
NOTA TÉCNICA:

**AVALIAÇÃO DE UM SENSOR DE FLUXO UTILIZANDO PLACA MICROCONTROLADORA
ARDUINO**

Ricardo Ferreira Garcia¹, Rodrigo Cavalcante de Lima², Carmen Maria Coimbra Manhães³

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo utilizar uma plataforma de computação física de código fonte aberto e de baixo custo para avaliação de um sensor de fluxo, utilizado na determinação de consumo de combustível de máquinas agrícolas pelo Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em ensaios na área de mecanização agrícola. Utilizou-se uma placa microcontroladora e um sensor de fluxo volumétrico para desenvolver o sistema de aquisição de dados. No ambiente Arduino, foi criado um aplicativo especificamente com a função de realizar a leitura de dados do sensor de fluxo de fluido e observou-se ótimo funcionamento do aplicativo desenvolvido na função de determinar o volume de fluido por meio do sensor.

Palavras-chave: aquisição de dados, automatização, combustível, máquinas agrícolas, transdutor.

ABSTRACT

EVALUATION OF A FLOW SENSOR USING AN ARDUINO MICROCONTROLLER BOARD

This work sought to use an open-source physical computing and low cost platform for evaluation of a flow sensor used to measure fuel consumption of agricultural machinery at the Laboratory of Agricultural Engineering of the Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, in a test area of the agricultural mechanization department. A microcontroller board and a flow meter were utilized for development of the measurement system. Using the Arduino environment, an application was specifically developed to acquire fluid flow data and excellent functioning of the developed application was observed to determine the fluid volume via the flow meter.

Keywords: agricultural machines, automation, data acquisition, fuel, transducer.

Recebido para publicação em 24/10/2014. Aprovado em 26/02/2015.

1 - Eng. Agrícola, Professor da UENF/Campos dos Goytacazes-RJ, Email: garcia@uenf.br

2 - Eng. Agrônomo, Bolsista da UENF/Campos dos Goytacazes-RJ, Email: digu_lima@yahoo.com.br

3 - Eng. Agrônoma, Professora do IFTO/Dianópolis-TO, Email: carmenmanhaes@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A aquisição de dados para a avaliação operacional de uma máquina agrícola tem como objetivo apresentar ao observador os valores das variáveis, ou parâmetros, que estão sendo medidos. Geralmente, este valor numérico, ou medido, não é igual ao valor real da variável, ou seja, o sistema de aquisição tem como entrada o valor real da variável e sua saída é o valor medido (GARCIA, 2002).

Uma vez que a tomada de dados é uma das etapas mais trabalhosas de um ciclo de pesquisa, pode-se automatizar o sistema de aquisição sem comprometer a precisão, reduzindo os erros gerados pela transcrição de dados, eliminando as variações induzidas pelo operador nos processos de coleta de dados e aumentando a taxa de leitura dos mesmos (JOHNSON, 1997).

A grande maioria dos cientistas e pesquisadores utiliza computadores pessoais com placas de expansão para aquisição de dados em pesquisas laboratoriais, controle industrial e em testes e medições. Na agricultura, vários pesquisadores têm trabalhado em diferentes áreas, utilizando algum tipo de sistema de aquisição de dados com a finalidade de monitorar eventos em suas pesquisas. A versatilidade de um sistema de aquisição também se torna importante, permitindo sua adaptação para diferentes pesquisas (GARCIA *et al.*, 2003).

A configuração, o controle e monitoramento da aquisição de dados podem ser realizados com o auxílio de sistemas de aquisição de baixo custo, como o Arduino, criado em 2005 para facilitar o aprendizado de eletrônica e programação.

Este sistema é uma plataforma física computacional com código aberto baseada em um microcontrolador simples, e um ambiente de desenvolvimento para escrever programas para a placa de controle. Pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos, tendo entradas a partir de uma variedade de sensores ou interruptores, e controle de uma variedade de luzes, motores e outras saídas físicas. Projetos Arduino podem ser independentes (*stand-alone*), ou eles podem se comunicar com programas rodando em seu computador, como Flash, Processing e MaxMSP. As placas podem ser montadas à mão ou compradas pré-montadas, e o código aberto pode

ser baixado gratuitamente. A sua linguagem de programação é uma aplicação baseada em Wiring, semelhante a uma plataforma computacional física, que é fundamentada no ambiente de programação de Processing multimídia (ARDUINO, 2013).

A sua utilização está amplamente difundida no mundo devido ao seu baixo custo; facilidade de operação por ter uma linguagem simples e por ter *software* e *hardware* tipo open-source; e uso em diversas plataformas (*Windows*, *Macintosh OSX* e sistema operacional *Linux*).

Visando a determinação de temperatura e umidade relativa do ar, Soares *et al.* (2012) utilizaram o Arduino aplicado como um sistema simples de aquisição de dados, mostrando-se uma opção viável e atrativa a partir de sua fácil interface de programação, indicado para usuários iniciantes e intermediários.

Com o objetivo de criar uma versão de baixo custo de um sistema de medição de deformações em estruturas na área de Engenharia Civil, Dinis (2010) utilizou a plataforma Arduino Duemilanove como plataforma de interface com o LabVIEW e obteve um sistema de aquisição de baixo custo em detrimento das dispendiosas placas de aquisição de dados.

Souza *et al.* (2011) apresentaram exemplos de algumas aplicações didáticas da placa Arduino para o ensino de física, que se restringiram basicamente ao seu uso como placa de aquisição de dados. Entretanto, os autores citaram que as possibilidades de aplicação vão muito além, ressaltando que aplicações em pequenos componentes eletrônicos como resistores, termistores e LDR's, podem ser usados com transdutores de muito baixo custo como complementos muito simples para a placa Arduino. Além disto, todo o sistema de aquisição de dados tem alta portabilidade, sendo conveniente para experiências de campo, quando usados com um *laptop*.

Galante e Garcia (2014) desenvolveram um sistema de aquisição de dados usando o Arduino com um GPS e um sensor acoplado a sua placa, armazenando os dados num cartão de memória. Com os dados obtidos, foi possível gerar mapas temáticos apresentando o comportamento espacial da temperatura na área amostrada, validando a eficiência do equipamento.

Cavalcante *et al.* (2011), apresentaram, em seu trabalho, diferentes modos de operar o Arduino para funcionar como uma interface alternativa na aquisição e automação de dados em atividades experimentais de física via porta *USB* do computador. Foi selecionado como exemplo de aplicação o estudo de carga e descarga de um capacitor. As etapas de interação com o Arduino passaram pelo processo de construção do circuito, coleta e armazenagem de dados em formato *txt* e visualização gráfica em tempo real através da linguagem *Processing*. Para cada etapa, foram apresentadas propostas didáticas de utilização, todos os códigos fontes necessários para a interação com o Arduino, além de links para acesso a tutoriais que possibilitam a reprodução deste e outros experimentos.

Kamogawa e Miranda (2013) utilizaram a plataforma de hardware open source, Arduino para controlar válvulas solenoides para soluções de tratamento em sistemas de análise de fluxo. Nas avaliações, observaram que o Arduino provou ser um microcontrolador confiável com baixo custo e interface simples, permitindo a comunicação *USB* com dispositivos solenoides utilizados em sistemas de fluxo.

Sabo *et al.* (2011) desenvolveram um aplicativo, utilizando o Arduino, com o objetivo de criar um sistema computacional integrado de apoio à agricultura familiar focado na viticultura. O sistema consiste no conjunto de microestações agrometeorológicas que fazem a leitura de sensores que monitoram a plantação e são dotadas de dispositivos de comunicação sem fio e juntas formam uma rede, que continua funcionando e se adapta a situações de maneira dinâmica. O sistema visa oferecer uma base de dados com informações agrometeorológicas aos agricultores e que, a partir das informações oferecidas os usuários, possam elaborar o planejamento adequado do manejo e cultivo da cultura, e colher todos os benefícios advindos do uso dessa tecnologia de apoio.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar um sensor de fluxo utilizando um sistema de aquisição de dados Arduino, buscando a coleta de dados de uma forma eficiente e de baixo custo e a redução dos erros tradicionais gerados pela coleta de dados convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do sistema de aquisição de dados, foi utilizado como hardware a placa modelo Arduino UNO (Figura 1) e um computador. O programa utilizado foi o ambiente de desenvolvimento Arduino 1.0.5, na versão de instalação para sistema operacional *Windows*.

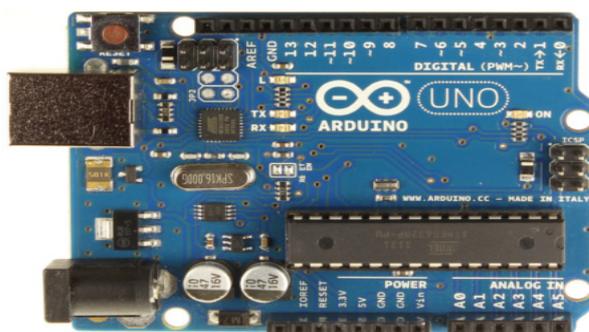


Figura 1. Placa Arduino UNO.

Utilizando-se o ambiente de desenvolvimento Arduino (Figura 2), foi desenvolvido um aplicativo para aquisição automática de dados. O aplicativo teve a função de apresentar os dados de fluxo de fluido na porta serial *USB*, enquanto lidos pelo sensor de fluxo.

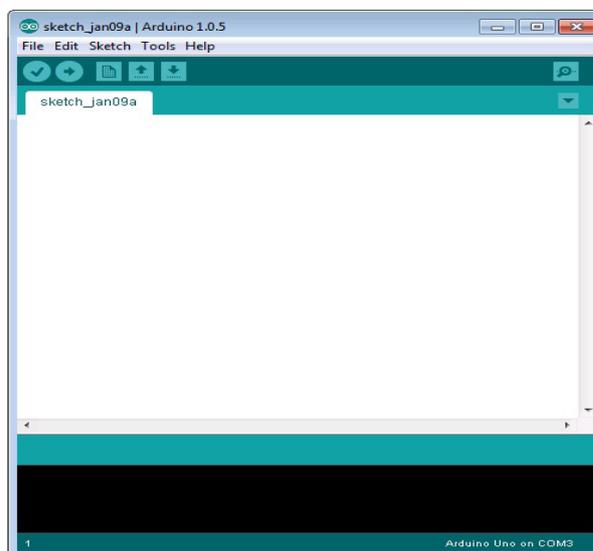


Figura 2. Ambiente de desenvolvimento Arduino 1.0.5.

Para a determinação do fluxo de fluido, foi utilizado o sensor de fluxo modelo Oval M-III

LSF45L0-M2, com sensor magnético, unidade de leitura de pulso de 10 mL pulso⁻¹, fluxo máximo de 500 L h⁻¹, alimentação de 12 a 24 V de corrente contínua (VCC), consumo máximo da 10 mA e pulso de saída do tipo 0/1 = máximo 0,5 VCC / 6,2 a 7,6 VCC, com resistência mínima de 10 kΩ. O sensor foi conectado numa placa de terminais modelo *Protoboard* 840, e utilizando-se fios *jumpers*, e cabo *USB AB*, realizou-se a ligação do sensor, placa Arduino e computador (Figura 3).

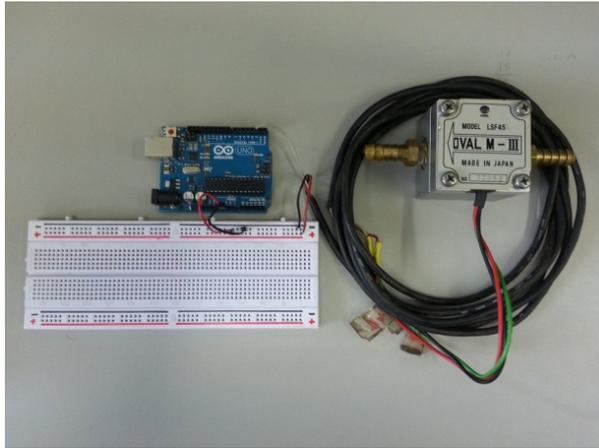


Figura 3. Conexão do sensor e placa Arduino.

O sistema de aquisição de dados foi testado com a finalidade de verificar a precisão dos dados provenientes do sensor e calibrá-lo.

O sensor foi avaliado utilizando-se a medição de volumes previamente determinados de água, de 250, 500, 1.000 e 2.000 mL, à temperatura de 20 °C. Utilizou-se, para a determinação do volume, uma proveta de medição com graduação, com capacidade de 250 mL, ± 2 mL. Uma vez que o sensor é projetado para atender diversos tipos de fluidos, incluindo óleos combustíveis e lubrificantes, querosene e produtos químicos em geral, utilizou-se neste ensaio a água pela facilidade em manipulação e pela proximidade de sua densidade com o diesel, que é o principal combustível de tratores agrícolas.

Os dados provenientes do sensor foram coletados através da porta serial *USB* do *PC*, sendo apresentados em tela do programa Arduino.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo desenvolvido inicia sua execução

com a estrutura de declaração de variáveis, definindo a porta digital 2 da placa Arduino conectada ao sensor e os valores iniciais das variáveis que serão utilizadas no sistema: *buttonPin*, *buttonPushCounter*, *buttonState*, *lastButtonState* e *calc*.

Em seguida, realiza a estrutura de *SETUP*, com a definição do modo de funcionamento da porta como entrada (*INPUT*), assumindo a variável *buttonPin*, e início da transmissão serial com definição da taxa de transmissão de dados de 9600 *bauds*. Define ainda o pino do *led*, a variável *ledPin*, como saída.

Na sequência, o aplicativo inicia a estrutura de *LOOP*, realizando a contagem dos pulsos quando detectados pela porta de entrada, comparando o estado da porta de entrada com sua situação anterior. Caso o estado da porta tenha se alterado, quando existe um pulso emitido pelo sensor de fluxo, ocorre o incremento no contador do sistema. O sistema converte o pulso para volume, onde o pulso corresponde a 10 mL, de acordo com as características do sensor, e imprime a saída da porta serial da placa Arduino para entrada do *PC* em tela serial (Figura 4).

Os pulsos contabilizados pelo sistema foram registrados como fluxo de fluido pelo sensor de forma acumulada como consumo em litros.

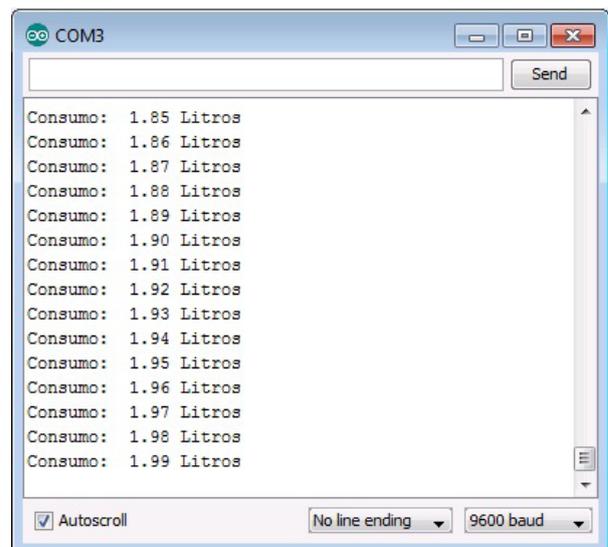


Figura 4. Tela de apresentação dos dados do aplicativo desenvolvido.

O aplicativo utilizado para a determinação do fluxo de fluido utilizou o código fonte apresentado no Quadro 1.

O sensor de fluxo foi conectado ao sistema

de aquisição de dados implementado, e avaliado em laboratório. A comparação dos valores determinados pela proveta e pelo sensor de fluxo está apresentada na Figura 5.

Quadro 1. Código fonte do aplicativo para determinação de fluxo de fluido

```

/*
Code modified by Ricardo F Garcia – garcia@uenf.br

Original code
State change detection (edge detection)
created 27 Sep 2005
modified 30 Aug 2011
by Tom Igoe

This example code is in the public domain.

http://arduino.cc/en/Tutorial/ButtonStateChange
*/

// this constant won't change:
const int buttonPin = 2; // the pin that the pushbutton is attached to

// Variables will change:
int buttonPushCounter = 0; // counter for the number of button presses
int buttonState = 0; // current state of the button
int lastButtonState = 0; // previous state of the button
int calc = 0;

void setup() {
// initialize the button pin as a input:
pinMode(buttonPin, INPUT);
// initialize the LED as an output:
pinMode(ledPin, OUTPUT);
// initialize serial communication:
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
// read the pushbutton input pin:
buttonState = digitalRead(buttonPin);

// compare the buttonState to its previous state
if (buttonState != lastButtonState) {
// if the state has changed, increment the counter
if (buttonState == HIGH) {
// if the current state is HIGH then the button
// went from off to on:
buttonPushCounter++;

Serial.print("Consumo: ");
Serial.print(buttonPushCounter * 0.01); // 0.01 is the factor 10 mL per pulse of the flow meter Oval
MIHLSF45LOM2
Serial.println(" Litros");

}

}
// save the current state as the last state,
//for next time through the loop
lastButtonState = buttonState;
}

```

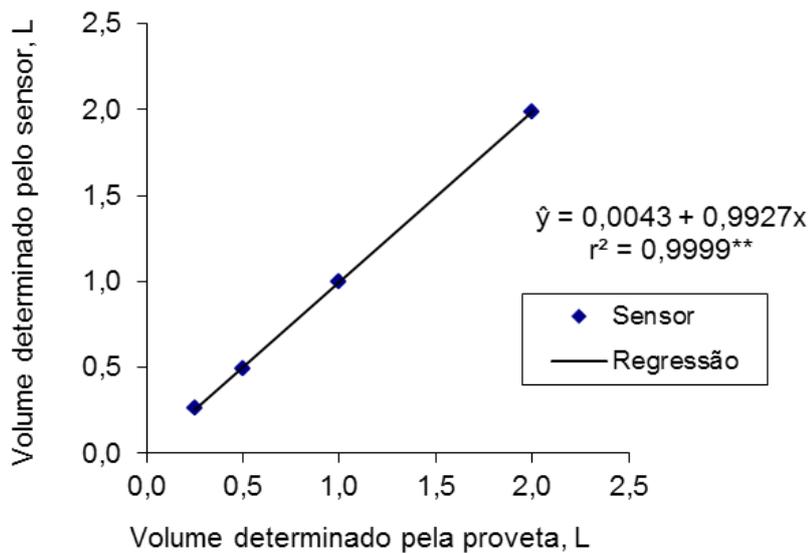


Figura 5. Comparação dos dados obtidos em ensaio do sensor de fluxo.

Os valores determinados pela proveta e os valores determinados pelo sensor de fluxo apresentaram ajustamento estimado pela equação linear $y=0,0043+0,9927x$, com coeficiente de determinação $r^2 = 0,9999$, sendo o modelo estatisticamente significativo ao nível de 1% de probabilidade. O diagrama de dispersão apresenta uma correlação positiva das variáveis.

Levando-se em conta o baixo custo na realização deste experimento, bem como a simplicidade em sua execução, é possível julgar que os resultados foram altamente satisfatórios, e que o Arduino, aplicado como um sistema de aquisição automática de dados, mostrou-se uma opção viável e atrativa a partir de sua fácil interface de programação, indicado para usuários iniciantes e intermediários.

CONCLUSÕES

- O aplicativo desenvolvido apresentou facilidade de operação do sistema, permitindo rapidez na operação de aquisição de dados, e a capacidade de combinar o sistema implementado para atender a demandas de diversas pesquisas, podendo ser utilizado em diferentes tipos de máquinas agrícolas e em diferentes necessidades de aquisição de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO. **Arduino Home Page**. Disponível em: <<http://www.arduino.cc>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2013.

CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n.4, p.4503, 2011.

DINIS, F.J.V. **Sistema de instrumentação de baixo custo compatível com o LabVIEW**. Funchal. 2010. 13 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Redes) - Universidade da Madeira, Funchal, 2010.

GALANTE, A.C.; GARCIA, R.F. Sistema de aquisição de dados de sensores de baixo custo baseado no Arduino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 6, 2014, São Pedro. **Anais...** Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014. Disponível em: <http://www.sbea.org.br/conbap/crbst_4.html>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.

GARCIA, R.F. **Simulação do comportamento dinâmico de uma colhedora de feijão**. Viçosa.

2002. 86f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

GARCIA, R.F.; QUEIROZ, D.M. de; MIYAGAKI, O.H.; PINTO, F.A.C. Programa computacional para aquisição de dados para avaliação de máquinas agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.375-381, 2003.

JOHNSON, G.W. **Lab VIEW graphical programming: practical applications in instrumentation and control**. New York: McGraw-Hill, 1997. 665p.

KAMOGAWA, M.Y.; MIRANDA, J.C. Uso de hardware de código fonte aberto “Arduino” para acionamento de dispositivo solenoide em sistemas de análises em fluxo. **Química Nova**, v.36, n.8, p.1232-1235, 2013.

SABO, P.H.; MARTINI, J.A.; GONCALVES, P.C.; LEONARDO, E.J.; CRUZ, E.H.M. Sistema embarcado para aquisição de dados agrometeorológicos. In: WORKSHOP DE SISTEMAS EMBARCADOS WSE-SBESC, 2, 2011, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. p.122-132.

SOARES, L.H.J.; PEREIRA, G.A.; SPALDING, L.E.S. O Arduino aplicado como um sistema de aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22, 2012, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2012. 4f.

SOUZA, A.R. de; PAIXÃO, A.C.; UZÊDA, D.D.; DIAS, M.A.; DUARTE, S.; AMORIM, H.S. de. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n.1, p.1702. 2011.