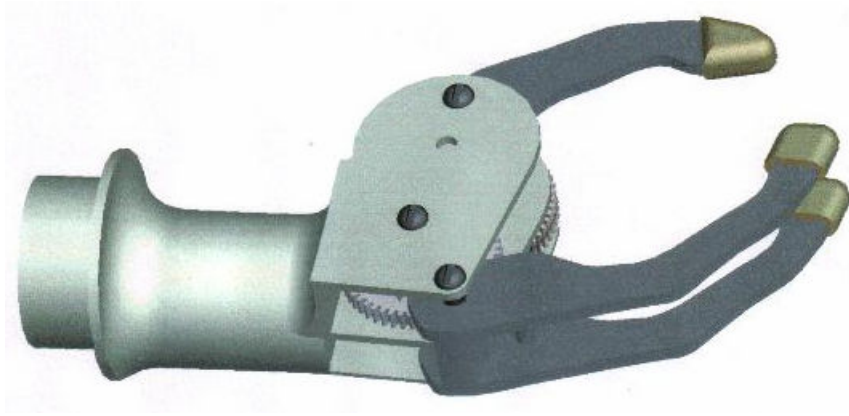


Figura 2 – Design da prótese mioelétrica – vista lateral

## 5.2 Desenvolvimento do sistema eletrônico de controle

Muitos foram os métodos desenvolvidos para a análise do sinal mioelétrico que, segundo alguns autores (KUGELSTADT, BUTTON, ANDRADE, AÑEZ e CEDON), é inegável a sua complexidade em termos de tratamento ou processamento. Além disso, sabe-se que composição corporal de um indivíduo, o nível de saturação do pré-amplificador e a extração do sinal em condições dinâmicas constituem alguns exemplos que podem tornar esta tarefa ainda mais complexa.

Diante de tais metodologias e tecnologias, desenvolvemos dois modelos para o controle eletrônico.

Os dois modelos de controle da prótese possuem o mesmo circuito condicionador de sinais. A principal diferença entre os dois modelos é a utilização do microcontrolador. O uso desse microcontrolador oferece as seguintes vantagens:

- Melhor gerenciamento de consumo das baterias;
- Aplicação de algoritmos de filtros por firmware: os filtros podem eliminar interferências sem a necessidade de componentes externos;
- Otimização e customização dos circuitos, conforme a necessidade;
- Melhor controle do motor e prevenção de sobre-corrente.

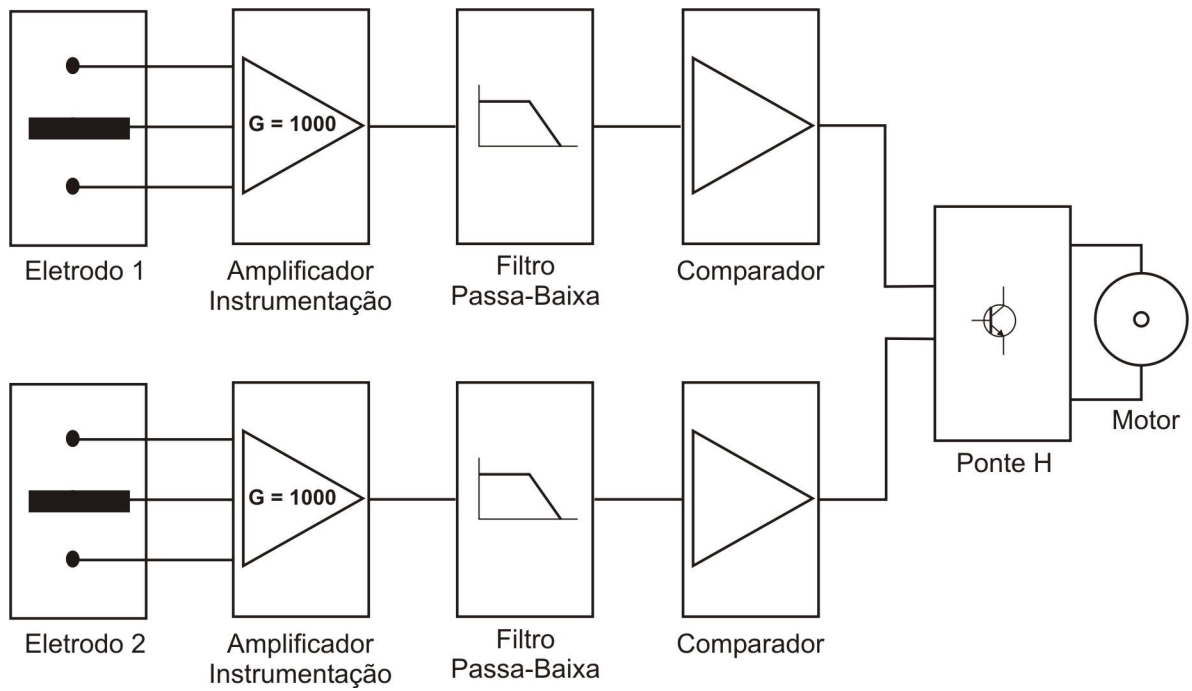


Figura 3 - Diagrama em blocos: Prótese mioelétrica sem microcontrolador (modelo 1)

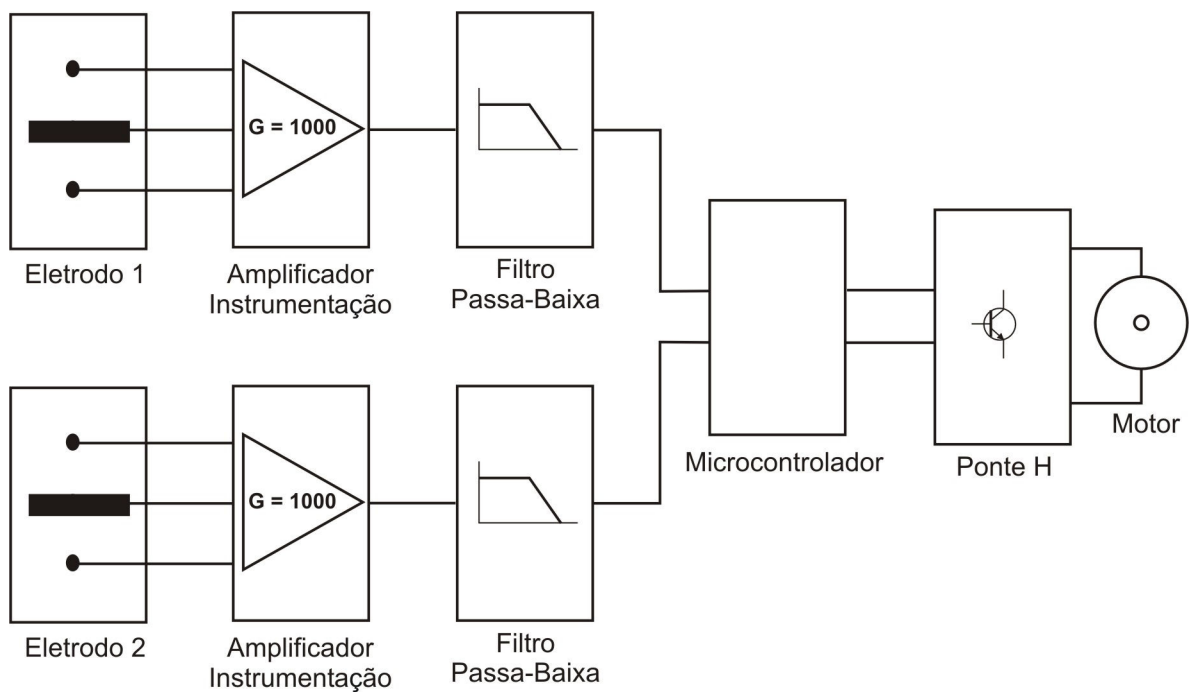


Figura 4 - Diagrama em blocos: Prótese mioelétrica sem microcontrolador (modelo 2)

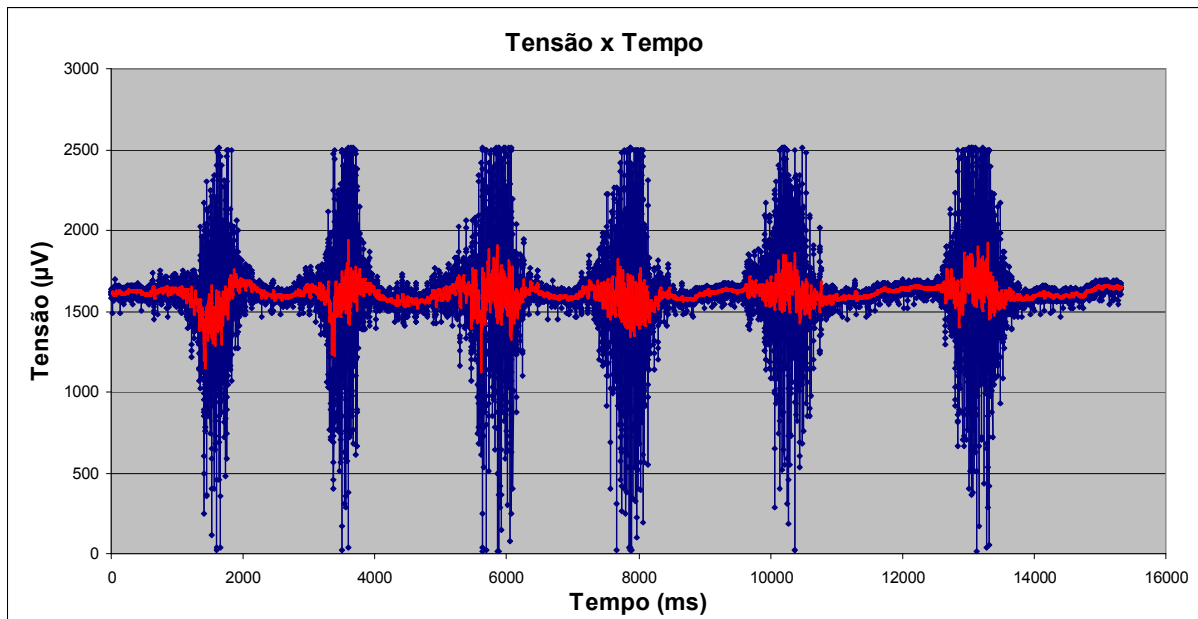


Figura 5 - Gráfico da tensão medida pelo circuito durante a estimulação de um grupo de músculos do antebraço (azul). Em vermelho, a tensão filtrada pelo algoritmo do microcontrolador.

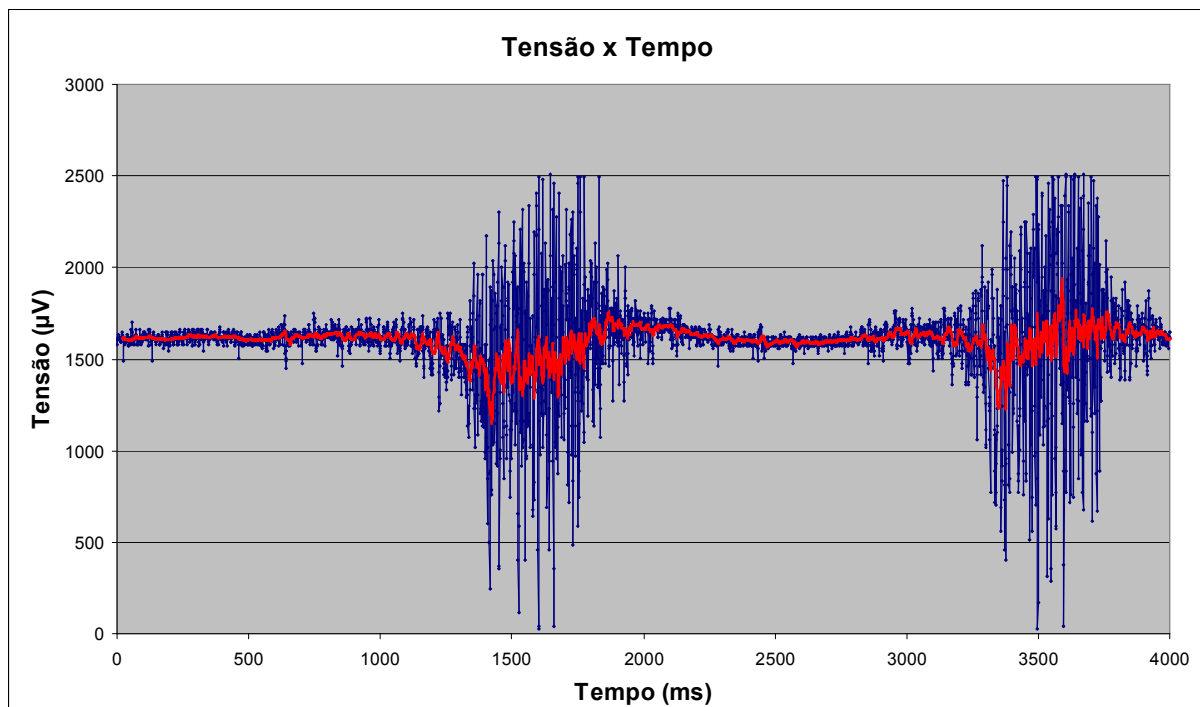


Figura 6 - Gráfico do detalhe da tensão medida pelo circuito (azul). Em vermelho, a tensão filtrada pelo algoritmo do microcontrolador.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto da prótese de mão foi um dos mais motivantes dos desenvolvidos pela Instituição de Ensino, principalmente pelo seu aspecto social, já que a montagem de protótipos possibilitará a sua implantação em pessoas que sejam portadoras dessa necessidade especial, com o custo total reduzido em cerca de oito vezes em relação aos existentes no mercado. O protótipo já se encontra em fase de montagem. Com os estudos preliminares realizados foi possível que diversos alunos e mesmo professores fossem capacitados em áreas e assuntos diferentes de sua atuação. Deve se destacar também a multidisciplinariedade do projeto, pois envolveu conhecimentos e estudos nas mais diversas disciplinas dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica e Engenharia Biomédica.

### *Agradecimentos*

Os autores do trabalho e execução do projeto agradecem ao Sr. Sergio Kamia, Técnico em Prótese, proprietário da Ortopedia Kamia, que muito contribuiu para que o projeto pudesse ser realizado, forneceu todas as informações necessárias para as especificações do projeto, principalmente no que diz respeito ao sinal mioelétrico e o funcionamento da mão. Agradecem também ao Sr. Flavio Lucio Franco Peralta, portador de necessidades especiais, que tem contribuído para que o protótipo da mão possa ser implantado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KUGELSTADT, THOMAS. **Getting the most out of your instrumentation amplifier design**, 2006. Disponível em: < <http://www.ti.com/aaj> > Acesso em: 02 maio 2006.
2. BUTTON, VERA L. S. N. **Eletromiógrafo**, 2002, Aulas IA 748. Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: < <http://www.deb.fee.unicamp.br/vera/emg.pdf> > Acesso em: 02 maio 2006.
3. BUTTON, VERA L. S. N. **Introdução**, 2002, Aulas IA 748. Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: < <http://www.fee.unicamp.br/deb/introducao.pdf> > Acesso em: 02 maio 2006.
4. BUTTON, VERA L. S. N. **Eletrocardiógrafo e monitor cardíaco**, 2002, Aulas IA 748. Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: < <http://www.fee.unicamp.br/deb/vera/ecg.pdf> > Acesso em: 02 maio 2006.
5. ANDRADE, A. O. **Origins, detection and processing of electromyographic signals**, 2005. Disponível em: < <http://www.personal.rdg.ac.uk/~sir02ada/Documents/seminarMSc.pdf> > Acesso em: 02 maio 2006.
6. AÑEZ, CIRO R. R. **A eletromiografia na análise da postura**, 2006. Faculdade de Educação Física, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. Disponível em: < <http://www.kinein.ufsc.br/edit01/artigo4.pdf> > Acesso em: 02 maio 2006.
7. CENDON, RODRIGO VILLAVERDE. **Sistema de monitoração de estado de consciência por análise de entropia**, 2004, Monografia. Centro Universitário Positivo, Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas, Engenharia da Computação, Curitiba. Disponível



em:[http://engcomp.unicenp.br/engcomp/UserFiles/File/ProjFinais/2004\\_Consciencia\\_Rodrigo.pdf](http://engcomp.unicenp.br/engcomp/UserFiles/File/ProjFinais/2004_Consciencia_Rodrigo.pdf) > Acesso em: 02 maio 2006.

## **MULTIDISCIPLINAR PROJECT IN THE ELETRIC AND MECHANICAL ENGINEERING COURSES – ELETROMECHANIC HAND'S PROTESIS MIO-ELETRIC CONTROL.**

***Summary:** The article presents a way of competence and ability's development through the projects realization. In this case it's about the development of a hand's prothesis project, that has eletromecanic starting with mio-eletric control. It's described the several project fases, as the envolvimento of students and professors from Eletric and Mechanical Engeneering. It's a project with a relevant social aspect, because it allows the built of a hand's prothesis prototype with low costs. It allows the development of citizenship in the future engeneers.*

***Keywords:** Multidisciplinar Project, Eletric Engeneering, Mechanical Engeneering, Automation.*