

# KIT ELETRÔNICO DE BAIXO CUSTO PARA AUTOMAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE ALINHAMENTO DE DIREÇÃO VEICULAR

Diego de Oliveira Souza<sup>1</sup>

Kévin Frutuozo Gomes<sup>2</sup>

Faculdade Carlos Drummond de Andrade

São Paulo – SP

**Resumo:** *Um dos principais fatores responsáveis pelo desgaste prematuro do pneu dos veículos está diretamente relacionado com a falta de alinhamento de direção, as concessionárias de veículos nacionais vêm conscientizando os proprietários a efetuar a manutenção programada a cada 10.000 km rodados, um dos fatores que dificulta a aquisição dos equipamentos de alinhamento de direção nos centros de alinhamento, oficinas mecânicas e auto center é o alto custo. Este artigo mostra a aplicação do arduíno para automatizar o equipamento de alinhamento tornando mais interativo, dinâmico e com baixo custo para aplicação.*

**Palavras – chave:** *Equipamento de alinhamento, arduíno, calibragem, tela remota e alto custo.*

## LOW COST ELECTRONIC KIT FOR AUTOMATION OF VEHICLE DIRECTION ALIGNMENT EQUIPMENT

**Abstract:** One of the main factors responsible for the tire's premature wear is directly related to the lack of steering alignment. The car dealerships recommend to make a preventive maintenance in your car at every 10.000 km reached. But, Alignment Centers, Mechanical Workshops and Autocenters may find the acquisition of steering alignment equipments difficult because of the high cost. This article aims to demonstrate the application of Arduíno in order to automate the alignment equipment making it more interactive, dynamic and with a low application cost.

**key word's:** **Alignment equipment. Arduíno. Calibration. Remote screen. High Cost.**

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Eletrônica com ênfase em automação industrial da Faculdade Carlos Drummond de Andrade, diegosouzamecatronica@gmail.com

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Eletrônica com ênfase em automação industrial da Faculdade Carlos Drummond de Andrade, kevin.semog@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a quantidade de veículos automotivos vem aumentando sua frota de forma avassaladora em todas as regiões do Brasil. Estima-se que a frota de automóveis e caminhões no Brasil seja em torno de 52.468.700 veículos (DENATRAN, 2015).

Com este avanço no segmento automobilístico, a manutenção preventiva de alinhamento de direção veicular está ganhando seu espaço cada vez mais. Portanto, a gestão de manutenção no controle de pneus representa um investimento muito valioso e na falta destes, poderá ocorrer um elevado custo para os operadores logísticos, tais como: consumo excessivo de peças e pneus; excesso de mão de obra de oficina; maior tempo do veículo parado; diminuição da vida útil do veículo e de pneus, aumento dos custos, diminuição da receita e perda de clientes. Entretanto, observa-se que a pesquisa sobre os estudos de manutenção da gestão de pneus, com as técnicas de manutenção, bem como a sua relação com o desempenho ainda é pequena (DARIO, 2014).

Um dos principais fatores que reduzem a vida útil do pneu é o desalinhamento de direção (BRIDGESTONE, 2010).

O desalinhamento do eixo dianteiro é o que mais afeta a vida útil dos pneus em serviço das empresas, que não fazem alinhamento e balanceamento, ou fazem no máximo, uma vez em cada troca dos pneus, provocando o arrastes dos pneus e causando desgastes irregulares (DARIO, 2014), além desses fatores podem ocorrer problemas na suspensão e fazer com que o veículo trabalhe de forma forçada, o alinhamento contribui para a estabilidade do veículo na estrada e coordenação correta dos eixos dianteiro e traseiro.

Em todo território nacional podemos constatar que os equipamentos de alinhamento de direção veicular trabalham com sistemas de medição mecânicos, sendo por jogos de espelho e painéis de alinhamento, nas grandes metrópoles os equipamentos de alinhamento estão trabalhando com sistemas automatizados, porém com alto custo.

Este presente artigo tem como objetivo elaborar um kit eletrônico de baixo custo para automação de equipamento de alinhamento de direção veicular, baseado na

tecnologia arduíno. Visando a implementação do arduíno em um alinhador de direção diminuindo assim o custo, esta escolha baseou-se no fato do arduíno ser uma plataforma muito versátil de prototipagem eletrônica de hardware livre, projetada por microcontrolador ATmel AVR, com várias linhas de E/S digital e analógica e conexão USB (PEREIRA et al., 2016). Atendendo assim, todos os fatores para alinhar um veículo e facilitando a visualização das medidas do alinhamento através de uma tela remota.

## **2. REVISÃO TEÓRICA**

### **2.1. Alinhamento de direção**

O alinhamento de direção veicular é o ajuste perfeito dos ângulos das rodas, que conseguem girar de modo perpendicular ao solo, paralelamente, evitando desnível em ambos os lados do veículo. Este serviço sendo efetuado do modo correto tende a evitar o desgaste prematuro do pneu no qual ocorre o atrito com o solo, aumentar a estabilidade do veículo e diminuir o consumo de combustível pois exige menos esforço do motor. O objetivo do alinhamento de direção é equilibrar as forças dinâmicas que atuam quando o veículo está em movimento. Sendo a força da gravidade, força centrífuga e atrito dos pneus com o solo.

Definição de cambagem: é o ângulo formado pela inclinação da roda em relação ao plano vertical, também conhecido como CAMBER / SOPÊ. A cambagem positiva as rodas tendem a estar inclinadas para fora do veículo, já a cambagem negativa tendem a estar inclinadas para dentro do veículo.

Definição de convergência: é a diferença entre as extremidades dianteira e traseira das rodas, podendo ser divergente e/ou convergente. Divergente quando a extremidade dianteira das rodas estão abertas com relação a extremidade traseira, (convergente) quando a extremidade dianteira das rodas estão fechadas com relação a extremidade traseira.

Definição de caster: também conhecido como avanço, é a inclinação da parte superior do pino mestre para frente ou para trás do veículo no sentido direcional, em relação a uma linha vertical. Será positivo quando a linha de direção tocar o solo à frente da linha vertical e negativo quando tocar o solo atrás da linha vertical.

## **2.2. Equipamento de alinhamento de direção veicular mecânico**

Os equipamentos de alinhamento de direção veicular mecânicos trabalham com painéis de leitura, na qual o operador irá efetuar a medição segundo um painel decorativo com todas as formas de alinhamento e através de jogos de espelhos com laser do projetor de alinhamento. Outros equipamentos mecânicos efetuam a medição sem o painel, sendo utilizado pêndulos com laser para efetuar a leitura em uma escala direto no projetor de alinhamento. Por conta de todo o atrito dos metais nos rolamentos e outras avarias que podem ocorrer devido ao desgaste físico do equipamento, os dispositivos mecânicos se tornam imprecisos com o passar do tempo, tendo assim futuras manutenções preventivas e corretivas no equipamento.

## **2.3. Equipamento de alinhamento de direção veicular digital**

O equipamento de alinhamento de direção veicular digital realiza a medição da cambagem e caster através de um sensor de inclinação que efetua a leitura do eixo x e y com relação a gravidade, todas as medidas são demonstradas por um display LCD. A convergência é medida através de um jogo de laser de um equipamento para o outro e mostrando a leitura por uma escala em milímetros. A medição eletrônica do equipamento se torna muito precisa em comparação com os equipamentos de medição mecânico, a demonstração e uso das medidas são mais visíveis ao operador.

## **2.4. Arduíno**

A plataforma arduíno tornou-se muito familiar para as pessoas em relação à eletrônica. Ao contrário da maioria de placas de circuito programáveis anteriores, o arduíno não tem um hardware separado para carregar um novo programa, você pode simplesmente usar um cabo USB para carregar, e o software do arduíno usa uma versão simplificada de C++, facilitando aprender a programar, e ele lhe proporciona um ambiente mais fácil de aprendizagem com funções do micro-controlador em um pacote mais acessível (Badamasi, 2014). O arduíno está disponível comercialmente em diferentes modelos, os quais possuem de 14 a 54 pinos digitais de entrada e saída de dados. (SOUZA et al., 2011).

Os microcontroladores da plataforma Arduino foram escolhidos principalmente por sua facilidade de programação, característica essencial para um rápido desenvolvimento de projetos microcontrolados (Vieira et al., 2017).

Uma das grandes vantagens é a disponibilização de uma grande quantidade de bibliotecas de programas de acesso livre, quando usadas como sub-rotinas facilitam a comunicação com os mais diferentes tipos de sensores (SANTOS et al., 2016). Além de ser uma plataforma física computacional de código de fonte aberta baseada numa simples placa input/output entrada/saída (I/O) e um ambiente de desenvolvimento de programa com a linguagem de processamento (da Silva Nicácio et al, 2017).

## 2.5. Unidade de medição inercial

O sensor utilizado para as medições é um sensor 6DOF - MPU6050 (6 DOF – Degree of libert, ou 6 Graus de Liberdade) (ISMAIL et al., 2015), fornecendo 6 valores de saída, sendo 3 eixos do acelerômetro e 3 eixos do giroscópio. É muito preciso, pois contém hardware de conversão analógico a digital de 16 bits para cada canal. Por isso, captura o canal x, y, e z ao mesmo tempo. O sensor utiliza o bus I2C para interface com o arduíno. O sistema de sensor usa IMU que combinam dados do acelerômetro e giroscópio para obter o ângulo de inclinação exata do veículo (RAMADHAN et al., 2016). A orientação do sensor é exibida na figura 1.

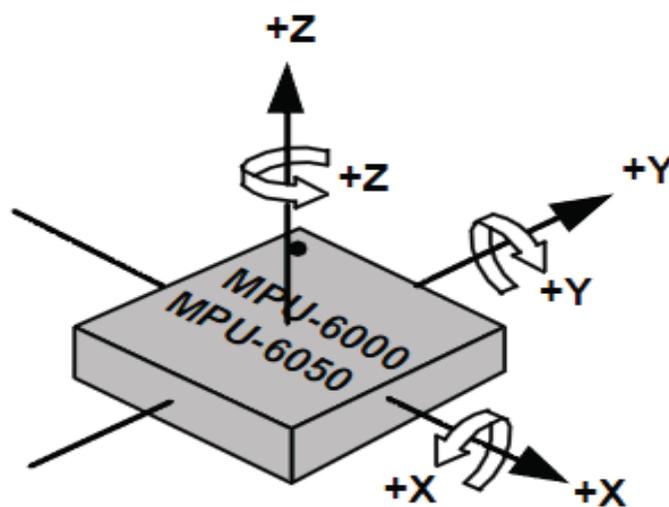


Figura 1: Demonstrativo MPU6050.

Fonte: (Autor; 2017).

Características do giroscópio: pode ser programado pelo utilizador a sensibilidade conforme tabela 01, 3x A/D, polarização, sensibilidade e estabilidade integrada de 16 bits. Características do acelerômetro: pode ser programado com a sensibilidade de  $\pm 2g$ ,  $4g$ ,  $\pm 6g$ ,  $\pm 8g$  e  $16g$ , 3x A/D, estabilidade integrada de 16 bits (POPELKA, 2014).

Tabela 1: Configuração de sensibilidade do MPU6050.

Full scale range (escala completa)	LSB sensitivity (LSB de sensibilidade)
250°/s	131 LSB/°/s
500 °/s	65.5 LSB/°/s
1000 °/s	32.8 LSB/°/s
2000 °/s	16.4 LSB/°/s

Fonte: (Autor; 2017).

## 2.6. Comunicação serial

Através de um microcontrolador é possível transferir e armazenar os resultados analíticos para um computador por meio de uma saída serial, podendo também este ser lido diretamente na tela de um LCD (Liquid Crystal Display) ou sistema Scada (KAMOGAWA et al., 2013).

## 2.7. Scada

Sistemas SCADA (Controle de Supervisão e Aquisição de Dados) são utilizados nas tarefas de gestão e recepção de dados a partir de dispositivos sensores que monitoram seus estados. Esses sistemas também são utilizados para planejamento de ações, minimizando os custos operacionais de produção. A interface homem-máquina de acessibilidade, controle local e remoto para comunicações, projetado basicamente para a tomada de decisão (FONTES et al., 2004).

## 3. DESENVOLVIMENTO

A metodologia utilizada se baseia em ampla pesquisa de desenvolvedores industriais de equipamentos para alinhamento veicular, ampla pesquisa na internet, estudos em periódicos e visitas a eventos do segmento de manutenção automobilística.

O kit eletrônico será programado no arduíno para efetuar a medição da cambagem e caster do eixo dianteiro, a medição da convergência e divergência das rodas será realizado através de dois diodos laser que serão acionados pelo arduíno.

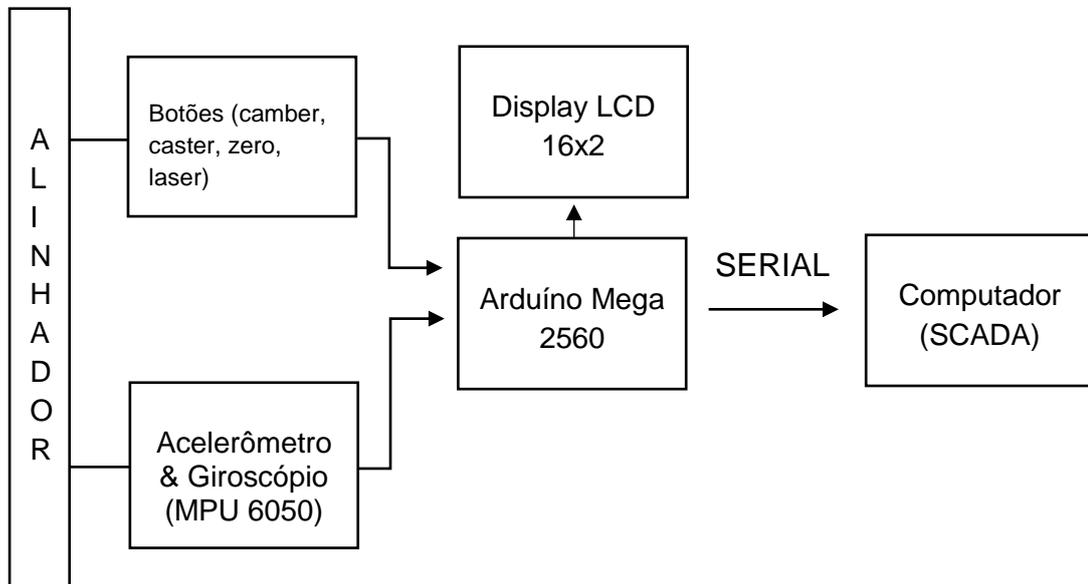


Figura 2:Diagrama de funcionamento do Kit.

Fonte: (Autor; 2017).

O kit é composto por: Arduíno, unidade de medição inercial (IMU), emissão de dados e Interface homem máquina, conforme diagrama de blocos (figura 02).

### 3.1. Unidade de controle arduíno

Está conectado um display LCD 16x02 na placa arduíno MEGA para demonstrar os parâmetros obtidos na leitura da cambagem e caster do veículo, o diagrama esquemático de ligação ficou da seguinte forma (figura 03):

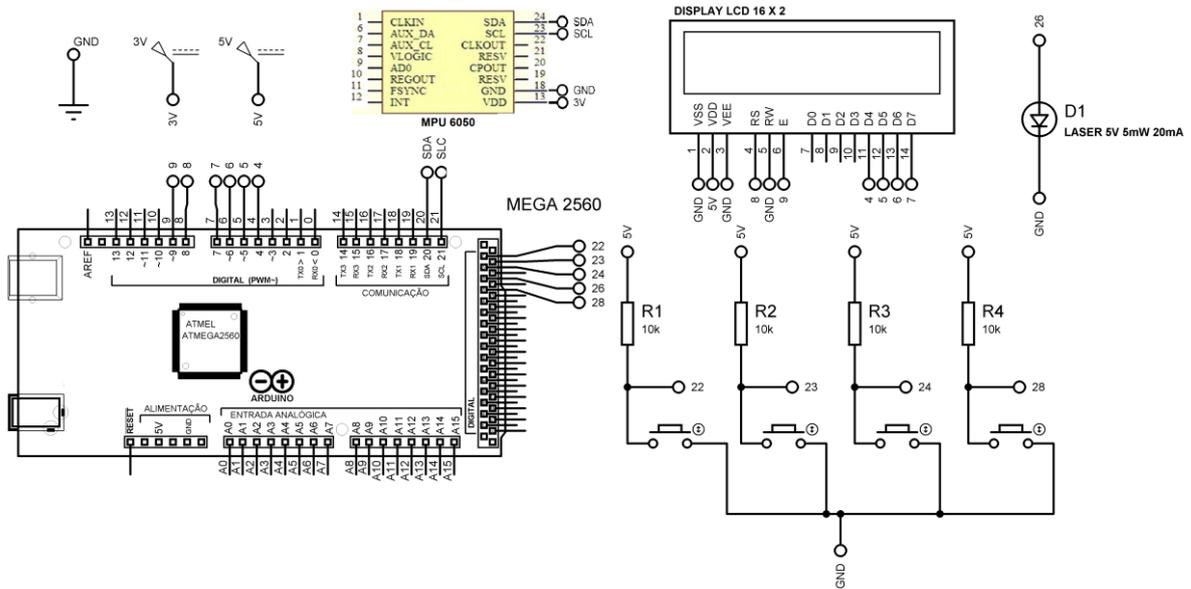


Figura 3: Diagrama elétrico da placa arduino e demais componentes.

Fonte: (Autor; 2017).

Para alimentação da placa arduino foi aplicada uma bateria recarregável de 5V e 2600mAh, podendo assim tornar o equipamento portátil.

No acionamento do arduino foram designados quatro botões, sendo:

- Laser: efetua o acionamento/desligamento do laser de convergência.
- Camber: modo de medição da cambagem.
- Caster: modo de medição do caster.
- Zero: zerar a medida para efetuar a medição do caster.

Com base nas aplicações usuais encontradas no mercado nacional para alinhamento automotivo, foi desenvolvido o protótipo para as devidas medições, simulações e comparações (figura 04).



Figura 4: Protótipo automatizado.

Fonte: (Autor; 2017).

### 3.2. Unidade de medição inercial

Para as medições previstas para este projeto, foi utilizado um sensor com dupla função, acelerômetro e giroscópio, o componente MPU-6050.

Utilizou-se a biblioteca MPU6050.h como fonte de pesquisa para aquisição de dados do giroscópio, no qual será um valor de saída aleatório. Este valor deverá ser multiplicado pelo LSB sensitivity (LSB de sensibilidade) para aquisição dos dados em graus por segundo, conforme a fórmula a seguir:

$$\text{graus por segundo} = \text{LSB} * \frac{\text{giroscópio}}{1000}$$

Equação 1: transformação em graus por segundo.

Fonte: (Autor; 2017).

A configuração utilizada será de 250°/s, conforme tabela 01 retirada do datasheet do componente.

Para a medição inercial do acelerômetro combinado com o giroscópio foi utilizado a fórmula do filtro complementar (equação 02), pois somente a leitura do acelerômetro se mostrou muito ruidosa e sensível a vibrações (gráfico 01).

$$\text{Fusão do sensor} = 0.70 * S1 + 0.28 * S2 + 0.02 * S3$$

Equação 2: Filtro complementar.

Fonte: (Autor; 2017).

S1 = S2 = dados do giroscópio.

S3 = dados do acelerômetro.

Foi aplicado 98% do filtro complementar para o giroscópio, pois as medidas devem ser voltadas para tal, utilizando apenas 2% do acelerômetro como forma de estabilizar as medidas.

### **3.3. Emissão de dados**

Para emissão de dados será utilizado a conexão serial USB do arduíno para envio dos protocolos de comunicação com o a interface homem máquina, na qual serão pré-definidas as tags de demonstração e leitura.

### **3.4. Interface homem máquina**

Foram utilizadas duas interfaces para elaboração do protótipo, um display LCD 16X02 para visualização das medidas de alinhamento e demonstração de informações indicativas para efetuar a medição pelo operador. Optamos pelo componente pelas seguintes hipóteses: a superfície plana, o tamanho menor e o consumo de energia baixo (ALBANI et al., 2013,).

Na interface remota (IHM) foi desenvolvido um supervisório elaborado na linguagem C# (S-sharp) no software visual Studio express 2012. Poderá ser executado no windows que irá receber os valores medidos pelo operador do equipamento através da transferência de dados e será exibido com interação com o operador demonstrando os valores corretos a serem ajustados no veículo.

A IHM contém quatro telas e duas sub-telas. Na tela de configuração o usuário irá configurar a porta de comunicação; bits por segundo; bits de dados; bits de parada e a paridade (figura 05).

COM Port:

Baud Rate:

Data Bits:

Stop Bits:

Parity:

Figura 5: Tela de configuração.

Fonte: (Autor; 2017).

Na tela alinhar será demonstrado duas sub-telas, a primeira denominada “veículos” (figura 06) onde o usuário irá selecionar o veículo a ser alinhado em uma tabela.

Alinhador de direção								
Início   Alinhar   Configuração   Sair								
Veículos   Alinhamento								
ID	Fabricante	Ano	Modelo	CasterMin	CasterPref	CasterMax	Camt	
64	AUDI	2001-2006	A4	2.25	3.25	4.25	-0.5	
90	AUDI	2003-2006	A3	2	2.5	3	-0.5	
239	BMW	-2001	323 i	8,3333334	1,08333337	2,08333325	-0,75	
245	BMW	1989-1993	Z 1	2.75	3.75	4.75	-1	
388	CITROEN	2004-	C 3	1,83333337	2,33333325	2,83333325	-1	
392	CITROEN	2008-	C4	5,25	6,5	7,75	-0,5	
711	FERRARI	2007-	F 430 ESCUD...	0,75	1,75	2,75	-1,16	
719	FIAT	2012-	FREEMONT	1	1,75	2,5	0,5	
1048	FIAT	2009-	UNO MILE	3,36666656	3,86666656	4,366667	-1	
1166	FORD	2008-	EDGE	1	2,1	3,2	0,1	
1224	FORD	-2002	FIESTA STRE...	2	3	4	-0,6	
1288	GM	2010-	AGILE LT / LTZ	9,25	9,75	10,25	-0,66	
1348	GM	2002-2004	CELTA	1,41666663	2	2,58333325	-0,5	
1616	HONDA	2009-2010	CITY LX	3,08333325	4,08333349	5,08333349	0	
1634	HONDA	2011-	CIVIC LXL	2,5	3	3,5	-0,5	
1754	HYUNDAI	2001-2006	ELANTRA	6,1833334	6,6833334	7,1833334	0	
1795	HYUNDAI	2005-2006	SANTA FÉ 2.7	1,06666672	1,56666672	2,0666666	-1	
2644	PEUGEOT	2012-	208	1,83333337	2,83333325	3,83333325	-0,75	

Figura 6: Sub-tela de veículos a selecionar.

Fonte: (Autor; 2017).

A segunda denominada como alinhamento, onde o usuário verá a demonstração das tolerâncias (figura 07 e figura 08) de alinhamento e os valores recebidos pelo alinhamento de direção via USB serial.



Figura 7: Demonstração das tolerâncias.

Fonte: (Autor; 2017).



Figura 8: Medida mínima e máxima de tolerância.

Fonte: (Autor; 2017).

#### 4. Análise dos resultados

Nesta análise, o kit para automação de equipamentos de alinhamento de direção veicular demonstrou precisão e os resultados foram satisfatórios com as medições. O uso do MPU6050 como IMU (unidade de medição inercial) tornou muito vantajoso, pois, aplicando o filtro complementar evitamos ruídos na medição e variações de medida no estado de repouso (SABATELLI et al., 2012).

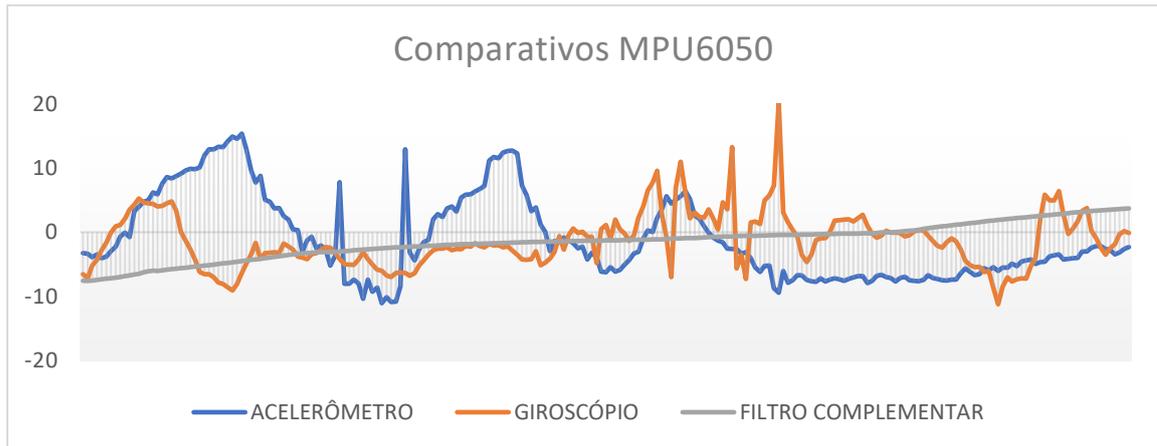


Gráfico 1: Comparativo entre medições inerciais.

Fonte: (Autor; 2017).

Atualmente, observa-se um alto custo no mercado de fabricação dos kits de automação para equipamentos de alinhamento, para implementação do mesmo podemos observar o alto custo para implementação do mesmo. Com a aplicação da tecnologia arduino conseguimos reduzir o valor do kit para automação em 80,08% em comparação com o fabricante nacional (tabela 02):

Tabela 2: Comparativo de kit Laserteck x kit arduino.

<b>Kit comercial LASETECK</b>		<b>Kit proposto no artigo</b>	
<i>Componentes</i>	<i>Preço</i>	<i>Componentes</i>	<i>Preço</i>
Placa LTA 830 Para alinhamento	R\$ 650,00	Arduino Mega 2560 + Display Lcd 16X4 + botão	R\$ 180,00
Inclinômetro digital LTI 700	R\$ 260,00	MPU – 6050 (IMU acelerômetro e Giroscópio)	R\$ 13,80
Conjunto de cabos com conectores	R\$ 35,00	Conjunto de cabos com conectores	R\$ 20,00
LT04 (modulo laser de traço) 5mW	R\$ 65,00	Modulo laser de traço ajustável 5mW	R\$ 7,20
Bateria de lítio 8.4V	R\$ 160,00	Bateria recarregável de 5V e 2600mAh	R\$12,00

<b>Total</b>	<b>R\$ 1.170,00</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 233,00</b>
--------------	---------------------	--------------	-------------------

Fonte: (Autor; 2017).

Após comparação das medidas dos equipamentos de alinhamento de direção analógico e alinhador de direção digital em sua barra de calibragem, aplicando uma inclinação de 5° graus foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 3: Comparativo com equipamentos nacionais.

Alinhador de direção analógico			Alinhador de direção digital			Kit proposto no artigo		
Cambagem		Caster	Cambagem		Caster	Cambagem		Caster
Lado esquerdo	Lado direito		Lado esquerdo	Lado direito		Lado esquerdo	Lado direito	
-4,50°	5,00°	14,00°	-4,90°	4,70°	13,50°	-5,30°	5,30°	14,69°

Fonte: (Autor; 2017).

Para efeito de teste foi realizado dez medições no kit eletrônico para automação de equipamentos de alinhamento, conforme gráfico a seguir:

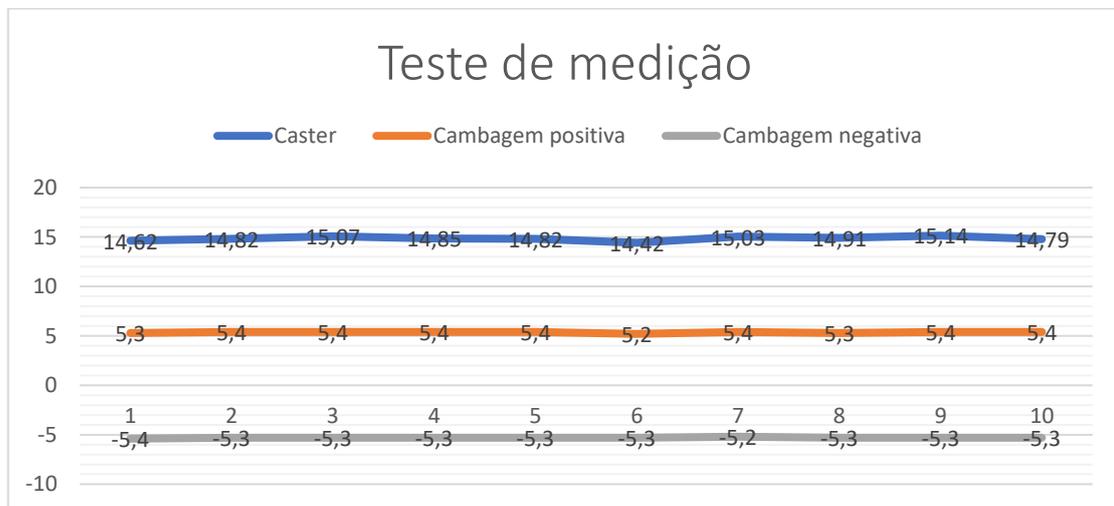


Gráfico 2: Teste de medição.

Fonte: (Autor; 2017).

## 5. Conclusão

Com base nos resultados, conclui-se que os valores medidos foram satisfatórios utilizando a tecnologia arduino para automatização de um equipamento de alinhamento de direção, tratando de um equipamento para medição de cambagem, caster e convergência.

Por se tratar de componentes eletrônicos encontrados no mercado no nacional não necessita de mão de obra especializada para futuras manutenções. O custo para aplicação é muito atrativo em comparação a equipamentos comercializados no mercado brasileiro e após comparação com outros equipamentos, os valores medidos foram similares.

## 6. Referências

ALBANI, Luigi et al. HDR medical display based on dual layer LCD. In: **Image and Signal Processing and Analysis (ISPA), 2013 8th International Symposium on.** IEEE, 2013. p. 511-515.

BADAMASI, Yusuf Abdullahi. The working principle of an Arduino. In: **Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2014 11th International Conference on.** IEEE, 2014. p. 1-4.

DARIO, Marcos et al. Indicadores de desempenho, práticas e custos da manutenção na gestão de pneus de uma empresa de transportes. **Revista Produção Online**, v. 14, n. 4, p. 1235-1269, 2014.

DE SOUZA, Anderson R. et al. 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. 2011, 1702.

FONTES, Ivo Reis; CAGNON, José Angelo; RODRIGUES, Ricardo Martini. Sistema de supervisão e controle para casas de vegetação empregando rede wireless de sensores. **Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2004.

GOODYEAR. Boletim de orientação técnica Goodyear. **Revista O Carreiro**, v.429, n.10, 2010.

ISMAIL, M. I. M.; DZIYAUDDIN, Rudzidatul Akmam; SALLEH, Noor Azurati Ahmad. Performance evaluation of wireless accelerometer sensor for water pipeline leakage. In: **Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), 2015 IEEE International Symposium on.** IEEE, 2015. p. 120-125.

KAMOGAWA, Marcos Y.; MIRANDA, Jeová Correia. Use of " Arduino" open source hardware for solenoid device actuation in flow analysis systems. **Química Nova**, v. 36, n. 8, p. 1232-1235, 2013.

MANTEL, Claire et al. Modeling the subjective quality of highly contrasted videos displayed on LCD with local backlight dimming. **IEEE Transactions on Image Processing**, v. 24, n. 2, p. 573-582, 2015.

Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN – 2015.  
PEREIRA, A. M.; SANTOS, A. C. F.; AMORIM, H. S. Counting statistics with the Arduino platform. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 4, 2016.

POPELKA, Vladimir. A self stabilizing platform. In: **Control Conference (ICCC), 2014 15th International Carpathian**. IEEE, 2014. p. 458-462.

RAMADHAN, Bakhtiar et al. PENS-wheel (self balancing one-wheel vehicle) mechanical design and sensor system. In: **Electronics Symposium (IES), 2016 International**. IEEE, 2016. p. 438-443.

SABATELLI, Simone et al. A double stage Kalman filter for sensor fusion and orientation tracking in 9D IMU. In: **Sensors Applications Symposium (SAS), 2012 IEEE**. IEEE, 2012. p. 1-5.

SANTOS, A. A. M.; AMORIM, H. S.; DEREZYNSKI, C. P. Investigação do Fenômeno Ilha de Calor Urbana Através da Utilização da Placa Arduino e de um Sítio Oficial de Meteorologia, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, e1505, 2017.

Vieira Ferreira da Silva, Ivan / Silva de Carvalho, Sérgio - Automação residencial de baixo custo: um protótipo com acesso web - **Revista Científica Semana Acadêmica ISSN 2236-6717 (2017)**

Da Silva Nicácio, Leandro / Silva de Carvalho, Sérgio - Painéis fotovoltaicos: possibilidades de melhoria em sua eficiência – **Revista Científica Semana Acadêmica ISSN 2236-6717 (2017)**