

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/305771112>

# Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ: Análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35

Conference Paper · January 2014

CITATIONS

5

READS

5,405

5 authors, including:



**João Lucas de Souza Silva**  
University of Campinas

43 PUBLICATIONS 87 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Michelle Melo Cavalcante**  
University of Campinas

32 PUBLICATIONS 53 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Esdriane Cabral Viana**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

16 PUBLICATIONS 37 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



LaBoot: Protótipo de um robô laboratório para exploração de ambientes com aplicação prática e educacional [View project](#)



Power Optimizers for Photovoltaic Systems (POPS) [View project](#)

# Plataforma Arduino integrado ao PLX-DAQ: Análise e aprimoramento de sensores com ênfase no LM35

João Lucas de S. Silva<sup>1</sup>, Michelle M. Cavalcante<sup>1</sup>, Romério da S. Camilo<sup>1</sup>, Adailton L. Galindo<sup>1</sup> e Esdriane C. Viana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) - Avenida Marcondes Ferraz, 200 – 48.607.000 – Paulo Afonso – BA – Brasil

{jllucas.silva, michellemelo.c}@ifba.edu.br, romeriocamilol@gmail.com, lucas\_galindo\_pa@hotmail.com, esdriane@gmail.com

**Abstract.** *The research aims to use an electronic tool to obtain data, which are acquired by sensors and thereby welcome them and store them in Excel spreadsheets, thus enabling the use of statistical methods to study and / or reviews of electronic components. As a solution, we used the Arduino platform and sensor LM35 (Temperature Sensor) as an example, the integrated PLX-DAQ (Data Acquisition Parallax tool) that organizes the data obtained from the sensor into a spreadsheet, and this, in turn, allows the user to sketch graphs and perform calculations proposed by schedule or by Excel, enabling later, research expertise and data. Then, with a basic knowledge of electronics and using statistical analyzes could be improved temperature sensor, making it more accurate.*

**Resumo.** *A pesquisa tem como objetivo utilizar uma ferramenta eletrônica para a obtenção de dados, sendo estes adquiridos por sensores e desta forma recepcioná-los e armazená-los em planilhas do Excel, possibilitando assim, o uso de métodos estatísticos para estudo e/ou avaliações de componentes eletrônicos. Como solução, foi usada a Plataforma Arduino e o Sensor LM35 (Sensor de Temperatura) como exemplo, integrado ao PLX-DAQ (Parallax Data Acquisition tool) que organiza os dados obtidos do sensor dentro de uma planilha eletrônica, e esta, por sua vez, permite ao usuário esboçar gráficos e realizar cálculos propostos pela programação ou pelo Excel, possibilitando posteriormente, a investigação e perícia de dados. Logo, com um conhecimento básico em eletrônica e através das análises estatísticas, conseguiu-se melhorar o sensor de temperatura, tornando-o mais exato.*

## 1. Introdução

O conhecimento e estudo de plataformas microcontroladas tem um papel estratégico importante na vida moderna. É algo presente nas mais diversas áreas como: automação industrial, computação, agrícola, doméstica, e principalmente engenharias diversas, entre outras. Isso devido às empresas promoverem a ligação de seus equipamentos com softwares, com a finalidade de agilizar e otimizar o processo produtivo, certamente o maior uso das plataformas microcontroladas (BATISTA, et al., 2012).

Com o uso da estatística e possuindo uma ferramenta para recolher informações de uma plataforma microcontrolada, consegue-se organizar os dados adquiridos por

sensores ou outro componente eletrônico e é possível expandir sua usabilidade. É com estas determinações que se buscou o estudo e desenvolvimento de tal pesquisa.

A Estatística é a parte da matemática em que se investiga os processos de obtenção, organização e análise de dados sobre uma população ou sobre uma coleção de seres quaisquer, e os métodos de tirar conclusões e fazer ilações ou predições com base nesses dados; qualquer parâmetro de uma amostra, como, por exemplo, a sua média, o seu desvio-padrão, a sua variância. (FERREIRA, 2011).

Para explicar todo o processo, o trabalho foi organizado em quatro seções básicas. Na primeira e segunda, apresenta-se o que é a plataforma Arduino e o PLX-DAQ, respectivamente. Na terceira parte, mostra-se o ambiente de testes, ou seja, os materiais e os componentes utilizados de forma geral, além do desenvolvimento da pesquisa em si utilizando esses materiais. Na quarta seção, tem-se uma análise, um estudo estatístico dos dados colhidos e os gráficos, e o trabalho é finalizado mostrando os resultados e as conclusões da pesquisa.

Com isso, o objetivo do presente trabalho foi mostrar as vantagens da utilização de plataformas microcontroladoras, como o Arduino, junto a uma ferramenta de recolhimento de dados chamada *Parallax Data Acquisition tool* (PLX-DAQ) dando ênfase ao estudo dos dados e as possibilidades que estes dados trazem consigo, como, neste caso, constatou-se o aprimoramento do sensor de temperatura LM35.

## 2. Arduino

O conceito Arduino surgiu na Itália no ano de 2005, com o objetivo de criar um dispositivo para controlar projetos e protótipos construídos, com menor custo que outras plataformas disponíveis no mercado. A *plataforma Arduino* é do tipo *open-source* baseada em *hardware* e *software* destinado as áreas de automação e robótica.

Na placa pode-se adicionar diversos tipos de componentes eletrônicos direcionados e programados para uma determinada atividade. Tal plataforma usa um Microcontrolador ATMEGA<sup>1</sup> (chip controlador gravável) com a função de receber e entregar o fluxo de informações de maneira controlada por uso de *software*. (DESHMUKH, 2005). A linguagem de programação trabalhada no Arduino consiste em um conjunto de funções da linguagem C/C++ com pequenas alterações.

A plataforma e arquivos são licenciados pela *Creative Commons* que permite tanto uso pessoal, bem como comercial e obras derivadas, desde que seja dado crédito ao Arduino e liberação de seus projetos sob a mesma licença.

---

<sup>1</sup> ATMEGA: Chip Microcontrolador fabricado pela ATMEL e um dos pioneiros na utilização de memória *flash* para armazenamento de programação.

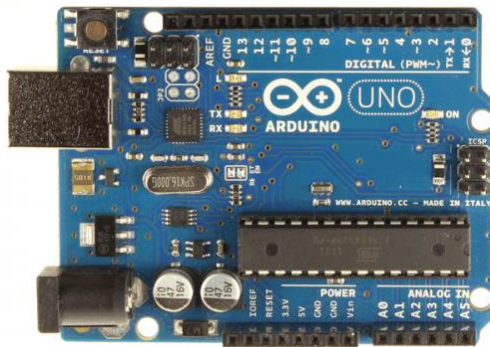


Figura 1. Placa Arduino (UNO R3). Fonte: [www.webtronico.com/arduino-uno-r3.html](http://www.webtronico.com/arduino-uno-r3.html).

### 3. PLX-DAQ (*Parallax Data Acquisition tool*)

*Parallax Data Acquisition tool* é uma ferramenta de software *add-in* gratuita para a Microsoft Excel. Adquire até 26 canais de dados recolhidos por microcontroladores e organiza os números em colunas dentro de uma planilha em tempo real. Assim ocorre a possibilidade de montagem de gráficos, cálculos e outras análises de acordo com o usuário, bastando apenas programar algumas linhas de código dentro do Arduino.

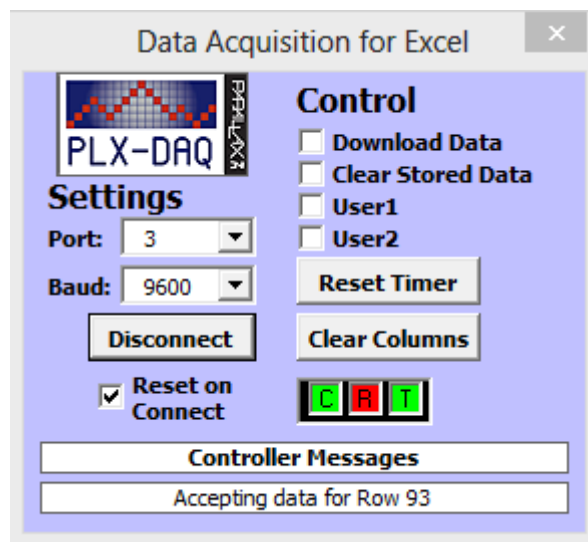


Figura 2. Programa PLX-DAQ (Data Acquisition for Excel) para Microsoft Excel.

O PLX-DAQ está disponível somente para sistema operacional Windows e sua utilização facilita o recolhimento de dados de sensores analógicos ou digitais que vão sendo armazenados em uma planilha, possuindo os comandos básicos listados abaixo:

- **LABEL:** Usado para definir os títulos das colunas. O formato do comando é: `Serial.println ("LABEL, INT_COLUMN");`
- **DATE, TIME:** É o que permite que a porta serial envie dados para o Excel. O primeiro campo é sempre o tempo, sendo os campos de interesse (val). O formato do comando é: `Serial.print ("DATE, TIME"); Serial.println (val).`

- **ROW, SET, k:** Permite que você defina a próxima linha para escrever. É útil se você quer plotar dados  $n$  e depois voltar para a primeira linha de ciclo, de modo a evitar um gráfico muito grande. O formato do comando é, por exemplo: `Serial.println (ROW, SET, 2)`, o que coloca o cursor na segunda linha da tabela.

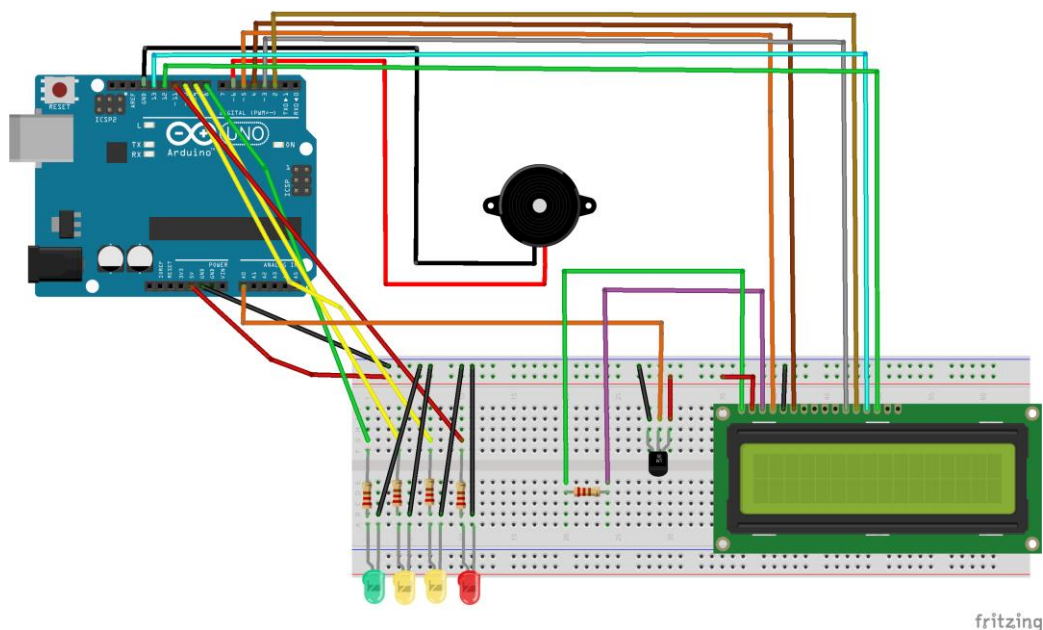
#### 4. Materiais e Métodos

Para a realização de uma plataforma de testes, são necessários os materiais listados segundo a tabela 1.

**Tabela 1. Materiais utilizados para criação da Plataforma de Teste.**

Quantidade	Material
01	Placa Arduino Uno
01	Sensor LM35
01	Protoboard
01	Buzzer
01	Display de LCD (Liquid Crystal Display)
01	Led Verde (Light Emitting Diode)
02	Leds Amarelos (Light Emitting Diode)
01	Led Vermelho (Light Emitting Diode)
05	Resistores 330Omhs
-	Vários <i>Jumpers</i>

Foi montado no caso duas plataformas com sensor LM35. A plataforma do LM35 funciona como um termômetro que aciona um alarme (pelo *buzzer*) ao atingir uma determinada temperatura acima de um limite escolhido pelo usuário, além de ir acendendo os LEDs de acordo com o aumento de temperatura e ainda possui um visor de LCD expondo tais temperaturas ambientes em tempo real. A figura 3 apresenta o esquema de ligação dos componentes ou layout de circuito impresso.



**Figura 3. Layout de Circuito do Ambiente de testes.**

O LM35 não necessita de qualquer calibração externa ou “*trimming*” para fornecer os dados com exatidão, porém, para ser lido pelo Arduino, necessita de conversão, pois este último só é capaz de lê valores inteiros entre 0 (zero) e 1023 (mil e vinte três). Com isso, e sabendo também que este sensor tem uma resolução de 10 mV para cada 1°C, pode-se realizar uma expressão para a temperatura em função do valor lido.

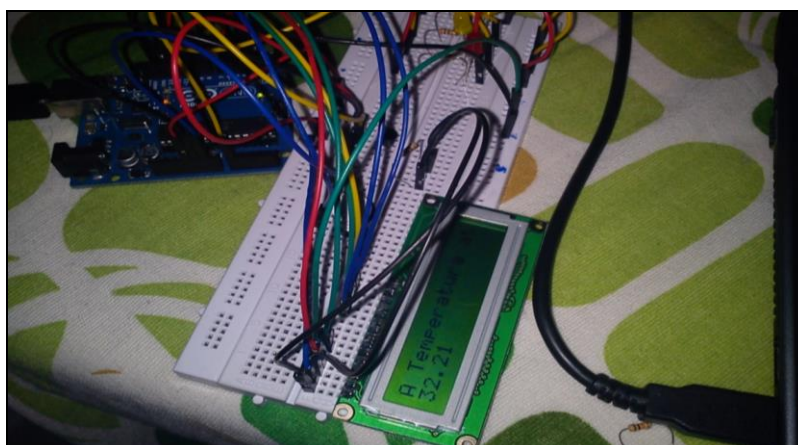
Como as entradas analógicas ( $E_A$ ) têm uma resolução de 10 bits, ou seja, correspondendo a 1024 divisões (contando de 0 a 1023) e lembrando que cada grau corresponde a 10 mV, por conseguinte, a expressão da temperatura em função do valor lido na entrada analógica do Arduino (5V) poderá ser colocada da seguinte forma:

$$E_A = 5V \div 1024 = 0,004882812 \text{ V} \quad \text{Eq. (1)}$$

Então, a cada marcação de 1 (um) valor tem-se: 0,004882812 V. E posteriormente:

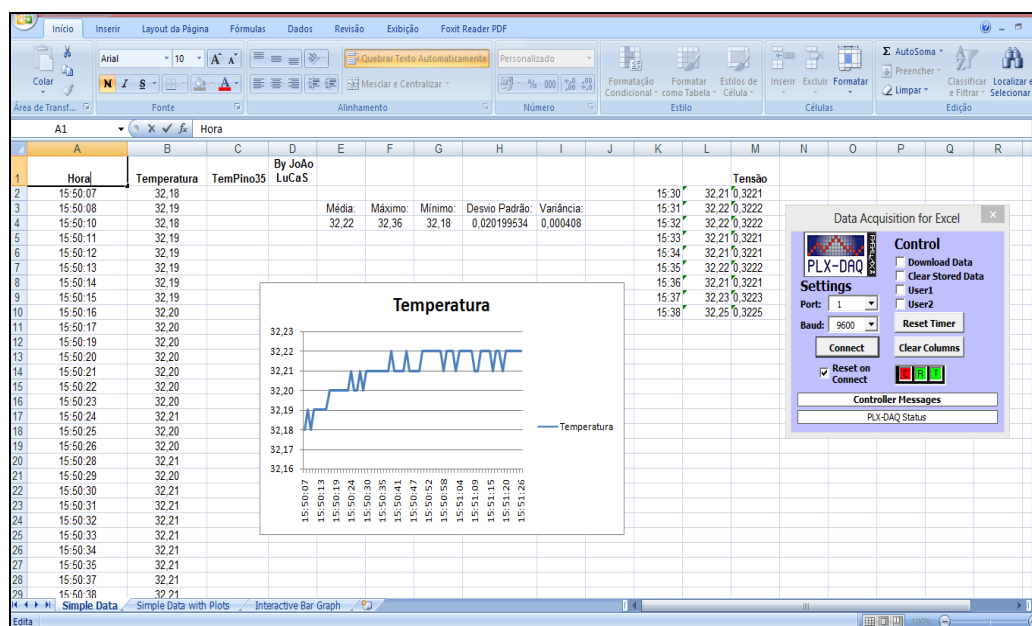
$$\text{Temperatura} = 0,004882812 * \text{Valor Lido} \quad \text{Eq. (2)}$$

Tendo o valor da Temperatura, multiplicou-se esse resultado por 100 (cem) para transformar o valor da escala de 10 mV em graus Celsius.



**Figura 4. Visor de LCD mostrando a temperatura do ambiente.**

Os dados captados pelo sensor foram então, automaticamente, recepcionados e organizados na planilha de dados do Excel como mostrada na Figura 5. Com os resultados, foi possível a análise das temperaturas de ambos os sensores LM35.



**Figura 5. Planilha do Excel com dados obtidos pelo PLX-DAQ junto ao Termômetro.**

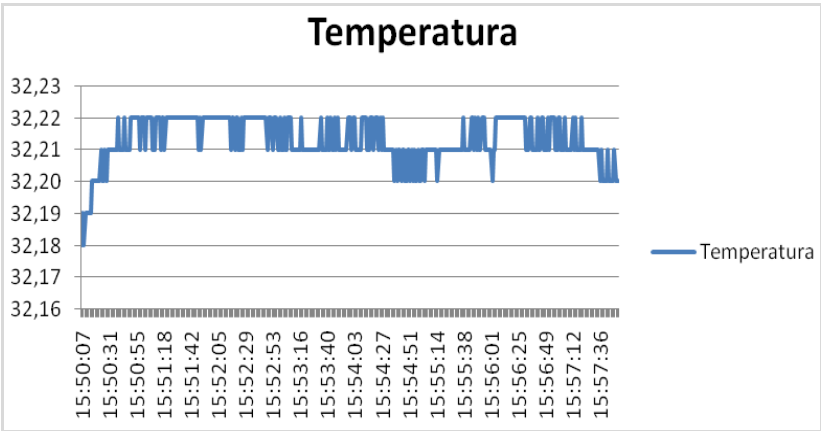
## 5. Resultados e Discussão

Os resultados são mostrados em três partes: Na primeira parte, mostram-se dados do sensor no estado padrão, ou seja, sem qualquer modificação ou aprimoramento. Na segunda parte, apresentam-se os resultados do sensor modificado, ou seja, otimizado. E por ultimo, ambos os sensores são levados em consideração para a discussão dos resultados.

### 5.1. Sensor no estado padrão

Com o termômetro em funcionamento foi plotado automaticamente o Gráfico 1 com a ajuda da macro (PLX-DAQ). No início do gráfico observar-se uma variação brusca de

temperatura, que acontece devido ao sensor precisar de um tempo para se “adaptar” a temperatura ambiente.



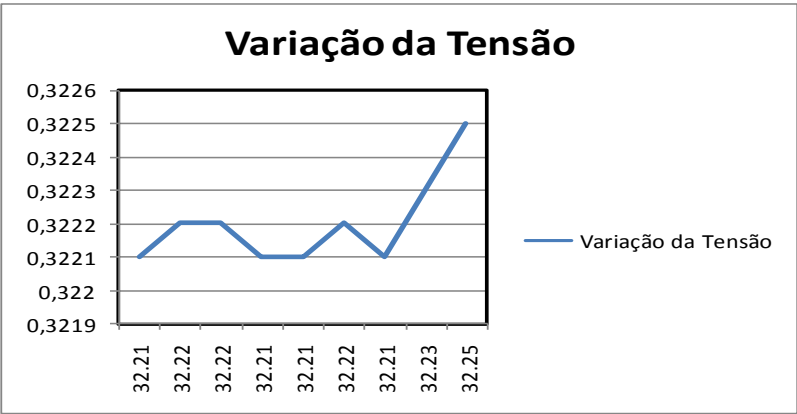
**Gráfico 1. Oscilação da temperatura captada pelo sensor padrão.**

Depois de encontrada a temperatura numa dada variação do tempo, foi possível encontrar a Média, a Variância e o Desvio Padrão e inseri-los numa tabela para melhor observação. Estes, apresentados abaixo na Tabela 2 foram obtidos após 15 minutos de medição da temperatura.

**Tabela 2. Dados da temperatura calculados pelo Excel.**

Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Variância
32.22	32.36	32.18	0.020199534	0.000408

Além disso, é possível verificar a relação da variação da tensão com a variação da temperatura. Pois, a tensão como dita anteriormente, é necessária para a obtenção da temperatura.



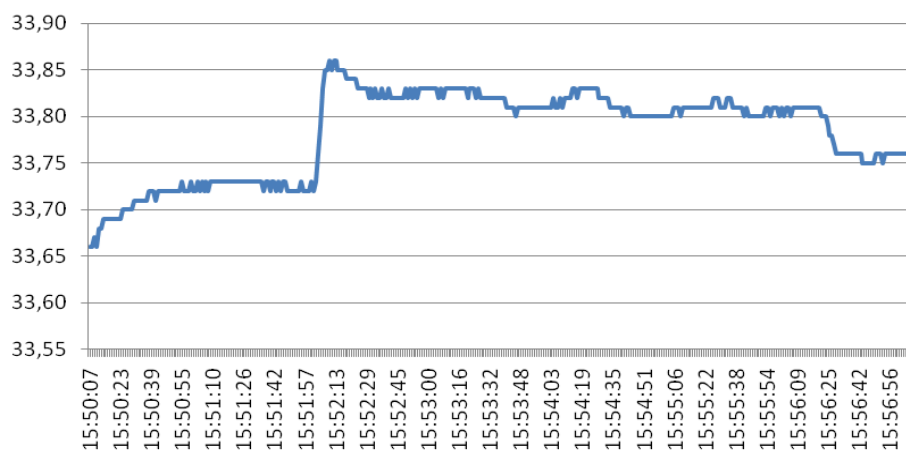
**Gráfico 2. Tensão x Temperatura.**



## 5.2. Otimização do sensor LM35

O sensor LM35 possui uma saída de 20mV a 1,5V. Com o valor da Eq. (1) que é 0,004882812 V, pode-se ter uma variação de temperatura de até 150° Celsius e, usando a referência padrão das portas analógicas do Arduino que é 5V, tem-se uma sensibilidade de 4,15mV, que dá um erro de 0,41°C na temperatura, sem mencionar as variações bruscas do sensor. Logo, ao conseguir reduzir essa saída de tensão, tem-se uma variação de temperatura maior e mais exata, ou seja, diminui-se o índice de erro do termômetro.

Para tal feito, reduziu-se a tensão a 1.1V modificando a programação do próprio Arduino. Na teoria, ao diminuir a tensão desta forma, passa-se a ter uma sensibilidade de 0,913 mV, ou seja, uma margem de erro de 0,09°C. O Gráfico 3 apresenta os dados abstraídos do sensor otimizado.



**Gráfico 3. Oscilação da temperatura captada pelo sensor otimizado.**

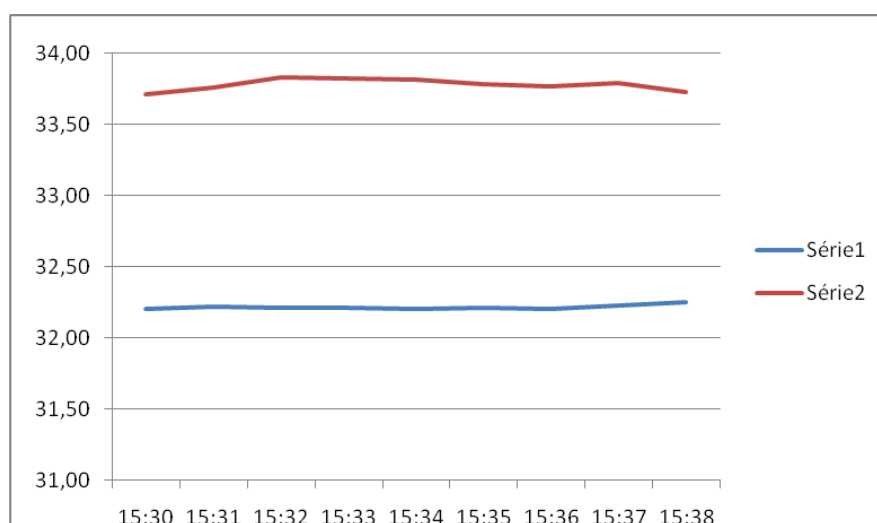
A partir do Gráfico 3, montada pela planilha do Excel, construiu-se a Tabela 3 com: Temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima, desvio padrão e variância, respectivamente. Tais dados foram obtidos para um tempo de 15 (quinze) minutos de medição da temperatura.

**Tabela 3. Dados da temperatura calculados pelo Excel com o sensor otimizado.**

Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Variância
33.78	33.86	33.66	0.043930994	0.00193

## 5.3. Análise comparativa dos sensores

Após obtenção de todos os dados, do sensor otimizado (série 2) e do normal (série 1) plotou-se o Gráfico 4 com a finalidade de comparação e análise entre os sensores.



**Gráfico 4. Comparação dos valores da temperatura entre o sensor normal e o sensor otimizado.**

Através do Gráfico 4, percebe-se que a linha da série 2, que são as medidas das temperaturas feitas pelo sensor otimizado, oscila mais, ou seja, está mais sensível a variação de temperatura se comparado com o sensor normal (série 1). A seguir é mostrada a Tabela 4 com os resultados da variação da temperatura média, máxima, mínima, desvio padrão e da variância das Tabela 2 e Tabela 3.

**Tabela 4. Variação (diferença) dos resultados mostrados na Tabela 2 e Tabela 3.**

$\Delta T$ Média	$\Delta T$ Máximo	$\Delta T$ Mínimo	$\Delta T$ Desvio Padrão	$\Delta T$ Variância
1,56°C	1,50°C	1,48°C	0,02373146	0,001522

Com os resultados da Tabela 4 observa-se que: A diferença entre as temperaturas médias entre o sensor normal e o sensor aprimorado foi de 1,56°C, o que já pode ser considerado uma alteração de grande dimensão, principalmente na prática; outro fator, e o que comprova que o sensor ficou mais sensível as mudanças de temperatura, foi o aumento do desvio padrão - quanto maior o desvio padrão, mais os dados estão afastados da media – que neste caso, significa que houve mais variações de temperaturas e tais valores se distanciaram mais do valor da média.

## 6. Conclusões

Com o presente estudo conseguiu-se montar um ambiente que obtivesse os dados em tempo real de maneira simples e viável através da integração da plataforma Arduino com o PLX-DAQ. Este último possibilitou ainda a interação com o Excel, para recepcionar, organizar e armazenar os dados obtidos pelo sensor e, ainda, realizar os cálculos possíveis pelo Excel, plotagem de gráficos, entre outros.

Em relação ao sensor conseguiu-se: Melhorar o sensor LM35, isto é, tornou-o mais sensível a mudança de temperatura. Os valores das temperaturas para o sensor

normal foram: Temperatura média 32.22°C e desvio padrão de 0.020199534. Para o sensor aprimorado os valores foram: 33.78°C e 0.043930994, respectivamente. A diferença das médias das temperaturas foi de 1.56°C (um valor já considerado alto) e a do desvio padrão foi de +0.02373146. Esse aumento do desvio padrão mostra que os valores se distanciaram da média (o sensor ficou mais sensível à mudança de temperatura).

Outro fator positivo é a relação de custo desses materiais que é relativamente baixa, a exemplo do sensor LM35 que custa em média R\$ 5,00 (cinco reais). A placa Arduino custa, em seu importador oficial, R\$ 70,00 (setenta reais). É de destaque que pode ser feita uma placa com um microcontrolador de forma mais simples, isto é, com menos componentes, como as usadas na indústria, desde que use o controlador destinado ao tipo de projeto desejado.

Ainda é válido ressaltar que é possível o avanço da pesquisa a outros sensores com o objetivo de analisar os dados de forma mais prática, aprimorá-los e construir sistemas de baixo custo com a ajuda da Estatística. Como exemplo tem-se um LDR (Light Dependent Resistor), que é um resistor que varia com a luz. E quando se possui o valor da variação de sua resistência, se torna mais fácil operar e até calcular um índice de luminosidade em determinado ambiente.

## 7. Referências

Arduino and real time charts in Excel. Disponível em: <<http://robertini.altervista.org/arduino-and-real-time-charts-in-excel>> Acessado em 31 de Dezembro, 2013.

Arduino FAQ. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/FAQ>>. Acessado em 23 de Fevereiro, 2013.

Arduino e LM35. Disponível em: <<http://ricardo-sequeira.com/arduino-lm35/>>. Acessado em 23 de fevereiro, 2013.

ARDUINO UNO R3. Disponível em: <[www.webtronico.com/arduino-uno-r3.html](http://www.webtronico.com/arduino-uno-r3.html)>. Acessado em 24 de abril, 2014.

BATISTA, B. O. N., FRANÇA, P. M., QUEIROGA, S. L. M. Aplicabilidade dos Microcontroladores em Inovações Tecnológicas. VII Connepi, Palmas-TO, 2012.

DESHMUKH, A. V. Microcontrollers – Theory And Applications. Noida, UP, India: Tata McGraw Hill, 2005.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2011.

LM35 - Precision Centigrade Temperature Sensors. National Semi Conductor. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>>. Acessado em 08 de abril, 2013.

PLX-DAQ. Disponível em: <<http://www.parallax.com/tabid/393/default.aspx>> Acessado em 28 de Fevereiro, 2013.