

## **Proposta de construção de um sistema de aquisição de dados para o estudo de movimentos em queda livre utilizando sensores indutivos em plataforma arduino**

### **Proposal for the construction of a data acquisition system for the study of free fall movements using inductive sensors on an arduino platform**

DOI:10.34117/bjdv7n7-408

Recebimento dos originais: 07/06/2021

Aceitação para publicação: 19/07/2021

#### **Emílio Ferreira Martins**

Técnico em Eletrotécnica

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO

Av. Calama, 4985 - Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO, 76820-441

E-mail: emiliofmartinss@gmail.com

#### **Artur Vitorio Andrade Santos**

Formação acadêmica mais alta: Mestrado em Sistemas Mecatrônicos

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO

Endereço: Av. Calama, 4985 - Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO, 76820-441

E-mail: artur.santos@ifro.edu.br

#### **Laffert Gomes Ferreira da Silva**

Mestrado em Nanociência e Nanobiotecnologia

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO

Endereço: Av. Calama, 4985 - Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho - RO, 76820-441

E-mail: laffert.silva@ifro.edu.br

### **RESUMO**

O uso de técnicas para aquisição de dados vem se intensificando e evoluindo junto com a tecnologia. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema para a aquisição de dados utilizando sensores indutivos em experimento de queda livre. Para o desenvolvimento do sistema, utilizara-se plataforma Arduino, visto que é uma plataforma utilizada em aplicações industriais, automação e desenvolvimento de projetos. As vantagens de utilização do Arduino encontra-se em uma plataforma barata e de fácil utilização. Para demonstrar o sistema, o mesmo foi aplicado ao estudo da aceleração da gravidade em queda livre, onde já existe uma solução comercial para aquisição de dados, mas por conta de ser uma plataforma comercial, existe um alto custo para aquisição e manutenção desses equipamentos. Para confecção do projeto, foi utilizado uma placa Arduino UNO R3 e sensores indutivos LJ12A3-4-Z/BX, sendo a parte estrutural, todas as peças impressas em 3D. Com o primeiro programa desenvolvido, foi realizado o primeiro protótipo, onde com os dados obtidos, o sistema se mostrou bastante confiável para realizar medições de tempo para cálculo de aceleração da gravidade e de baixo custo, em comparação com as soluções comerciais, se mostrando uma solução barata e de fácil aquisição e manutenção, um dos pontos positivos no sistema desenvolvido é a possibilidade de atualizações e modificações, onde o sistema desenvolvido pode ser acoplado em nuvem para armazenamento de dados e controle remoto ou até um sistema de Database para comparação de medidas e armazenamento de medidas. Será apresentado

o desenvolvimento deste sistema e os componentes necessários em caso de replicação para outras áreas.

**Palavras-chave:** Arduíno, Aquisição de Dados, Sistemas Embarcados.

## ABSTRACT

The use of data acquisition techniques has been intensifying and evolving with technology. This work aims to develop a data acquisition system using inductive sensors in free fall experiment. For the development of the system, the Arduino platform will be used, as it is a platform used in industrial applications, automation and project development. The advantages of using Arduino are in a cheap and easy-to-use platform. To demonstrate the system, it was applied to the study of acceleration of free fall gravity, where there is already a commercial solution for data acquisition, but because it is a commercial platform, there is a high cost for the acquisition and maintenance of this equipment. To design the project, we used an Arduino UNO R3 board and inductive sensors LJ12A3-4-Z/BX, being the structural part, all 3D printed parts. With the first program developed, the first prototype was developed, where with the data obtained, the system proved to be very reliable to perform time measurements for calculating acceleration of gravity and low cost, compared to commercial solutions, being a cheap and reliable solution. Easy to acquire and maintain, one of the good points in the developed system is the possibility of upgrades and modifications, where the developed system can be cloud-coupled for data storage and remote control or even a *Database* system for comparison of measurements and storage of measurements. The development of this system and the components needed in case of replication to other areas will be presented.

**Keywords:** Arduino, Data acquisition, Embedded systems.

## 1 INTRODUÇÃO

Sistemas para aquisição de dados estão presentes em todo lugar, e a todo momento executando algum processo, todo processo que envolva tomar uma decisão baseado em um dado esta empregado no mesmo algum sistema de aquisição de dados (OMEGA COMPANY, 2019).

A aquisição de dados (DAQ) é o processo de medição de um fenômeno elétrico ou físico, como tensão, corrente, temperatura, pressão ou som, com uso de um computador. Baseia-se em sensores e hardware para aquisição e medição de dados e um computador com software programável (NACIONAL INSTRUMENTS, 2019a).

Na área industrial há uma infinidade de exemplos de aplicação de sistemas de aquisição e processamento de dados. Como exemplo a área de física experimental, que apresenta sistema para aquisição de dados que são caros e de difícil manutenção que para aplicações em ensino médio se torna inviável como a solução apresentada pela fabricante Azeheb

(2019), que pode ser facilmente substituído por sistemas baseados em plataforma Arduíno, que comparado as soluções comerciais, pode se mostrar uma alternativa bastante eficaz.

Buscando sanar a dúvida sobre o grau de eficácia e confiabilidade de sistemas de aquisição com uso da plataforma Arduíno, este trabalho tem como finalidade desenvolver um sistema de aquisição de dados utilizando sensores indutivos com plataforma Arduíno aplicado em experimento de física, em específico no experimento de queda livre, onde pode ser testado o desempenho do sistema.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O trabalho pretende demonstrar o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados relacionado ao tempo (segundos) de um sistema de queda livre baseado no microcontrolador Arduíno.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Revisar sistemas de aquisição de dados;
- Desenvolver a estrutura do sistema de queda livre;
- Projetar peças de fixação e suporte para o sistema de queda livre;
- Prototipar o sistema em impressão 3D para validar o conceito do sistema de queda livre;
- Desenvolver circuito eletrônico e algoritmo empregados no sistema;
- Validar o sistema eletrônico e algoritmo empregados no sistema;
- Disponibilizar o projeto para replicação.

## 2 AQUISIÇÃO DE DADOS

### 2.1 DEFINIÇÃO

A aquisição de dados é o processo de medição de um fenômeno físico, que é convertido em dados numéricos e são processados e armazenados com uso de um computador. O processo de aquisição de dados é formado por blocos, que são divididos em sensores, condicionamento de sinais, dispositivos de medição e um software/computador para processamento (NACIONAL INSTRUMENTS, 2019a). Que pode ser ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama funcional de um sistema de aquisição de dados genérico



Fonte: Nacional Instruments (2019a) .

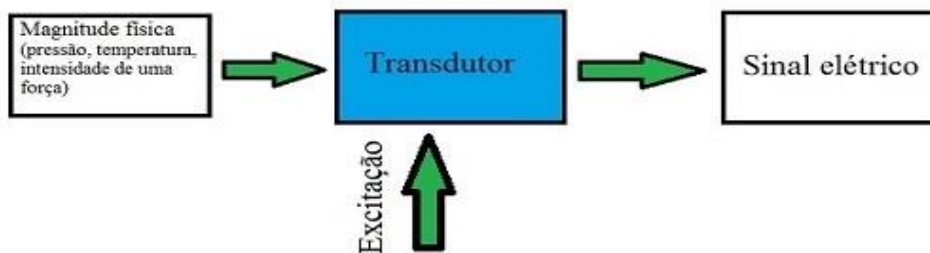
## 2.2 SENSORES

A medição de um fenômeno físico começa pelo sensor que são os componentes responsáveis pela ligação entre fenômenos físicos e o sistema de aquisição de dados. Estes sensores, que também são chamados de transdutores, respondem a variação de um fenômeno físico de maneira específica, tais como: temperatura, magnetismo, radiação, umidade entre outros. Esses fenômenos são convertidos em sinais elétricos (tensão e corrente), que varia de acordo com cada sensor, que calibrado de forma correta permite ser feita a leitura dos dados pelo sistema de medição, como mostrado na Figura 2 que ilustra o esquema em blocos.

## 2.3 CONDICIONAMENTO DE SINAIS

Os sinais dos sensores ou do mundo externo podem apresentar ruídos, que podem ser medidos diretamente. Com o intuito de minimizar os níveis de ruído do sensor, os circuitos de condicionamento de sinais colocam o sinal em um formato adequado para entrada de um conversor A/D, que para ser realizado esse condicionamento é empregado filtros, amplificação, regulação de tensão e entre outras técnicas de condicionamento. À alguns casos onde é necessário projetar um condicionamento de sinais específico para a medição de tipos específicos de sensores (NACIONAL INSTRUMENTS, 2019b).

Figura 2 – Diagrama em blocos de conversão de fenômenos físicos em sinais elétricos



Fonte: Teixeira (2019)

## 2.4 MEDIÇÃO DE DADOS E BARRAMENTO DE CONEXÃO

Antes dos dados serem analisados pelo computador os sinais analógicos dos sensores devem ser convertidos em sinais digitais para serem manipulados. E para ser realizado a conversão é utilizado um conversor A/D, que é um chip ou microcontrolador que fornece em forma digital a representação de um sinal analógico medido. O equipamento de medição existe em diversas plataformas provenientes de diversos fabricantes podendo dividir-se em placas de inserção que são ligadas diretamente no interior dos computadores e sistemas exteriores de comunicação.

Para que os dispositivos sejam conectados no computador ou outro equipamento exige que haja a implementação de um barramento de comunicação que atua como interface de comunicação entre o equipamento de medição e o computador, para transmitir instruções e dados de medição. São oferecidos diversos tipos de barramento de comunicação, como exemplo o Arduíno que utiliza o barramento USB e protocolo Serial para comunicação.

## 2.5 SOFTWARE

Os equipamentos utilizados não funcionam sem a utilização de um software ou programa para o controle e operação dos sensores. Além disso, ele é muitas vezes utilizado para a visualização e armazenamento de dados adquiridos. O software normalmente é desenvolvido para ser executado em sistemas operacionais de computadores pessoais, devido a sua flexibilidade e baixo custo. Existem diversos tipos de software disponíveis para efetuar aquisição de dados, ou até mesmo o ambiente de desenvolvimento do programa para o equipamento de medição, já dispõem de alguma ferramenta para poder visualizar os dados.

## 2.6 PRINCIPAIS APLICAÇÕES

Engenheiros e cientistas de diversos setores, e diversas aplicações em todo o mundo utilizam algum sistema de aquisição de dados para validação e verificação do protótipo de um projeto, ensino no laboratório de uma universidade, diagnóstico de problemas de funcionamento de máquinas ou controles de um processo de fabricação.

Um exemplo de aplicação é o controle de malha aberta ou malha fechada, que necessita de sensores, medidas de dados de um sensor, que baseado no comportamento do sensor, e os dados recebidos, será feita a atuação de algum equipamento de forma automatizada. Como exemplo descrito no trabalho de BALLOCK (2003).

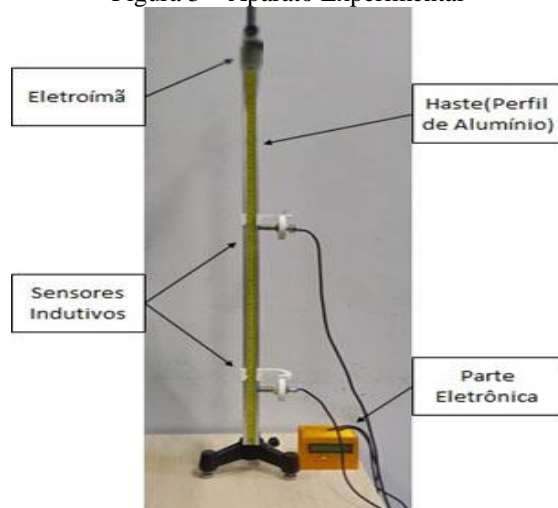
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será descrito todo o desenvolvimento do sistema de aquisição de dado. Será apresentado a estrutura desenvolvida para o sistema de medição de queda livre, posteriormente o hardware (componentes eletrônicos utilizados para desenvolvido do sistema) e por fim o algoritmo para o sistema de análise e processamentos dos dados.

#### 3.1 MONTAGEM

Para a montagem da estrutura é utilizado um perfil de alumínio, que suporta as peças projetas em 3d. As peças de suporte para os sensores e parte eletrônica foram projetas no software SolidWorks e prototipadas com o auxílio de uma impressora 3d. Os suportes dos sensores foram construídos de tal forma que seja possível a regulagem de distância entre o sensor de distância do ponto inicial e final de medição da esfera, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Aparato Experimental



Fonte: Autor

As conexões dos sensores com o microcontrolador Arduíno foram feitas com um Shield específico para o projeto, onde dispõe de potenciômetros em série para a regulação do divisor de tensão dos sensores. A parte eletrônica fica dentro de uma caixa suporte confeccionada na impressora 3d, junto com um display LCD e um botão para acionamento do sistema de queda livre. O display serve para visualização do tempo em segundo pelo operador. A parte eletrônica desenvolvida pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 – Shield e Componentes Eletrônicos



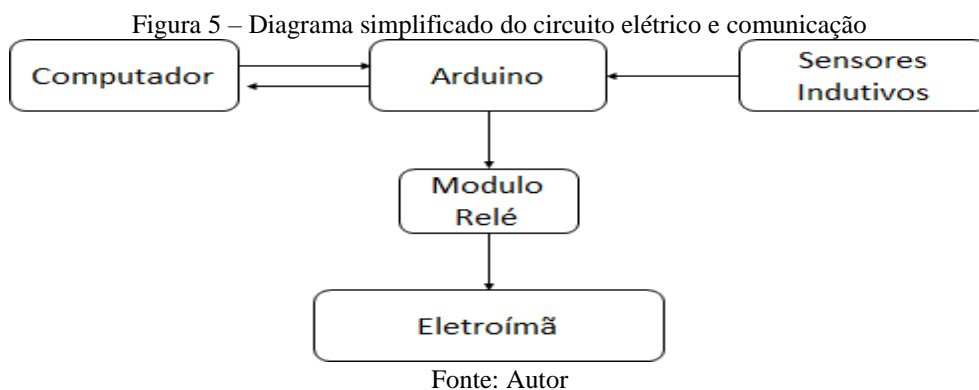
Fonte: Autor

### 3.2 HARDWARE

Para o desenvolvimento do sistema foram necessário alguns componentes específicos que são destacados nas secções 3.1.1 à 3.1.3, o esquema de ligação pode ser ilustrado na Figura 5, que ilustra o diagrama simplificado do circuito de ligação. Através do Arduino é possível controlar o módulo Relé que faz o acionamento do eletroímã. O sensor indutivo permite a detecção da esfera que retorna o valor para o Arduino e mostra no display para o operador ou é enviado para um computador.

#### 3.2.1 Arduino

O desenvolvimento de todo o projeto ficou em torno da utilização do Arduino, que é uma plataforma de prototipagem e desenvolvimento de projetos. O Arduino é um microcontrolador de placa única, projetado para tornar mais acessível o processo de utilização da eletrônica em projetos multidisciplinares (EVANS et al., 2015). O hardware consiste em um dispositivo open-source simples projetado para um microcontrolador Atmel AVR de 8 bits, embora um modelo novo tenha sido projetado para um Atmel ARM de 32 bits (MCROBERTS, 2015). O software consiste em uma linguagem de programação padrão e do bootloader que roda no microcontrolador baseado em C++. Dependendo do tipo de Arduino, ele também conta com uma saída USB que permita conecta-lo a um PC a fim de realizar o upload ou recuperação dados. A placa também dispõe de entrada/saída do microcontrolador para que haja uma fácil conexão entre sensores e outros circuitos. As informações técnicas do Arduino podem ser obtidas através do datasheet. Disponível em: <[http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)>.



Para programar o Arduino, é utilizado o IDE que está disponível no site do fabricante, que é um software livre que lhe permite programar na linguagem compatível. No caso do Arduino, a linguagem utilizada é baseada em C/C++ e que pode até ser estendida por meio de bibliotecas C++. O IDE lhe permite que seja escrito um programa de computador, que é um conjunto de instruções passo a passo no qual, deverá ser feito o upload para o Arduino.

O Arduino também pode ser expandido com a utilização de shields, que são placas de circuito que contêm outros componentes que podem ser conectados na parte superior para obter funcionalidades adicionais. Há diversas versões diferentes do Arduino disponíveis, entretanto a versão UNO, que é a placa que mais se pode encontrar projetos na Internet. Vários projetos podem ser encontrados no próprio site do Arduino, disponível em: <<https://create.arduino.cc/projecthub/projects/tags/arduino>> ou em livros como 30 Projetos com Arduino (MONK, 2014).

### 3.2.2 Sensor indutivo LJ12A3-4-Z/BX

O LJ12A3-4-Z/BX, apresentado na Figura 6, é um sensor de precisão que apresenta uma saída de tensão digital (0 ou 1) relativa a detecção de material metálico sendo permitido trabalhar em uma faixa de temperatura de -25°C à 55°C.

Figura 6 – Sensor Indutivo LJ12A3-4-Z/BX

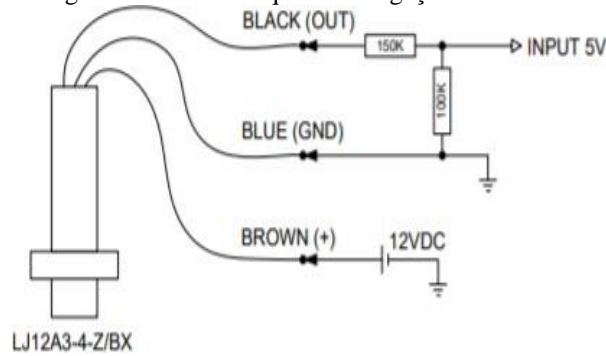


Fonte: ETT (2019)



Este sensor tem saída com alta impedância, sendo necessário o emprego de um divisor de tensão na saída do sinal fazendo com que o interfaceamento de leitura seja possível. Contudo, necessita de alimentação DC 6 à 36 V. O divisor de tensão e o esquema de ligação do LJ12A3-4-Z/BX são expostos na Figura 7.

Figura 7 – Diagrama elétrico e esquema de ligação sensor LJ12A3-4-Z/BX



Fonte: ETT (2019)

### 3.2.3 Módulo relé

O módulo relé apresentado na Figura 8, é um módulo com circuito de acionamento e um relé, que conta uma chave de dois estados NA e NF, que é acionado por um eletroímã interno.

Figura 8 – (a) Módulo Relé (b) Esquema elétrico



Fonte: [FilipeFlop \(2019\)](#)

Por conta do acionamento da chave ser realizado por acionamento do eletroímã, o mesmo não pode ser ligado diretamente em uma porta digital de um microcontrolador, para a ligação é necessário um circuito chaveador, que é ilustrado na Figura 9. O módulo relé terá como principal intuito o acionamento do eletroímã para que o corpo de prova seja arremessado.

### 3.3 SOFTWARE

Todo o desenvolvimento do código, foi realizado dentro do IDE do Arduino, no qual foi possível configurar todos os sensores de maneira que fosse executado algum comando quando a esfera de aço passava pelo sensor, que no caso era uma cronometragem de tempo em ms (milissegundos), e também foi possível configurar o acionamento por botão, que quando pressionado acionava o relé resultando no desligamento do eletroímã, que largava a esfera de aço e acionava a cronometragem simultaneamente. Na Figura 10 ilustra o fluxograma do comportamento do código com os dados dos sensores. O algoritmo desenvolvido encontra-se no anexo A.

Figura 9 – Circuito equivalente modulo relé

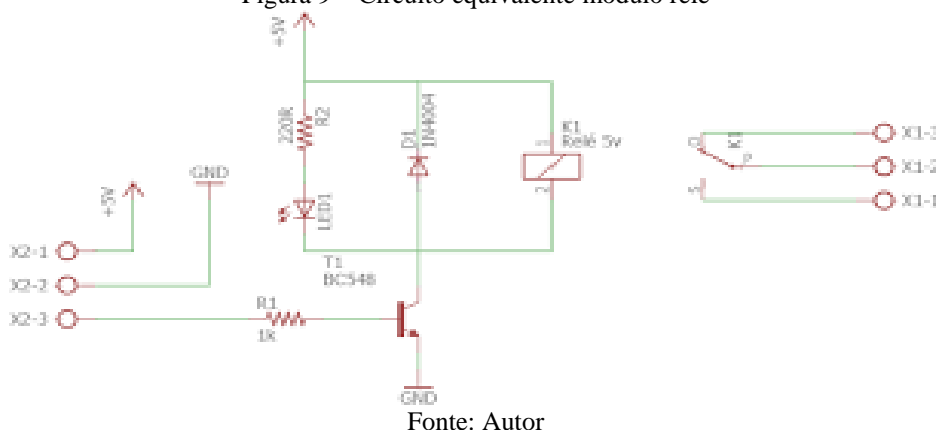
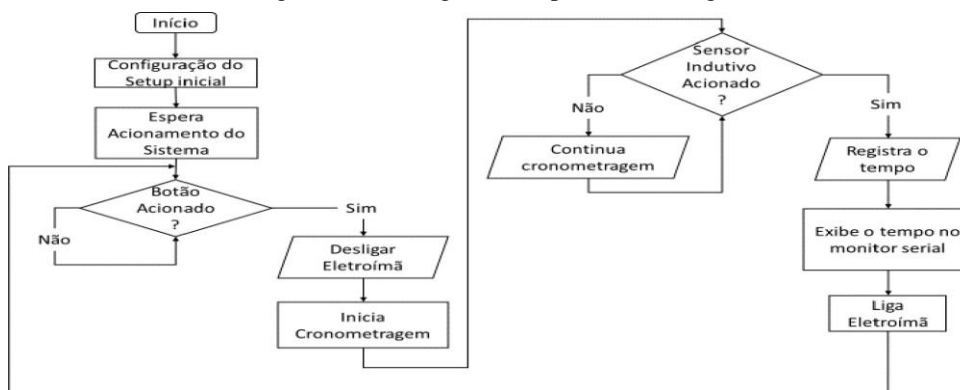


Figura 10 – fluxograma simplificado do algoritmo



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os gráficos gerados a partir dos dados coletados do sistema de aquisição desenvolvido. O experimento foi realizado utilizando esferas de aço, de aproximadamente 20mm, onde foi desconsiderado a resistência do ar. A Tabela 1

apresenta os dados de 10 testes realizados da mesma altura, com intervalo de 2 em 2 minutos cada teste.

Tabela 1 – Medidas de distância x tempo com cálculo de gravidade com Arduíno

Com Arduíno			
Tempo (ms)	Distância (cm)	Gravidade (m/s <sup>2</sup> )	Velocidade Final (m/s)
247	30	9,8346146	2,42915
248	30	9,7554631	2,41935
248	30	9,7554631	2,41935
247	30	9,8346146	2,42915
246	30	9,9147333	2,43902
247	30	9,8346146	2,42915
247	30	9,8346146	2,42915
248	30	9,7554631	2,41935
248	30	9,7554631	2,41935
248	30	9,7554631	2,41935
	MEDIA	9,8030507	2,42524

Tabela 2 – Medidas de distância x tempo com cálculo de gravidade convencional

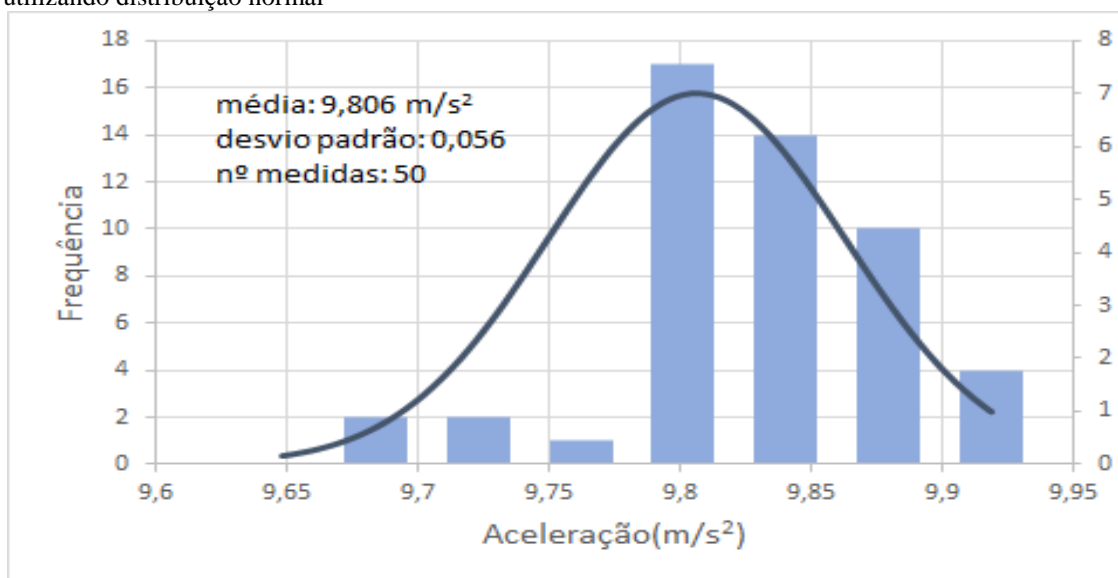
Experimento convencional			
Tempo (ms)	Distância (cm)	Gravidade (m/s <sup>2</sup> )	Velocidade final (m/s)
271	36	9,8037881	2,65683
270	36	9,8765432	2,66667
270	36	9,8765432	2,66667
271	36	9,8037881	2,65683
270	36	9,8765432	2,66667
271	36	9,8037881	2,65683
272	36	9,7318339	2,64706
271	36	9,8037881	2,65683
270	36	9,8765432	2,66667
	Media	9,8281288	2,66011

Fonte: Autor

A Tabela 2 apresenta os dados de 10 testes realizados da mesma altura, em intervalos de 2 minutos, onde foi utilizado o equipamento de queda livre comercial. Nota-se que as medias finais da aceleração da gravidade, tanto do experimento convencional, quanto do sistema de aquisição se mostraram bem próximos, mostrando o grau de confiabilidade do sistema. Na Figura 11 apresenta a curva de dados estatísticos de testes realizados em diferentes alturas.

No gráfico de distribuição normal foi realizado 10 medidas de uma altura diferente, resultando em 50 medidas, que com a aplicação da distribuição normal, houve a constatação do grau da dimensão do comportamento do sistema, onde é possível ver a eficácia e confiabilidade do sistema, que em comparação com um experimento comercial, se mostrou bastante eficaz, com valores próximos ou iguais, com uma media próxima ao valor real, determinado pelo sistema internacional de medidas, comprovando a eficácia do sistema desenvolvido.

Figura 11 – Histograma das medidas de queda livre. Barras verticais: dados experimentais; curva: ajuste utilizando distribuição normal



Fonte: Autor

## 5 CONCLUSÃO

Os objetivos do trabalho foram alcançados de forma plena, onde o sistema se mostrou satisfatório, visto a comprovação da eficácia e confiabilidade. Através do sistema de aquisição de dados embarcado no experimento, foi possível testar a veracidade do sistema, que em comparação com um sistema de aquisição comercial, se mostrou um custo-benefício em relação aos vendidos no mercado, dado que o custo de construção ser bastante baixo em relação ao sistema de aquisição comercial, podendo além de um grande potencial para outras aplicações em outros sistemas de aquisição, como neste trabalho foi aplicado em um experimento de física, pode ser utilizado em outros experimentos na área da educação.

Nota-se que o sistema não tem os mesmos recursos de sistema de aquisição de dados comercial de alto custo, mas ele pode ser uma ótima opção para aplicações onde exija muitos recursos do sistema de aquisição, e pode também ser uma opção para

aplicações de custo reduzido ou prototipagem e estudo de aplicação, enfim, o sistema de aquisição de dados aqui demonstrado pode ser bastante versátil para diversas áreas.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos o apoio financeiro e acadêmico que foi oferecido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - BR.

## REFERÊNCIAS

- ARDUINOCC. Arduino Uno SMD. 2019. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUnoSMD>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- AZEHEB. Laboratórios Educacionais. 2019. Disponível em: <<https://azeheb.com.br/>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- BALLOCK, I. R. Protótipo de um sistema para supervisão de equipamentos industriais. 2003.
- ETT. ETT. 2019. Disponível em: <<http://www.ett.co.th/contact.html>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. Arduino em Ação. São Paulo: Novatec, 2015.
- FILIPEFLOP. FilipeFlop. 2019. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- MCROBERTS, M. Arduino Basico. São Paulo: Novatec, 2015. MONK, S. 30 projetos com Arduino. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- NACIONAL INSTRUMENTS. O que é aquisição de dados? 2019. Disponível em: <<http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/pt/>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- NACIONAL INSTRUMENTS. O que é condicionamento de sinal? 2019. Disponível em: <<http://www.ni.com/pt-br/innovations/white-papers/09/what-is-signal-conditioning.html>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- OMEGA COMPANY. Aquisição de Dados(Introdução aos Sistemas de Aquisição de Dados). 2019. Disponível em: <<https://br.omega.com/prodinfo/aquisicao-de-dados.html>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- REIS, F. dos. Enviando e recebendo dados com Serial Monitor no Arduíno. 2015. Disponível em: <<http://www.bosontreinamentos.com.br/electronica/arduino/enviando-e-recebendo-dados-com-serial-monitor-no-arduino/>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- SCIENTIFIC, B. B. Brasil 3B Scientific. 2019. Disponível em: <<https://www.3bscientific.com.br/contato.co.html>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- TEIXEIRA, M. M. Transdutor. 2019. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transdutor.htm>>. Acesso em: 18 nov. 2019.