

ANÁLISE EM TEMPO-REAL DA VARIAÇÃO INTRA-CÍCLICA DA VELOCIDADE DE ATLETAS: UMA ABORDAGEM BASEADA EM LABVIEW®

*José Gonçalves*¹, *José Batista*², *João Rocha*³ e *Tiago M. Barbosa*⁴

¹ Departamento de Electrotecnicia, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança; goncalves@ipb.pt

² Departamento de Electrotecnicia, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança; ibatista@ipb.pt

³ Departamento de Tecnologia Mecânica, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança; jrocha@ipb.pt

⁴ Departamento de Desporto, Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Bragança; Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, Vila Real; barbosa@ipb.pt

PALAVRAS CHAVE: LabVIEW, locomoção, robótica industrial, sensores, instrumentação

RESUMO: *Este artigo descreve o desenvolvimento de um software baseado em LabVIEW® para a leitura de velocidade de atletas em meio aquático (p.e, natação) e em meio terrestre (marcha). Os dados em tensão adquiridos por uma placa de aquisição de dados USB de baixo custo, fornecidos pelo equipamento comercial swim speedo-meter da empresa swimsportec. O software desenvolvido permite a visualização em tempo-real dos dados de velocidade e também permite a sua análise à posterior sendo guardados num ficheiro. Os valores de tensão para as diferentes velocidades foram obtidos executando deslocamentos lineares com recurso a um robô industrial ABB IRB 1400 existente no Laboratório de Automação Controlo e Robótica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança.*

1 INTRODUÇÃO

Para análise postural dinâmica podem ser utilizadas diversas técnicas de recolha de dados cinemáticos. Uma dessas técnicas, dada a facilidade de implementação e rapidez na recolha dos dados é velocimetria mecânica com recurso a sistema de cabo. Nesta técnica, o sujeito a ser avaliado é conectado a um cabo ao nível da anca e que se desenrola de um carroto que converte a velocidade angular em linear através de sensor electromagnético ou óptico. Esta técnica é habitualmente utilizada em contextos desportivos (para análise da locomoção terrestre e aquática), mas com potencialidades em contextos clínicos. As variáveis cinemáticas que tipicamente são avaliadas são a variação intra-cíclica da

velocidade horizontal de deslocamento, a velocidade máxima, etc.

Um dos hardwares disponíveis no mercado é o velocímetro da Swimsportec® (Hildesheim, Alemanha). Este sistema implica cumulativamente a utilização de uma carta de aquisição para conversão dos dados analógicos em digitais e respectiva transferência para um computador pessoal.

Para a leitura e interpretação da velocidade dos sujeitos foi desenvolvida uma aplicação de software em LabVIEW® (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench). Este software de ambiente gráfico, muito eficaz e amplamente utilizado no desenvolvimento de aplicações de aquisição de dados, proporciona óptimos

desempenhos e interfaces gráficas muito agradáveis e funcionais.

Foi objectivo deste trabalho descrever o processo de: (i) calibração do equipamento; (ii) concepção e desenvolvimento do software para aquisição e interpretação dos dados; (iii) estudo preliminar de validação do sistema integrado.

2 CURVAS CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO SWIM SPEEDO-METER

O elemento sensor em estudo (i.e., swim speedo-meter Swimspotec®) tem saída em tensão, tendo disponíveis 3 gamas de medida, as quais podem ser seleccionadas pelo utilizador dependendo da máxima velocidade esperada. As gamas disponíveis são: 0-1,5 [m/s], 0-3 [m/s] e 0-4,5 [m/s]. A parte lateral do equipamento, referente à saída analógica, escolha da gama de medida e alimentação, do equipamento está ilustrada na **figura 1**.

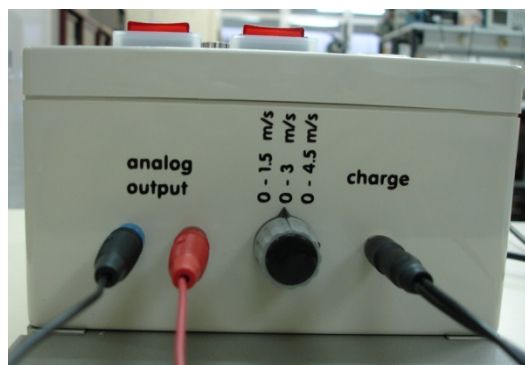


Fig. 1 Vista lateral do equipamento swim speedo-meter

Para calibrar o sistema de medida foi necessário um sistema de validação externo, usado enquanto referência. A escolha da utilização de um robô industrial neste trabalho, deve-se ao facto de este garantir repetibilidade e precisão nos ensaios realizados. O robô utilizado foi o IRB 1400 da ABB com o controlador S4, sendo comumente usado na indústria em operações, essencialmente, de manipulação, soldadura e pintura. As operações destinadas a estas máquinas são tipicamente repetitivas e/ou perigosas, sendo desadequadas aos

humanos [1]. O sistema de medida comercial swim speedo-meter relaciona sinais de tensão com velocidades, sendo estas fornecidas na preparação experimental realizada, por deslocamentos lineares a velocidade constante do robô industrial. Os valores utilizados para calibração, i.e., as tensões fornecidas pelo sistema de medida de velocidade, são adquiridos por uma carta de aquisição de dados de baixo custo, para posterior análise, recorrendo-se a uma aplicação auxiliar desenvolvida pelos autores em LabVIEW. A preparação experimental descrita para a calibração do elemento sensor está exemplificada na **figura 2**.

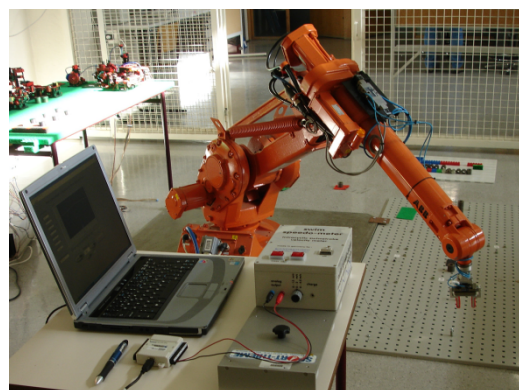


Fig. 2 Preparação experimental para calibração do elemento sensor

Recolhidos 15 valores de tensão para cada uma das três gamas de funcionamento, com incrementos de 0,1 [m/s], 0,2 [m/s] e 0,3 [m/s], respectivamente, foram obtidas as curvas características do elemento sensor. Como exemplo, são mostrados na **figura 3**, os dados obtidos para a gama de 0-1,5 [m/s], tendo esta curva sido aproximada a um polinómio de 3.^a ordem. A equação do polinómio obtida é utilizada na aplicação de software desenvolvida no âmbito deste artigo e descrita na secção 3.

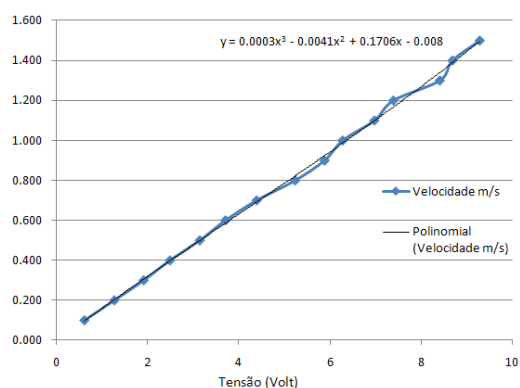


Fig. 3 Curva característica obtida na gama 0-1,5 [m/s]

3 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DESENVOLVIDA EM LABVIEW

Um programa em LabVIEW designa-se por VI (Virtual Instrument), devido à sua aparência e modo de funcionamento “imitarem” instrumentos reais, tais como os osciloscópios, multímetros ou outros aparelhos de medida. Os VIs utilizam funções que manipulam a informação proveniente da interface com o utilizador e apresentam-na, depois de processada, em gráficos, ou transferem-na para ficheiros ou para outros computadores [2-3].

Na recolha dos dados foi utilizada uma carta de aquisição de dados de baixo custo da National Instruments®, designadamente a NI-USB 6008, ligada a um PC portátil via porta USB. Esta carta permite uma taxa de amostragem até 10k [Hz], tem 8 entradas e 2 saídas analógicas com 12 bit de resolução, e possui 12 linhas digitais configuráveis como entrada/saída. Uma das entradas analógicas da carta é ligada directamente à saída analógica do equipamento swim speedo-meter, no modo RSE (Referenced Single Ended).

A **figura 4** mostra o painel frontal da primeira versão (v 1.0) da aplicação desenvolvida. A taxa de amostragem utilizada é de 50 [Hz], podendo no máximo ir até 10k [Hz]. Quando é pressionado o botão “Iniciar Corrida” é iniciada a aquisição dos dados em modo contínuo, sendo mostrada graficamente em tempo real a curva da velocidade em [m/s] do sujeito. O eixo horizontal corresponde ao tempo com visualização de valores até ao segundo. O gráfico $v(t)$ é construído com a

aquisição de uma amostra do sinal de tensão de 20 em 20 ms, sendo esta amostra processada para obter o valor instantâneo da velocidade (aplicando as equações das curvas características), e à mesma cadência é representado o valor resultante em [m/s] no gráfico. No final do ensaio é mostrado o valor máximo da velocidade instantânea conseguida pelo atleta. Em termos de código do software, estes procedimentos são implementados recorrendo à estrutura do LabVIEW (v. 2009) designada “Timed Loop”. O código dentro desta estrutura é executado em cada iteração a uma cadência especificada pelo programador. Várias funções adicionais no gráfico (zoom, scroll, formatação de eixos, limpar gráfico, seleccionar espaços temporais na janela, etc) estão disponíveis utilizando o rato.

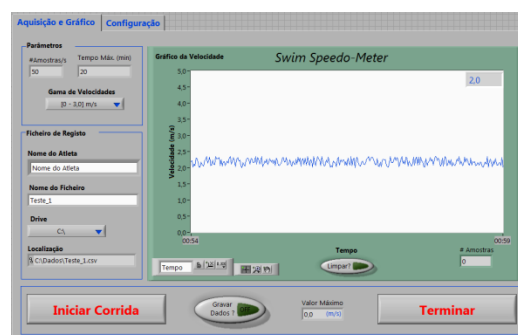


Fig. 4 Painel Frontal da aplicação desenvolvida

Um dos parâmetros configuráveis no software, de forma a obter melhor precisão nas medidas, é a gama de velocidades. De acordo com o hardware do equipamento swim speedo-meter existem três gamas de medida. Caso o sujeito, cuja velocidade esteja a ser monitorizada, ultrapasse a gama seleccionada é emitida uma mensagem de aviso via painel frontal.

Além de visualização gráfica, o software permite registar os dados em ficheiro no formato csv (comma separated values), que permite abrir directamente no Excel®. Estes dados tabelados são constituídos por um cabeçalho e duas colunas de valores numéricos. O cabeçalho tem o nome do atleta e o nome da informação das colunas. Numa coluna ficam registados os valores da velocidade e na outra coluna os intervalos de

amostragem (incremento do período de amostragem). Automaticamente o software cria em disco uma pasta onde são guardados estes ficheiros de dados.

Na secção “Configuração” (não visível no painel frontal da **figura 4**) é mostrada informação adicional sobre o sistema, incluindo fotografias e modos de ligações eléctricas. A utilização da aplicação é bastante intuitiva, sendo todos os botões e caixas do painel frontal acompanhados de uma breve descrição sobre as suas funcionalidades. Esta descrição torna-se visível passando o apontador do rato por cima dos objectos.

4 VALIDAÇÃO PRELIMINAR

Para uma validação preliminar do sistema integrado solicitou-se a três sujeitos que se deslocassem numa gama variada de velocidades ao longo de catorze ensaios desde intensidades muito reduzidas (i.e., marcha) até maximais (i.e. corrida) ao longo de 10 [m]. Cada ensaio foi registado com: (i) o swim speedo-meter da Swimsportec® conectado à anca do sujeito ($f = 50$ Hz) e; (ii) com um radar (Stalker Pro, Stalker Radar, Plano, Texas, USA) ($f = 32$ Hz). A validação preliminar foi efectuada por análise do valor de velocidade máxima registado por cada equipamento em cada ensaio, após re-amostragem dos sinais através de interpolação. Para análise dos dados socorreu-se de: (i) comparação dos valores médios através do teste T-Student; (ii) modelos de regressão linear e; (iii) de plots de Bland-Altman [4]. A **figura 5** apresenta uma curva tipo no painel frontal da aplicação desenvolvida após um ensaio.

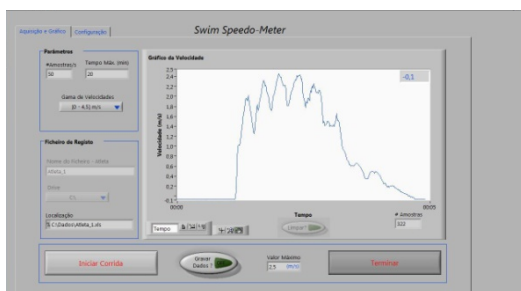


Fig. 5 Resultados no Painel Frontal da aplicação desenvolvida após ensaio com um dos sujeitos

A figura 6 apresenta os resultados referentes ao processo de validação preliminar do sistema integrado. O teste T-Student não evidenciou diferenças estatisticamente significativas nos valores de velocidade máxima entre os dois equipamentos ($p > 0,05$). O coeficiente de determinação entre os dois equipamentos foi muito elevada ($R^2 = 0,91$; $p < 0,001$) e os limites do intervalo de confiança para 95% bastante próximos. Quanto aos plots de Bland-Altman nenhum par de valores ultrapassou os limites do intervalo de confiança de 95%.

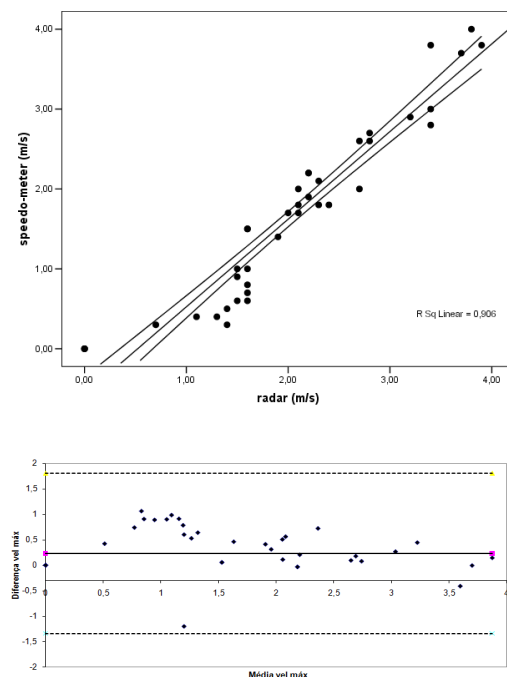


Fig.6 Scatter gram e plots de Bland-Altman para validação do sistema integrado

5 CONCLUSÕES

A aplicação de software desenvolvida, recorrendo à plataforma LabVIEW, revela-se muito robusta, com bom desempenho, intuitiva na sua utilização, e com aspecto gráfico muito agradável.

Pelo facto de neste sistema integrado ser utilizada uma carta de aquisição de dados de baixo custo com barramento USB, existindo a possibilidade de implementar novas funções em software rapidamente, quer em termos de processamento matemático e/ou estatístico, ou

representação gráfica, considera-se este sistema muito interessante.

Foi desenvolvido um sistema integrado para aquisição, leitura e interpretação do sinal velocimétrico obtido a partir do sensor swim speedo-meter da Swimsportec®. Após calibração e concepção/desenvolvimento do sistema integrado este apresentou uma muito elevada validade e precisão para avaliação de técnicas de locomoção em meio terrestre.

REFERÊNCIAS

- [1] P. Groover, Mikell, Mitchel Weiss, Roger N. Nagel and Nicholas G. Odrey, *Robótica Tecnologia e Programação*, McGraw-Hill, 1989.
- [2] Bitter, T. Mohiuddin, M. Nawrocki, *LabVIEW Advanced Programming Techniques*, CRC Press LLC, 2001.
- [3] Peter A. Blume, *The LabVIEW Style Book*, Pearson Education, Inc., 2007.
- [4] Bland, J.M., Altman, D.G. Statistical method for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet* 1986; i: 307-310

