

PROPOSTA DE PLATAFORMA DIDÁTICA PARA ENSINO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA EM CURSOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA: IV. TUTORIAL SOBRE ELETROCARDIOGRAFIA

Paulo R. C. Possa - possa@ieb.ufsc.br

Juliano E. Rathke - rathke@ieb.ufsc.br

Eduardo Andrighetto - andrighetto@ieb.ufsc.br

Robson Adur - robson@ieb.ufsc.br

Felipe C. Santos - felipe@ieb.ufsc.br

Fernanda I. M. Argoud - fargoud@cefetsc.edu.br

Fernando M. de Azevedo - azevedo@ieb.ufsc.br

José Marino-Neto - marino@ieb.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina - Instituto de Engenharia Biomédica
UFSC Trindade, Campus Universitário.
CEP 88040-900 - Florianópolis - SC

***Resumo:** Este trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento de um Módulo Tutorial Teórico-Prático sobre Eletrocardiografia que, associado a um Ambiente Virtual 3D, constituem um Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem para apoiar o ensino prático de temas em Engenharia Biomédica, para graduandos de Engenharia Elétrica. Este ambiente faz parte da plataforma chamada “Sistema de Processamento de Sinais Biomédicos - Módulo Didático”, em desenvolvimento pelo Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina, que utiliza recursos de hardware e software com o objetivo de desenvolver habilidades como: reconhecer, compreender, desenvolver e utilizar mecanismos de aquisição, filtragem, amplificação, digitalização e tratamento de sinais de relevância biomédica.*

***Palavras-chave:** Ensino de Engenharia Biomédica, Sistema Tutorial, Eletrocardiografia, Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem.*

1 INTRODUÇÃO

O Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina (IEB-UFSC) está desenvolvendo e implantando no ensino de graduação em Engenharia Elétrica da UFSC, uma plataforma para o aprendizado de temas em Engenharia Biomédica denominada “Sistema de Processamento de Sinais Biomédicos - Módulo Didático” (SPSB-MD). Este sistema pretende contribuir com ferramentas apropriadas para o ensino da Engenharia Biomédica no curso de Engenharia Elétrica da UFSC.

O ensino de Engenharia Biomédica depende de um conjunto de conteúdos ministrados em disciplinas clássicas da Engenharia Elétrica. No entanto, os sinais e sistemas na área da saúde possuem muitas características particulares, que devem ser levadas em consideração. Além disso, dada à característica eminentemente aplicada desta disciplina, estes conhecimentos e particularidades devem ser tratados de maneira prática, por meio de abordagens pedagógicas que privilegiem uma vivência na área.

Essa plataforma, que equipará um laboratório de aulas práticas em Engenharia Biomédica, tem o objetivo de desenvolver habilidades desejáveis na área, como: reconhecer, compreender, desenvolver e utilizar mecanismos de aquisição, filtragem, amplificação, digitalização e tratamento de sinais de relevância biomédica.

Ela está sendo desenvolvida utilizando recursos de:

- *Hardware* - para aquisição, registro e transmissão de sinais biomédicos;
- *Software* - para visualização e análise dos sinais registrados e construção de um Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem (AVEA) baseado na internet e composto de Sistemas Tutoriais associados a Ambientes Virtuais 3D.

Uma visão geral dos recursos do SPSB-MD pode ser vista na Figura 1.

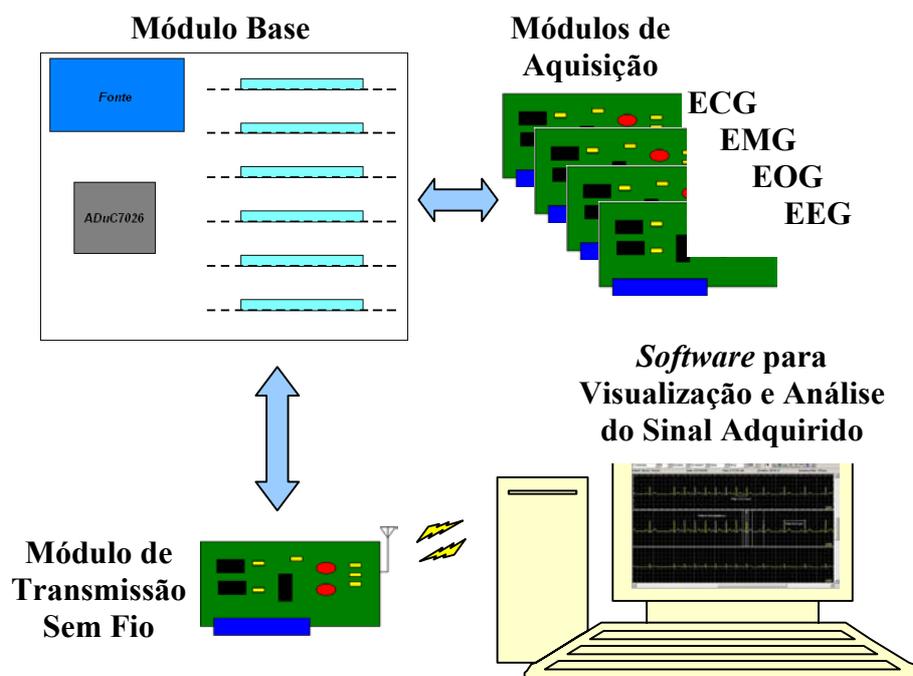


Figura 1 - Visão geral dos recursos do SPSB-MD (modificado de ANDRIGHETTO *et al.*, 2007).

Além dos recursos ilustrados na Figura 1, a plataforma contará com um AVEA baseado na internet, composto por um Tutorial associado a um Ambiente Virtual 3D, e tendo como objetivo, dar apoio ao processo de ensino-aprendizagem, tornando o trabalho pedagógico mais interativo e eficiente.

Este AVEA a ser desenvolvido deverá ser implantado no Portal Saúde+Educação (Figura 2), desenvolvido no IEB-UFSC como uma ferramenta computacional para gerenciamento de cursos on-line e de outros recursos educacionais. Entre estes recursos, encontra-se o ambiente denominado Hospital-Escola Virtual, que reúne diversas ferramentas integradas para o ensino de temas relacionados às áreas da saúde e da Engenharia Biomédica.

Tópico: **Homeostase**

Tutorial de Neurofisiologia

Homeostase

Conteúdo História Correlação Clínica Mão na Massa Auto-Avaliação

Tutorial de Neurofisiologia > Homeostase > Conteúdo > O que é

Conteúdo 1 2 3 4 5 **avancar ▶**

Introdução

O que é

1.2 – O QUE É HOMEOSTASE?

Em 1865, **Claude Bernard** (ver História) propôs, a partir de uma vasta quantidade de observações experimentais, que a estabilidade relativa das características químicas e físicas do meio interno (do francês *milieu intérieur*) é uma condição essencial para a vida de organismos multicelulares. Por "características químicas e físicas do **meio interno**" entende-se certa faixa de valores das **variáveis físicas** (e.g., temperatura, volume, pressão) e químicas (e.g., pH, concentração de nutrientes, de hormônios) que caracterizam o meio que circunda as células de um organismo multicelular (ou seja, o **meio interno**, que corresponde ao conjunto formado pelos **compartimentos intersticial e intravascular**, veja a figura 1).

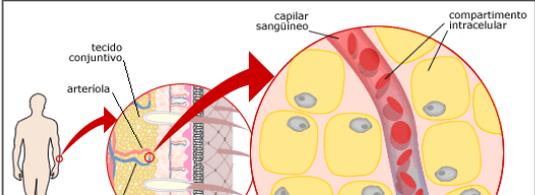


Figura 2 - Exemplo de tela do portal Saúde+Educação.

A disponibilização de material instrucional por meio da internet é vantajosa, pois os recursos necessários para manterem disponíveis e distribuir versões atualizadas destes materiais de treinamento são menores que os custos de produção, distribuição e aquisição de produtos *stand-alone*, facilitando o acesso a estes recursos (FERNANDES *et al.*, 1998).

O Ambiente Virtual 3D utilizando recursos de Realidade Virtual (RV), foi uma das formas encontradas para possibilitar aos alunos, a vivência prática dos procedimentos e rotinas médico-hospitalares. Isso porque experimentos com estes procedimentos são inviáveis, pois exigem pacientes e equipamentos específicos disponíveis (POSSA *et al.*, 2007).

O Módulo Base do SPSB-MD (responsável pela digitalização dos sinais coletados e pela alimentação dos circuitos), os Módulos de Aquisição (responsáveis pela aquisição dos sinais bioelétricos de ECG, EOG, EMG e EEG), o Módulo de Transmissão Sem Fio, o *Software* para Visualização e Análise do Sinal Adquirido, e o Ambiente Virtual 3D, são descritos em artigos associados ao presente, e estão sendo desenvolvidos simultaneamente à presente proposta.

Neste trabalho, será apresentada a proposta de desenvolvimento do Módulo Tutorial. Este módulo abordará de forma teórico-prática, um estudo de caso sobre Eletrocardiografia. O tema escolhido neste trabalho permite abordar um grande número de aspectos referentes aos equipamentos eletromédicos, incluindo características gerais dos sinais eletrofisiológicos (origem, magnitude e frequência), métodos de captação (transdutores, eletrodos e interface pele-eletrodo), processamento de sinais (amplificação e filtragem), conversão A/D, transmissão a grandes distâncias, artefatos (origens e métodos para resolução), normas vigentes e segurança do usuário.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O Módulo Tutorial Teórico-Prático sobre Eletrocardiografia será constituído por um Sistema Tutorial Hipermedia contendo uma introdução teórica aos temas “Eletrocardiografia” e “Eletrocardiógrafo”, um roteiro completo de uma aula prática sobre amplificadores de biopotenciais juntamente com um módulo de hardware para análise e teste de circuitos de aquisição e amplificação de Eletrocardiograma (ECG).

A tecnologia hipermídia é aconselhada para uso em ambientes educacionais computadorizados porque permite ao estudante a navegação livre sobre o material instrucional, representado em diversas mídias e estruturado em forma de nós e *links* (GARCINDO, 2002, *apud* WHALLEY, 1993). Dessa forma, este alto grau de interatividade permite aos alunos pensar e construir oportunidades de aprender utilizando um ambiente não convencional (PAIM, 2006).

A ferramenta utilizada para a construção do sistema deverá ser capaz de disponibilizar recursos hipermídia voltados para internet e com acesso a banco de dados. O direcionamento para a internet viabilizará sua implementação no portal Saúde+Educação. A utilização de banco de dados servirá de suporte para o armazenamento dos dados dos alunos, referente ao seu desempenho ao longo do processo de aprendizagem através do sistema.

Do ponto de vista da Informática na Educação (IE), o sistema seguirá a estrutura dos sistemas Instrução Auxiliada por Computador (*Computer Assisted Instruction*; CAI). As atividades pedagógicas exploradas pelo sistema serão:

- Atividades Seqüenciais: onde as informações são apresentadas de forma seqüencial estruturada, baseadas nos sistemas CAI (CURILEM, 2002);
- Perguntas e Respostas: permitem avaliar se o aluno está conseguindo alcançar os objetivos do processo (CURILEM, 2002). Nessa atividade será utilizado o banco de dados descrito anteriormente;
- Exercício e Prática: tipicamente utilizados para revisar conteúdos vistos em sala de aula, principalmente os que envolvem memorização e repetição (CURILEM, 2002).

Através do Sistema Tutorial Hipermídia, serão apresentados conteúdos como:

- Fisiologia Cardíaca: anatomia, funcionalidade cardíaca e controle da frequência;
- Amplificadores de Biopotenciais: teoria e características destes amplificadores;
- Eletrocardiografia: fundamentos, derivações e aspectos clínicos;
- Eletrocardiógrafo: princípios de funcionamento, eletrodos, segurança, operação e normas vigentes.
- Artefatos: origens e soluções;
- Histórico: histórico do estudo dos sinais bioelétricos e do eletrocardiógrafo.
- Glossário: lista com as palavras específicas do conteúdo juntamente com seus significados;

Além desses conteúdos, também serão desenvolvidos questionários para avaliar o nível de aprendizado que o aluno conseguiu após cada conteúdo. Dependendo do desempenho do aluno nestes questionários, ele terá ou não acesso ao próximo conteúdo.

No final do tutorial, o aluno terá acesso ao roteiro de aula prática sobre amplificadores de biopotenciais para aquisição de ECG. Esse roteiro será desenvolvido a partir de um estudo do Projeto Político-Pedagógico da Graduação da Engenharia Elétrica da UFSC (2004). Isso é necessário para verificar qual é o conhecimento prévio do aluno que vai utilizar o sistema. Para dar suporte a esta atividade pedagógica, será desenvolvido um módulo de hardware onde o aluno possa realizar a análise e teste de circuitos de aquisição e amplificação de ECG. A Figura 3 ilustra este módulo.

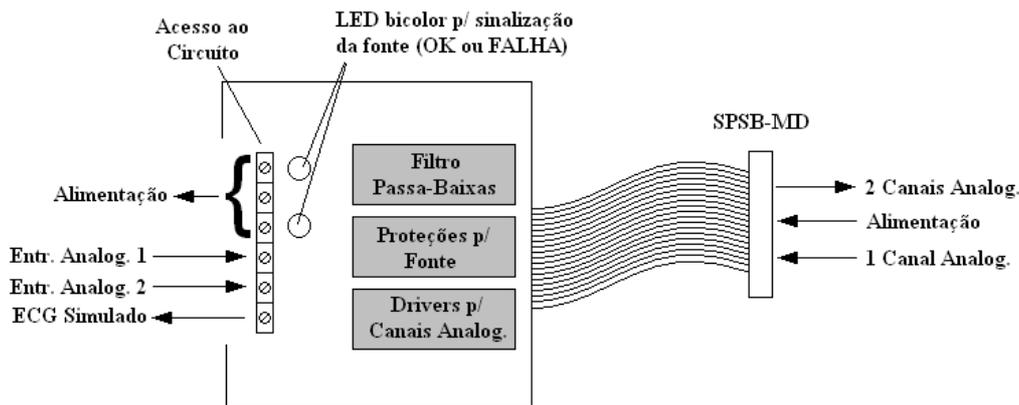


Figura 3 - Módulo de *hardware* para aula sobre Amplificadores de Biopotenciais.

Através desse módulo, o aluno poderá testar seus próprios circuitos de aquisição e amplificação do sinal de ECG, montados em uma *proto-board*. Nesse módulo, o aluno terá acesso aos seguintes recursos:

- Fonte de alimentação simétrica: proveniente da própria fonte do SPSB-MD com proteção contra curto-circuito e indicadores luminosos de funcionamento;
- Simulador de ECG: proveniente de uma saída analógica do microprocessador do SPSB-MD. Possuirá um *driver* para proteger o microprocessador;
- Duas entradas analógicas: ligadas às entradas analógicas do microprocessador do SPSB-MD através de um filtro passa-baixas (*anti-aliasing*) e *drivers* de proteção.

Tendo estes recursos disponíveis, o aluno terá a capacidade de implementar e testar seus circuitos sem a necessidade de instrumentos como osciloscópio e multímetro. As Figuras 4 e 5 ilustram exemplos de experiências que podem ser exploradas no roteiro.

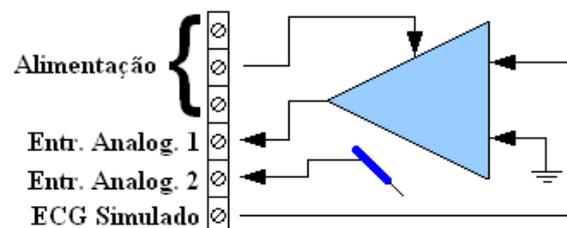


Figura 4 - Exemplo de experimento 1.

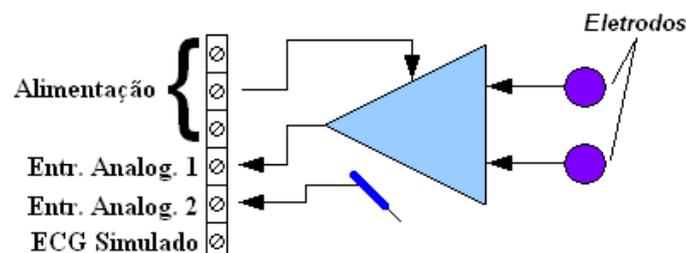


Figura 5 - Exemplo de experimento 2.

Na experiência da Figura 4, o aluno poderá testar seu circuito a partir de um ECG simulado no SPSB-MD. Também, com o auxílio da segunda entrada analógica, poderá fazer

medições no circuito. Na experiência da Figura 5, o aluno já terá condições de adquirir o ECG real do próprio corpo. As duas experiências ainda podem ser feitas na seguinte seqüência:

1. Experiência da Figura 4 com um Amplificador de Instrumentação (AI) construído a partir de Amplificadores Operacionais (AO) discretos;
2. Experiência da Figura 5 com um AI construído a partir de AOs discretos;;
3. Experiência da Figura 4 com um AI (ex.: INA102);
4. Experiência da Figura 5 com um AI integrado.

Com esta seqüência de experiências, o aluno poderá descobrir as vantagens e desvantagens entre as tecnologias (AI integrado ou a partir de AOs discretos), além que desenvolver as habilidades de projetar e construir circuitos de aquisição de sinais bioelétricos.

Com relação a avaliação e testes, quando a etapa de desenvolvimento, validação e implementação estiver concluída, o sistema será submetido a avaliação pelos alunos do curso de Engenharia Elétrica da UFSC, dentro da disciplina optativa “Fundamentos de Engenharia Biomédica”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a disponibilidade do portal Saúde+Educação, o foco dos esforços referentes ao desenvolvimento do Tutorial Teórico-Prático ficará voltado à pesquisa do conteúdo e abordagens pedagógicas. Também se pôde constatar na última *International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning* (ICBL, 2007), que a criação de ferramentas de ensino-aprendizagem específicas para as áreas tecnológicas está sendo estudada em todo o mundo, mostrando que a proposta do SPSB-MD é promissora e está em sintonia com projetos de vários outros grupos de pesquisa.

4 CONCLUSÕES

O SPSB-MD pode propiciar aos alunos de engenharia elétrica a oportunidade de vivência prática com os aspectos particulares e especiais da Engenharia Biomédica, mediante a aplicação de seus conhecimentos de engenharia nas áreas da saúde. Este sistema poderá ser ampliado e modificado para atender também às necessidades de aprendizado por parte do profissional da saúde, no treinamento em tecnologias médico-hospitalares, configurando-se em uma plataforma robusta, mas adaptável, para o processo de ensino-aprendizagem da Engenharia Biomédica.

Agradecimento

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGHETTO, E. et al. Proposta de uma plataforma didática para o ensino de Engenharia Biomédica em Cursos de Graduação de Engenharia Elétrica: I Os Sinais Bioelétricos. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA, 4., Porlamar. 2007 (submetido).

CURILEM, G. S. **Metodologia para a Construção de Interfaces Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes**. Florianópolis, 237 p., 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

FERNANDES, A. M. R.; MOREIRA, B. G.; De AZEVEDO, F. M. Padrões de desenvolvimento, software livre e mecanismos de interação para o desenvolvimento de um portal de ensino na área da saúde. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 26., Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBC, 2006. p. 259 - 272.

GARCINDO, L. A. S. **Uma abordagem sobre o uso da Hipermídia Adaptativa em Ambientes Virtuais de Aprendizagem.** Florianópolis, 145 p., 2002. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTIVE COMPUTER AIDED BLENDED LEARNING, 1., 2007, Florianópolis. ICBL. Florianópolis: ICBL, 2007. p. CD-ROM.

PAIM, R. L. **Sistema Hipermídia sobre Câncer de Mama com Interface Adaptativa usando Redes Neurais Artificiais MLP e IAC.** Florianópolis, 144 p., 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

POSSA, P. R. C. et al. Proposta de uma plataforma didática para o ensino de Engenharia Biomédica em Cursos de Graduação de Engenharia Elétrica: II. Tutorial e Ambiente 3D para o estudo da Eletrocardiografia no Hospital-Escola Virtual. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA, 4., Porlamar. 2007 (**submetido**).

UNIVERSIDADE DE SANTA CATARINA. Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica. Florianópolis, UFSC, 2004.

PROPOSAL OF DIDACTICAL PLATFORM FOR BIOMEDICAL ENGINEERING EDUCATION ON ELECTRICAL ENGINEERING DEGREE PROGRAMS: VI. TUTORIAL ON ELECTROCARDIOGRAPHY

Abstract: *This work presents a proposal for the development of a Theoretical-Practical Tutorial Module on Electrocardiography which associated a Virtual 3D environment, compose a Virtual Environment for Teaching-Learning, intended to support a practical undergraduate course in Biomedical Engineering, for undergraduate Electric Engineering. This environment is a part of platform called “Biomedical Signals Processing System - Didactical Module” on development by Biomedical Engineering Institute of Federal University of Santa Catarina, which utilize hardware and software resources, intended to develop skills like: recognize, understand, develop and utilize devices of acquisition, digitalization, and treatment of biomedical relevance signals.*

Key-words: *Biomedical Engineering Education, Tutorial System, Electrocardiography, Virtual Environment for Teaching-Learning.*