



DESENVOLVIMENTO DE UM ESFIGMOMANÔMETRO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO NO ENSINO PRÁTICO DAS DISCIPLINAS DE BIOENGENHARIA

Clara Figueredo Dourado – clarafigueredo.ee@gmail.com

Girlene Lima Ribeiro – girleneng@gmail.com

Tiago Barros Pinheiro Araújo – tiagobparaujo@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Bacharelado do Curso de Engenharia Elétrica

Helder Rolim Florentino – helder.florentino@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Grupo de Inovação Tecnológica Aplicado a Saúde

Ademar Gonçalves da Costa Júnior – ademar.costa@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Laboratório de Instrumentação, Sistemas de Controle e Automação (LINSCA)

Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe

58.015-430 – João Pessoa – Paraíba

Resumo: Este artigo descreve o desenvolvimento de um esfigmomanômetro digital, para auxílio no ensino prático de disciplinas na área de bioengenharia, facilitando o entendimento de conceitos como, instrumentação eletrônica, filtragem e processamento de sinais biomédico, bem como o contato com a programação de dispositivos eletrônicos embarcados. Esse trabalho é dividido em duas fases, no qual na fase inicial ocorre à aquisição da pressão arterial em um circuito transdutor, e sua conversão em níveis de pressão, é realizada em um microcontrolador ATMEGA328. Em seguida, ocorre à extração dos pulsos oscilométrico, por meio de um filtro passa alta. O protótipo elaborado para a medição de pressão arterial é baseado na técnica do pulso oscilométrico, no qual foi desenvolvido na disciplina de Instrumentação Eletrônica, ministrada no curso de Engenharia Elétrica do IFPB, através do uso da metodologia de ensino, Abordagem Baseada em Problemas (ABP).

Palavras-chave: Esfigmomanômetro, pressão arterial, pulso oscilométrico, abordagem baseada em problemas, instrumentação eletrônica.

1. INTRODUÇÃO

Como a hipertensão se torna cada vez mais generalizada na população mundial, há uma tendência em que as pessoas prestem mais atenção à sua saúde. Há uma necessidade da medição da pressão arterial (PA), especialmente, as pessoas que foram diagnosticadas com hipertensão. Para a operação de um esfigmomanômetro tradicional, baseado em mercúrio, necessita-se de um treinamento especial para obtenção da pressão arterial sistólica (PAS) e a pressão arterial diastólica (PAD), com precisão. Deste modo, os esfigmomanômetros digitais tornam-se cada vez mais necessários em nossa vida diária (PAN & JUNPING, 2011).

A medida da PA, desde o final do século passado, tem apresentado modificações marcantes nos aparelhos de medição utilizados. Os aparelhos automáticos passam a ocupar lugar de destaque nesse cenário. Esses aparelhos, além de úteis para os pacientes avaliarem sua pressão em casa, podem substituir os esfigmomanômetros aneróides e os de coluna de mercúrio, nas unidades de saúde.

Deste modo, o uso do método oscilométrico, através de aparelhos automáticos ou semiautomáticos, o qual não sofre influência do observador, vem crescendo, tanto na condição de pesquisa, como no ambiente clínico e residencial, refletido na tendência do abandono do esfigmomanômetro de mercúrio, devido à poluição causada pelo metal, e à facilidade de manuseio dos aparelhos automáticos. Diversas pesquisas publicadas em congressos e artigos apresentam contribuições ao método automático de aferição de pressão, com resultados satisfatórios (ZHU & CHEN, 2010; PAN & JUNPING, 2011; ISLAM *et al*, 2012).

O presente trabalho trata do desenvolvimento de um medidor não-invasivo de pressão arterial, capaz de determinar a pressão instantânea do indivíduo, com o objetivo de usar a metodologia de ensino, Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP (RIBEIRO, 2005; FREITAS, 2012), na disciplina de Instrumentação Eletrônica do curso de Engenharia Elétrica do IFPB, no semestre 2013.1.

Este artigo está dividido deste modo. Na Seção 2 é apresentada a ABP e sua aplicabilidade na disciplina de Instrumentação Eletrônica do curso de Engenharia Elétrica do IFPB. Na Seção 3 são apresentados os principais conceitos utilizados no desenvolvimento do protótipo de medição de PA. Na Seção 4 é apresentado o desenvolvimento do protótipo para esta medição. Na Seção 5, os resultados obtidos são apresentados, e por fim, na Seção 6, as considerações finais deste trabalho.

2. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS APLICADA NA DISCIPLINA DE INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

A metodologia pedagógica denominada de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) surgiu no Canadá na década de 60 do século passado, sugerida e implantada pela Universidade de MacMaster, sendo adotada posteriormente por diversas universidades no mundo. No Brasil, diversos trabalhos vêm sendo publicados, decorrentes de sua implantação em diversos cursos de nível superior e de pós-graduação.

Na abordagem ABP, os papéis dos alunos e docentes em sala de aula, diferem da abordagem convencional, esta centrada no professor (RIBEIRO, 2005). Segundo Woods *apud* Ribeiro (2005), assumir responsabilidade pela própria aprendizagem em uma abordagem ABP significa que os alunos cumpram as seguintes tarefas:

- Exploração do problema, levantamento de hipóteses, identificação de questões de aprendizagem e elaboração das mesmas;
- Tentativa de solução do problema com o que sabem, observando a pertinência de seu conhecimento atual;
- Identificação do que não sabem e do que precisam saber para solucionar o problema;
- Planejamento e delegação de responsabilidades para o estudo autônomo da equipe;
- Aplicação do conhecimento na solução do problema;

- Avaliação do novo conhecimento, da solução do problema e da eficácia do processo utilizado e reflexão sobre o processo.

A abordagem adotada é que o aluno construa o seu próprio conhecimento a partir do desenvolvimento de um problema proposto ou sugerido pelo mesmo. Este problema é estudado na forma de um projeto prático, no qual, é desenvolvido em função dos conteúdos da disciplina, buscando a interdisciplinaridade, o que faz com que o problema seja compreendido, fundamentado e analisado, como, por exemplo, é realizado através de uma metodologia de gerenciamento de projetos.

No IFPB, em específico, na disciplina de Instrumentação Eletrônica do curso de Engenharia Elétrica, esta metodologia está sendo introduzida e testada pelo professor da disciplina. A proposta utilizada é baseada na informação de que o engenheiro moderno não precisa do conhecimento memorizado, “decorado” e acumulado, mas sim, do conhecimento necessário para a resolução de problemas baseado na construção do conhecimento.

Desta forma, foi adotada como elemento fundamental, a proposta elaborada por Hadgraft e Prpic *apud* Ribeiro (2005), no formato 4-2-3-1-3, de acordo com a Tabela 1. Este formato adotado auxiliará o professor na identificação de qual abordagem será mais bem adotada na disciplina de Instrumentação Eletrônica, que o guiará para a adoção e aplicabilidade do formato PBL ideal (4-4-4-4-4).

3. A MEDIÇÃO DE PRESSÃO ARTERIAL

A Pressão Arterial (PA) é definida pela força exercida pelo sangue por unidade de superfície da parede vascular, refletindo a interação do débito cardíaco com resistência periférica sistêmica. A PA é representada pela Pressão Arterial Sistólica (PAS) e pela Pressão Arterial Diastólica (PAD). A PAS representa a mais alta pressão nas artérias, estando intimamente associada à sístole ventricular cardíaca. A PAD representa a menor pressão nas artérias ocasionada pela diástole ventricular cardíaca, quando o sangue está preenchendo as cavidades ventriculares (LUNARDI *et al*, 2007).

Como o bombeamento cardíaco é pulsátil, a pressão arterial alterna entre a pressão sistólica de 120 mmHg e a pressão diastólica de 80 mmHg. Essa pressão arterial pode variar de indivíduo para indivíduo, e índices fora do padrão podem refletir sérios problemas de saúde (GUYTON & HALL, 2011).

A Sociedade Brasileira de Hipertensão (SBH) alerta que a hipertensão é muito comum, acometendo um, em cada quatro pessoas adultas. Assim, estima-se que a hipertensão atinge em torno de, no mínimo, 25 % da população brasileira adulta, chegando a mais de 50% após os 60 anos, estando presente em 5% das crianças e adolescentes no Brasil. Também é responsável por 40% dos infartos, 80% dos derrames e 25% dos casos de insuficiência renal terminal (SBH, 2014).

3.1. Esfigimomanômetro

Técnicas invasivas de aferição da PA envolve a inserção de um cateter no sistema vascular, que traz alto risco de embolia, arritmia, ataque cardíaco e um percentual de mortalidade. Este método não é conveniente para a aplicação diária (ISLAM *et al*, 2012).

Existem diversos tipos de instrumentos para medição não invasiva da PA humana. Estes instrumentos utilizam tecnologias distintas para a medição da pressão sanguínea, usando os

métodos de ausculta, com o uso de estetoscópio, e o oscilométrico, por meio de transdutores de pressão.

Tabela 1 – Elementos fundamentais da PBL (Fonte: HADGRAFT & PRPIC *apud* RIBEIRO, 2005).

Passo	Problema	Integração	Trabalho em Equipe	Solução de Problemas	Aprendizagem Autônoma
1	Vários problemas por semana.	Nenhuma ou pouca integração de conceitos. Uma única ideia.	Trabalho individual.	Nenhum método formal de problemas. Alunos concentram-se em como solucionar cada novo tipo de problema.	Professor fornece todo o conteúdo via aula, observações, páginas da Internet, tutoriais, referências a livros e periódicos. Alunos concentram-se em aprender o que lhes foi dado.
2	Um problema por semana.	Alguma integração de conceitos	Alunos trabalham juntos em sala de aula (informalmente), mas produzem trabalhos individuais.	Método formal de solução de problemas, que é aplicado nas aulas.	Professor fornece grande parte do conteúdo, mas espera que os alunos investiguem alguns detalhes e/ou dados por si próprios.
3	Mais de um problema por semestre, cada um com duração de algumas semanas.	Integração significativa de conceitos e habilidades na solução do problema.	Trabalho em equipe, menos informal que a categoria anterior. Relatório em conjunto, porém sem avaliação dos pares.	Método formal de solução de problemas, o qual é orientado por tutores em aulas tutoriais.	Professor fornece um livro-texto como base para sua disciplina, mas espera que os alunos utilizem esta e outras fontes, a seu critério.
4	Um problema por semestre.	Grande integração, talvez incluindo mais de uma área de conhecimento.	Trabalho em equipe formal, encontros externos entre as equipes, avaliação por pares, relatórios e apresentação de resultados em conjunto.	Método formal de solução (e aprendizagem) de problemas. Alunos aplicam este método, sozinhos a cada novo problema.	Professor fornece pouco ou nenhum material (talvez algumas referências). Alunos utilizam a biblioteca, a Internet e especialistas para chegarem à compreensão do problema.

A essência do método oscilométrico consiste na identificação, quantificação e análise dos pulsos oscilométricos para determinação da pressão arterial. A fase de identificação consiste em, localizar o pulso oscilométrico, e a pressão do manguito associada ao mesmo, denominado de pressão de ocorrência. Esse processo pode ser realizado diretamente sobre o sinal de pressão, durante o esvaziamento do manguito, ou separando-se os pulsos

oscilométricos do sinal de pressão do manguito, através de filtros do tipo passa altas frequências (CERULLI, 2001).

3.2. Validação de Aparelhos de Medição de PA

Na validação de aparelhos digitais existem os protocolos da *Association for the Advancement of Medical Instrumentation* (AAMI), publicado na década de 80, e da *British Hypertension Society* (BHS), publicado na década de 90, que são rígidos e englobam aspectos de validação técnica e clínica. O objetivo desses protocolos é a padronização da validação dos aparelhos, além do estabelecimento de requisitos mínimos de exatidão e confiabilidade, bem como a possibilidade de serem comparados. Cada protocolo estabelece o número mínimo de sujeitos por grupo avaliado (BELGHAZI *et al*, 2007).

Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI)

Para a aplicação desse protocolo são necessários, no mínimo 85 sujeitos para realização das medidas da PA, sendo que:

- 10% dos sujeitos com PAS superior a 180 mmHg e 10% inferior a 100 mmHg, sendo os demais com níveis pressóricos distribuídos entre esses valores;
- 10% dos sujeitos com PAD superior a 100 mmHg e 10% inferior a 60 mmHg, sendo o restante distribuídos entre esses valores;
- 10% dos sujeitos devem ter a circunferência do braço inferior a 25 cm; 10% devem ter a circunferência do braço maior que 35 cm e o restante distribuídos entre as demais medidas.

British Hypertension Society (BHS)

O BHS é indicado para grupos especiais como idosos, gestantes e crianças. São necessários 85 sujeitos, cujas medidas de PA obedecem aos seguintes intervalos:

Para a Pressão Arterial Sistólica (PAS):

- No mínimo oito sujeitos com PA inferior a 90 mmHg;
- No mínimo 20 sujeitos com PA entre 90 e 129 mmHg;
- No mínimo 20 sujeitos com PA entre 130 e 160 mmHg;
- No mínimo 20 sujeitos com PA entre 161 e 180 mmHg;
- No mínimo oito sujeitos com PA acima de 180 mmHg.

Para a Pressão Arterial Diastólica (PAD):

- No mínimo oito sujeitos com medida de PA inferior a 60 mmHg;
- No mínimo 20 sujeitos com PA entre 60 e 79 mmHg;
- No mínimo 20 sujeitos com PA entre 80 e 100 mmHg;
- No mínimo 20 sujeitos com PA entre 101 e 110 mmHg;
- No mínimo oito sujeitos com PA acima de 110 mmHg.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE MEDIÇÃO DE PA

Para o desenvolvimento do protótipo elaborado, houve algumas etapas que foram necessárias para que o projeto fosse desenvolvido.

Na fase inicial foram coletadas todas as informações necessárias para desenvolvimento do medidor de pressão arterial, consultando-se bancos de dados digitais e sites de pesquisa, com o objetivo de compreender toda a parte fisiológica, analisar outros projetos de cunho acadêmico e conhecer o que já existe no mercado.

Após o estudo de diversas possibilidades de medição, foi projetado um esfigmomanômetro digital que utiliza o método oscilométrico para obtenção da pressão arterial.

O sensor utilizado para a medição de PA é o transdutor de pressão FPN-07PG da Fujikura©, no qual possui faixa de medição de pressão entre -48,26 e 48,26 kPa e sua saída é dada em tensão elétrica, no qual a faixa de tensão de saída está entre 40 e 130 mV (FUJIKURA, 2014). Inclui ainda uma pêra para inflar um manguito e que gera uma pressão, uma válvula de controle de deflação, um manguito e uma braçadeira. O tubo do manguito de um esfigmomanômetro aneróide, por onde circula a pressão que sai da pêra, foi adaptado para acoplar o sensor.

A caracterização do transdutor foi realizada e a aquisição dos valores de tensão referentes a cada intervalo de pressão foi obtida com uso de um esfigmomanômetro aneróide, e um multímetro digital Minipa, modelo ET-2082C. A medição da tensão de saída do transdutor foi realizada para um faixa de pressão entre 0 a 300 mmHg, com variações de 10 mmHg. Foram realizadas 10 leituras de tensão e a média dessas medições foram utilizadas para determinação da equação da reta que representa a pressão em função da tensão (Equação 1).

$$\text{Pressão} = -7,516 \times 10^2 + 1,961 \times 10^2 \cdot \text{tensão} \quad (1)$$

O transdutor utilizado apresenta um comportamento linear e sua curva característica é ilustrada na Figura 1. Os pontos vermelhos representam a média das medições de tensão realizadas sobre o transdutor e a curva azul foi obtida pelo método de regressão linear sobre os pontos. O coeficiente de correlação para a curva da Figura 1 é de 0,999, o que indica uma forte correlação entre a tensão elétrica de saída e a pressão de entrada.

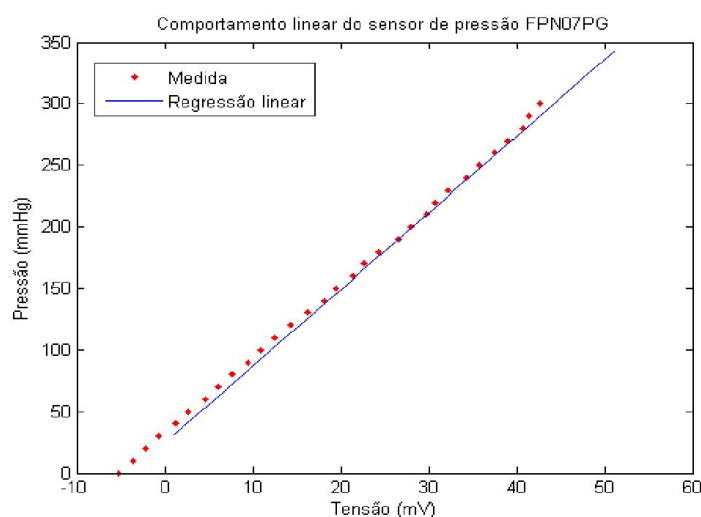


Figura 1 – Curva característica experimental do transdutor FPN - 07PG.

A saída do transdutor de pressão é conectada a dois estágios em série, com finalidades distintas. O primeiro estágio utiliza um amplificador de instrumentação INA126, com ganho ajustável segundo a Equação 2 (TEXAS INSTRUMENTS, 2014). O motivo do uso de um amplificador de instrumentação é que o transdutor de pressão apresenta em sua saída, um pequeno sinal, na ordem de mV. O INA126 é um amplificador diferencial de biopotenciais, que amplifica a diferença de potencial existente em sua entrada, eliminando quase que totalmente o ruído. Isso é possível devido o circuito integrado possuir alto coeficiente de rejeição de modo comum (CMRR), alta impedância de entrada e baixa corrente de polarização. O resistor de ganho do CI (R_g) foi ajustado para 1,47k Ω .

$$G = 5 + \frac{80K\Omega}{R_g} \quad (2)$$

O segundo estágio é composto por um amplificador operacional TL084CN, na configuração de amplificador não-inversor, com ganho de 120, e um filtro passa-alta, com frequência de corte de aproximadamente 0,05 Hz. Esse filtro é responsável pela obtenção dos pulsos oscilométricos, que é a base do método oscilométrico, no qual serão obtidas a PAS e PAD. O sinal é enviado a um microcontrolador ATMEGA328P da Atmel, para realizar a conversão do sinal elétrico em valores de pressão, mostrados em um display de cristal líquido.

Um diagrama resumido do protótipo elaborado para medição de PA é ilustrado na Figura 2.

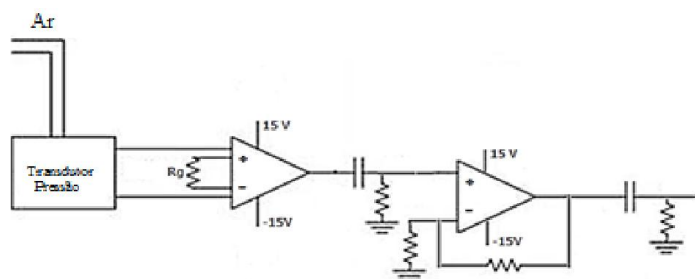


Figura 2 – Diagrama do circuito eletrônico do protótipo elaborado para medição de PA.

4.1. Método Oscilométrico

Na Figura 3 pode ser visualizada a forma de onda característica do pulso oscilométrico obtida, após o sinal ter passado pelo filtro passa-alta. Este foi projetado com uma frequência de corte de 0,05 Hz de modo a bloquear o sinal de pulsação, com frequência aproximada de 0,04 Hz. O sinal de saída do filtro corresponde ao sinal de oscilação, que é constituído pela sístole e a diástole, que oscilam periodicamente na frequência cardíaca, em média de 60 a 90 batimentos por minutos, ou simplesmente entre 1 e 1,5 Hz, como ilustrado na Figura 3.

Segue-se então ao processo de quantificação, isto é, a medição de uma determinada característica do pulso oscilométrico, como, por exemplo, a amplitude, área ou potência desse pulso.

A pressão associada ao pulso de maior oscilação é normalmente determinada como sendo a pressão arterial média. Entretanto, várias técnicas são utilizadas para determinação dos pontos de PAS e PAD. Uma das mais comuns foi descrita por Fabr e (1922) e mais tarde por Benson & Heard (1969), citados por Cerruli (2001), baseando-se em normalizar as

amplitudes das oscilações em relação à máxima oscilação, e encontrar as pressões correspondentes às frações fixas iguais a 0,5, para a PAS, e 0,66, para a PAD.

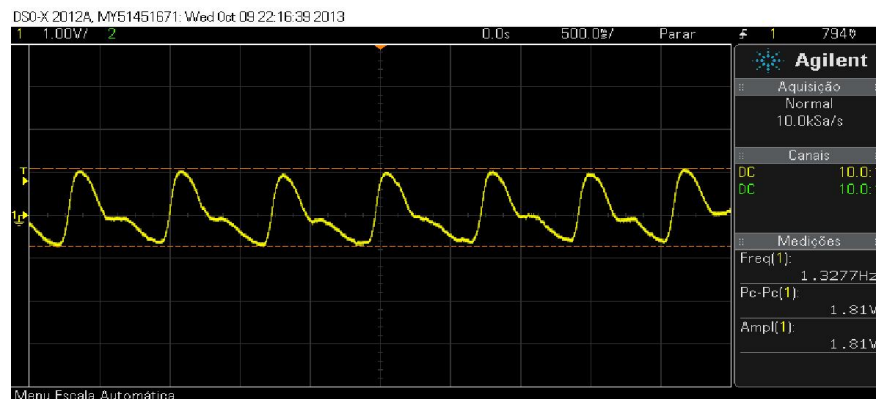


Figura 3 – Pulsos oscilométricos após o filtro passa-alta.

Outro critério comumente utilizado baseia-se em identificar o ponto de maior inclinação na envoltória, formada pelos pulsos oscilométricos. É possível visualizar o sinal característico de pressão, através de um osciloscópio, com a possibilidade de visualização e diferenciação entre as pressões sistólica e diastólica. A Figura 3, adquirida por um osciloscópio Agilent DSOX2012A, ilustra o sinal da pressão arterial normal, após o mesmo passar por um filtro passa baixa.

Vale ressaltar que a primeira tentativa de detecção de pulsos oscilométricos foi realizada através de um microfone de eletreto, adaptado a um estetoscópio, de modo a facilitar a captura dos pulsos, porém o mesmo se mostrou ineficiente para a aplicação desejada, e logo foi eliminada como proposta para construção do protótipo.

Os resultados satisfatórios foram alcançados através da técnica descrita por Fabré (1922) e mais tarde por Benson & Heard (1969), citados por Cerruli (2001).

5. RESULTADOS OBTIDOS COM O PROTÓTIPO

Com o protótipo elaborado, foram observados resultados favoráveis quanto ao desenvolvimento do medidor de pressão instantânea humana. Na primeira fase, o observador deve inflar o manguito até uma pressão suficientemente maior que a sistólica. Foi usado uma interface do microcontrolador Arduino e o Matlab para aquisição dos dados, tornando possível a utilização da técnica escolhida e citada a cima para o desenvolvimento do projeto. O circuito do protótipo desenvolvido é ilustrado na Figura 4.

Na Tabela 1 são indicados os valores de pressão em um intervalo de 0 a 160 mmHg, variando de 20 em 20 mmHg, obtidos pelo esfigmomanômetro digital desenvolvido, em comparação com a leitura do manômetro de um esfigmomanômetro aneróide Premium. Foram realizadas 10 medições, no qual a média dos valores, o erro percentual e o desvio padrão das medições com o protótipo são apresentados na Tabela 1. Os pequenos valores para o erro percentual e o desvio padrão indicam que o protótipo atende as expectativas iniciais do projeto.

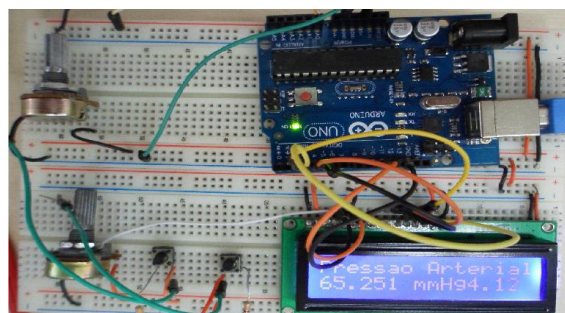


Figura 4 – Circuito do Protótipo do Esfigmomanômetro Digital.

Tabela 1 - Quadro comparativo de pressão entre esfigmomanômetro aneróide e digital.

Pressão (mmHg) Esfigmomanômetro Aneróide	Pressão (mmHg) Esfigmomanômetro Digital	Desvio Padrão (mmHg)	Erro (%)
0	0	0	0
20	18,50	0,23	8,41
40	37,41	0,34	6,93
60	58,54	0,18	2,50
80	77,39	0,31	3,38
100	96,64	0,28	3,48
120	117,12	0,24	2,46
140	137,29	0,27	1,97
160	158,28	0,15	1,09

A segunda fase do projeto é a utilização do método citado por Cerruli (2001), para a detecção das pressões sistólicas e diastólicas. De acordo com o método utilizado, foi realizada a normalização das amplitudes das oscilações em relação à máxima oscilação, que corresponde a PAM (Pressão Arterial Média), encontrando as pressões correspondentes as frações fixas de 0,5 da PAM para a PAS e 0,66 para a PAD. A Figura 5 apresenta o pulso de maior amplitude armazenado no momento das medições, no qual o sinal da PAM está com 130 mmHg, a PAS com 85 mmHg, e a PAD com 65 mmHg que não é possível visualizar no gráfico da Figura 5.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de ensino ABP empregada ajuda na formação de um engenheiro preparado para os problemas encontrados no século XXI, saindo da formação antiga, mais ainda usual, de que o professor é o centro da formação, e não o aluno. Não é consideração dos autores de que deva ser adotada para todas as disciplinas, devendo cada caso ser avaliado para a adoção.

O uso da tecnologia destinada à área médica vem, gradativamente, conquistando espaço. A tendência é que, a curto e médio prazo, a aferição de pressão arterial seja realizada predominantemente pelo próprio paciente, sem a necessidade de um especialista para medi-la. Essa é uma das vantagens do método oscilométrico com relação ao método da ausculta, que é de fácil manuseio e bastante intuitivo.

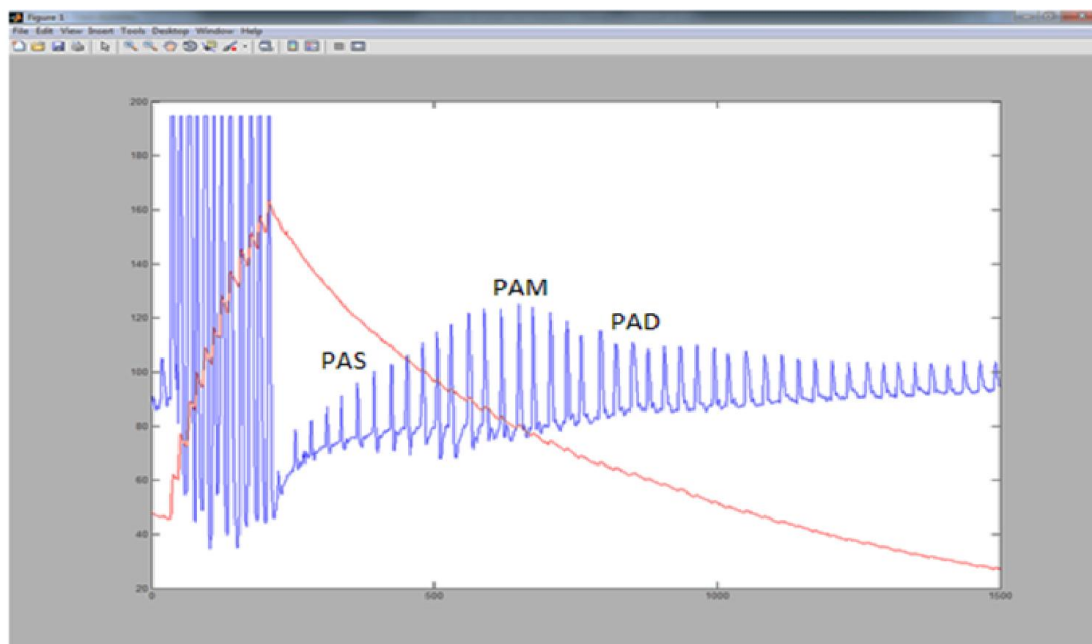


Figura 5 – Sinal de pressão e sinal de oscilação superpostos, com indicação de PAM, PAS e PAD.

Com o esfigmomanômetro digital é possível gravar dados, referentes às medições anteriores, e realizar o acompanhamento da pressão arterial do paciente, facilitando assim o diagnóstico médico. Deste modo, o protótipo será evoluído para que sejam armazenados os dados das últimas 10 medições.

O projeto também será continuado para que possam ser determinadas as pressões arteriais de um grupo maior de amostras, com diferentes problemas de saúde, validando o protótipo elaborado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFPB pelo apoio na elaboração do projeto e no envio do artigo ao Cobenge 2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELGHAZI, J. *et al.* Validation of four automatic devices for self-measurement of blood pressure according to the International Protocol of the European Society of Hypertension. *Vascular Health and Risk Management*, v.3, n.4, pp. 389-400, 2007.

CERULLI, M. O método oscilométrico de medição de pressão arterial. *Revista Hipertensão*, v.3, n.3, pp. 110-115, 2001.

FREITAS, R. A. M. M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. *Revista Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 38, n. 02, p. 403-418, abr./jun, 2012.

FUJIKURA. FPN datasheet. Disponível em: <http://www.fujikura.co.jp/eng/products/electronic/sensor/data/fpn_e.pdf>. Acesso em abril de 2014.



GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Tratado de Fisiologia Médica, 12ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

LUNARDI, C. C. *et al.* Avaliação da pressão arterial com aparelho digital e esfigmomanômetro aneróide. Revista EFDeportes, n. 106, 2007.

ISLAM, M. M. *et al.* Development of a noninvasive continuous blood pressure measurement and monitoring system. IEEE/OSA/IAPR International Conference on Informatics, Electronics & Vision, 2012.

PAN, H.; JUNPING, H. A novel digital sphygmomanometer using Cortex-M3 microcontroller. 2011 2nd International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2011.

SBH - SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO. Hipertensão: silenciosa, doença atinge um em cada três brasileiros. Disponível em: <<http://www.sbh.org.br/geral/sbh-namidia.asp?id=416>>. Acesso em: abril, 2014.

RIBEIRO, L. R. C. A aprendizagem baseada em problemas (PBL) – Uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores. UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos. 205p, II. Tese (Doutorado), 2005.

TEXAS INSTRUMENTS. INA126/INA2126 microPower instrumentation amplifier – Single and dual precision. Disponível em: < <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina126.pdf>>. Acesso em abril de 2014.

ZHU, P.; CHEN, L. Design of automated oscillometric electronic sphygmomanometer. 2010 International Conference on Future Information Technology and Management Engineering. 2010.

DEVELOPMENT OF A DIGITAL SPHYGMOMANOMETER AS A TOOL IN THE AID OF PRACTICAL OF BIOENGINEERING COURSES

Abstract: *This paper describes the development of a digital sphygmomanometer, to aid in the practical teaching subjects in the field of bioengineering, facilitating the understanding of concepts such as, electronic instrumentation, filtering and biomedical signal processing, as well as contact with the programming of embedded electronic devices. This work is divided in two phases, in which in the initial phase is to acquire blood pressure by a transducer circuit and its conversion into pressure levels is performed in a ATMEGA328 microcontroller. Then, it's occurs the extraction of the oscillometric pulses through a high pass filter. The prototype developed for the measurement of blood pressure is based on the oscillometric pulse technique, which was developed in the Electronics Instrumentation course, held at the Electrical Engineering Undergraduate in the IFPB through the use of the teaching methodology, Problem Based Learning (PBL).*

Key-words: *Sphygmomanometer, Blood pressure, Oscillometric pulse, Problem based learning, Electronic instrumentation.*