

Inclinómetro planar de precisão para o Atlascar-2

Projeto de Automação Industrial – Relatório Final

Orientador-Prof. Vítor Santos

82660 – Armindo Silva

Aveiro, 16 junho 2017

### Índice

[Índice 2](#_Toc487621581)

[Lista de Figuras 3](#_Toc487621582)

[1. Resumo 4](#_Toc487621583)

[2. Introdução 4](#_Toc487621584)

[3. Objetivos do projeto 4](#_Toc487621585)

[4. Elementos do Projeto 5](#_Toc487621586)

[4.1. Sensor SENSICK DT20 Hi 5](#_Toc487621591)

[4.2. Microcontrolador Arduíno Nano 6](#_Toc487621592)

[4.3. LCD 16x2 6](#_Toc487621593)

[5. Implementação da Hardware 7](#_Toc487621594)

[6. Aquisição de dados e calibração 9](#_Toc487621595)

[7. Implementação do programa no Arduíno nano 12](#_Toc487621596)

[8. Montagem no veiculo 14](#_Toc487621597)

[9. Testes de funcionalidade no veiculo 16](#_Toc487621598)

[10. Comunicação por Bluetooth 20](#_Toc487621599)

[11. Conclusões 21](#_Toc487621600)

[12. Bibliografia **Erro! Marcador não definido.**](#_Toc487621601)

### Lista de Figuras

[Figura 1-Sensor SENSICK DT20 Hi 5](#_Toc487621565)

[Figura 2-Arduíno Nano AT328 6](#_Toc487621566)

[Figura 3-LCD 16x2 6](#_Toc487621567)

[Figura 4-Resistência queda de tensão e filtro passa baixo 7](#_Toc487621568)

[Figura 5- esquema realizado em eagle 8](#_Toc487621569)

[Figura 6-layout do PCB realizado em eagle 8](#_Toc487621570)

[Figura 7-Dados recolhidos e valores de leitura de distância convertida 9](#_Toc487621571)

[Figura 8-Valores de regressão para um dos quatro sensores 9](#_Toc487621572)

[Figura 9-Gráficos da relação Distância Sensor com Leitura ADC 11](#_Toc487621573)

[Figura 10-Ilustação da obtenção dos ângulos 12](#_Toc487621574)

[Figura 11-Programa para a obtenção dos ângulos 13](#_Toc487621575)

[Figura 12-Posição dos sensores traseiros 14](#_Toc487621576)

[Figura 13-Posição dos sensores da frente 14](#_Toc487621577)

[Figura 14-Caixa PVC com hardware, ligações realizadas e em função 15](#_Toc487621578)

[Figura 16-Aplicação android realizada na MIT appinventor 20](#_Toc487621579)

[Figura 17-Diagrama de blocos do programa na MOT appinventor 20](#_Toc487621580)

# Resumo

Este projeto consistiu em desenvolver um sistema que permita determinar a inclinação de um veiculo quando este esta sujeito a acelerações, com base na medição da distância de quatro pontos distintos do chassi em relação ao chão.

# Introdução

Este trabalho consiste na realização de um inclinómetro dando informação sobre os ângulos de inclinação do caro quando este esta sujeito a acelerações. Para esse efeito foram usando sensores de medição de distância medindo a distância em quatro pontos fixos do chassi do caro a uma referência que neste caso é a estrada. Quando o caro esta sujeito a acelerações como por exemplo ao travar as forças aplicadas na estrutura do caro levam este a rebaixar na frente e levantar na traseira, graças a diferença de distância medida em relação ao chão e informação sobre a distância entre sensores, pode ser, através de calculo trigonométrico calculado o angulo de inclinação.

# Objetivos do projeto

* Estudo da solução anterior desenvolvida para o ATLASCAR-1.
* Conceção geral do sistema e dos seus blocos constituintes.
* Desenvolvimento da unidade para interface elétrica entre sensores e sistema de aquisição.
* Programação do sistema de aquisição de dados e cálculo das orientações.
* Ensaios laboratoriais para teste e calibração do sistema de medição.
* Colocação, fixação e teste do sistema no carro.

# Elementos do Projeto



## Sensor SENSICK DT20 Hi

Para a obtenção das distancias entre pontos fixos da estrutura do carro e o solo foi, para este projeto usado o sensor SENSICK DT20 Hi. Este sensor é um dispositivo optoelectrónico que permite obter distâncias entre objetos via ótica e sem contacto. O emissor é um laser de cor vermelha com comprimento de onda de 655nm, o que permite uma boa leitura da distância independentemente da rugosidade do objeto de incidência do laser.

O sensor permite uma leitura de distância com uma gama de entre 50mm e 1000mm com resolução inferior a 1mm, linearidade de +-6mm e velocidade de reação de 2,5/ 10/ 40ms alterável no menu do sensor.

O sensor pode ser alimentado por uma fonte de tensão continua com valores de tensão entre 10 e 30V. Tem duas saídas de sinal, uma analógica e uma de comutação e tem uma entrada multifunções. Para este projeto foi usado a saída analógica que se comporta como fonte de corrente com uma gama de corrente que varia entre 4mA e 20mA, esta gama de corrente vem predefinida para a gama total do sensor, no entanto pode ser alterada no menu. Como para este projeto a gama total do sensor não é necessária e o sensor esta montado a 450mm do solo optou-se por uma gama de 500mm indo de 200mm a 700mm, o que faz que o sensor fornece 4mA a 200mm e 20mA a 700mm de medição.



Figura 1-Sensor SENSICK DT20 Hi

## Microcontrolador Arduíno Nano

Para este projeto usou-se um Arduíno nano com microcontrolador AT328, o Arduíno tem uma tensão de operação de 5V e pode ser alimentado por uma fonte de tensão continua com uma gama de 6 a 20V. Este Arduíno possui 14 entradas ou saídas digitais das quais 6 podem ser saídas PWM e 8 entradas analógicas de 10 bits o que permite uma resolução com 1024 valores. Tem memoria flash de 32 KB memoria SRAM de 2KB e EEPROM de 1KB. A frequência *clock* é de 16MHz.

No âmbito de este projeto foram usadas 4 entradas analógicas, uma para cada sensor de distância e 7 entradas digitais, 6 para o leitor LCD e uma para o botão de calibração.

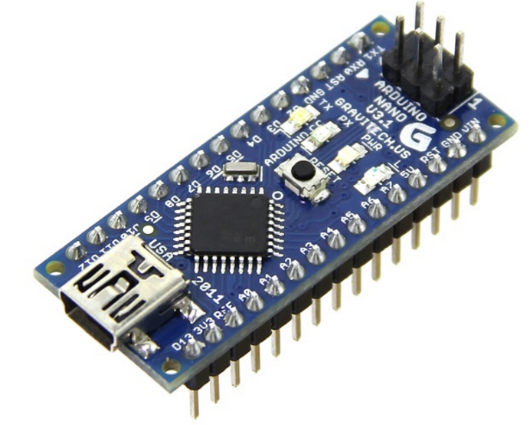


Figura 2-Arduíno Nano AT328

## LCD 16x2

O *display* utilizado neste projeto é um LCD com 16 colunas por 2 linhas com iluminação de fundo azul e escrita em branco, possui um controlador HD44780 e a interface com o Arduíno é realizada basicamente por 4 pinos de dados e 2 de controlo.

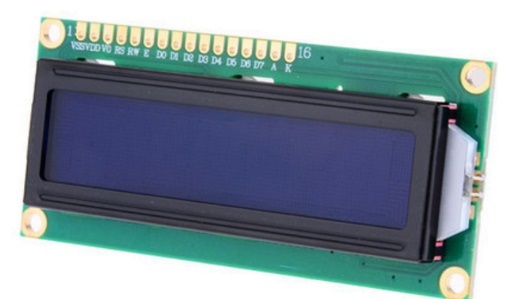


Figura 3-LCD 16x2

# Implementação da Hardware

Como a saída analógica dos sensores age como uma fonte de corrente e as entradas analógicas do Arduíno nano fazem leitura de tensão, foi necessário converter a corrente das saídas dos sensores numa tensão proporcional a corrente, com uma gama de tensão de forma a aproveitar totalmente da resolução da entrada analógica. Para isso foi usado uma resistência em serie com a saída analógica do sensor. O valor da resistência foi calculado dependentemente da corrente máxima do sensor (20mA) e da tensão máxima descegada, neste caso 5V.

(1)

Como não é possível obter resistências de 250Ω foram usadas duas resistências, uma de 150 e uma de 100Ω com erro de 1% garantindo assim uma boa precisão na leitura.

Para reduzir frequências parasitarias na tensão medida na resistência foi implementado um filtro passa baixo com uma frequência de corte de 250Hz. O valor da resistência foi escolhido de forma a permitir o calculo de um condensador com valor baixo, permitindo o uso de condensadores cerâmicos mais indicados para este tipo de uso. O valor da resistência escolhida foi de 10kΩ e o condensador foi calculado através da formula seguinte.

(2)

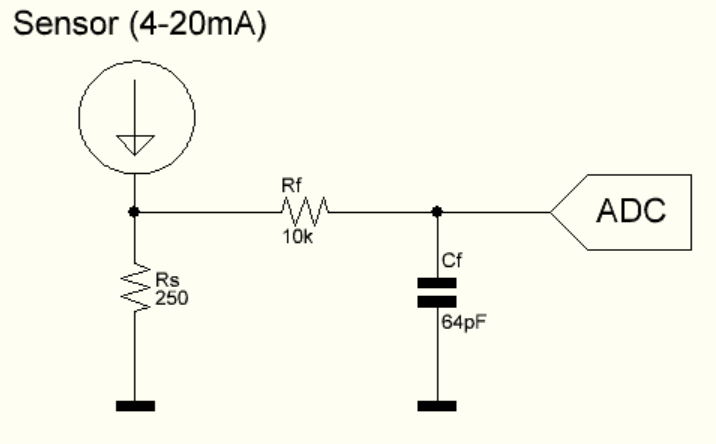


Figura 4-Resistência queda de tensão e filtro passa baixo

Após testes realizados em placa branca e os resultados das leituras serem satisfatórias, foi desenvolvido um PCB usando o *software eagle* para a realização do layout.

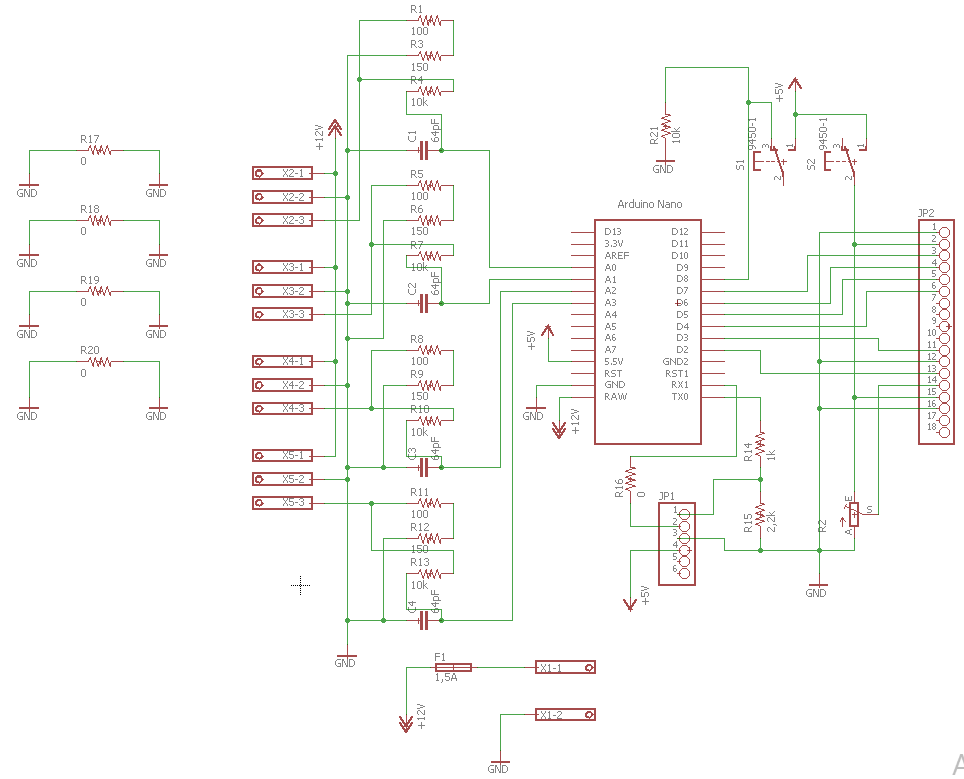


Figura 5- esquema realizado em eagle

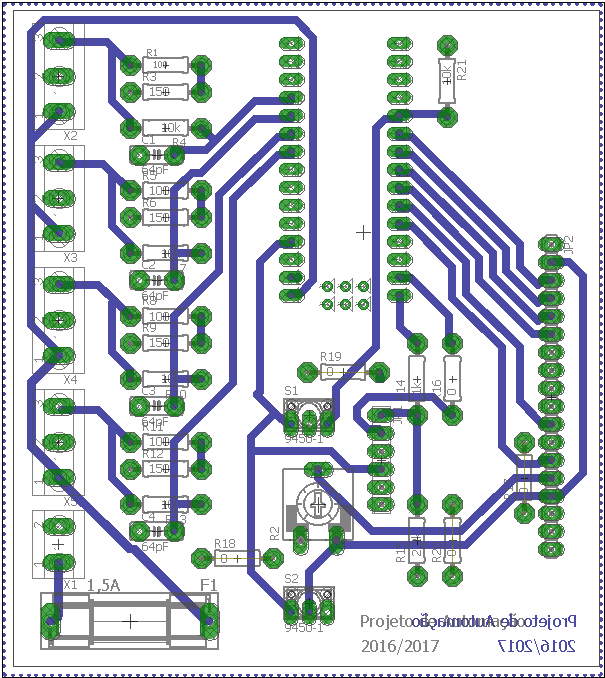


Figura 6-layout do PCB realizado em eagle

Este PCB engloba o tratamento de sinal dos sensores, o Arduíno nano, um *socket* para a ligação de um LCD 16x2 com um potenciómetro R2 para o contrasto, um botão de calibração das leituras, um *socket* para a ligação de um modulo Bluetooth e um fusível de segurança F1 de 1,5A. A ligação dos sensores e da fonte de tensão é feita através de bornes de ligação por parafuso.

# Aquisição de dados e conversão

Após realização do PCB iniciou se a aquisição de dados, para isso foram recolhidos 20 valores da queca de tensão na resistência de medição medida com voltímetro e da leitura da ADC do Arduíno, para todos os sensores na gama de leitura de 200mm até 700mm.

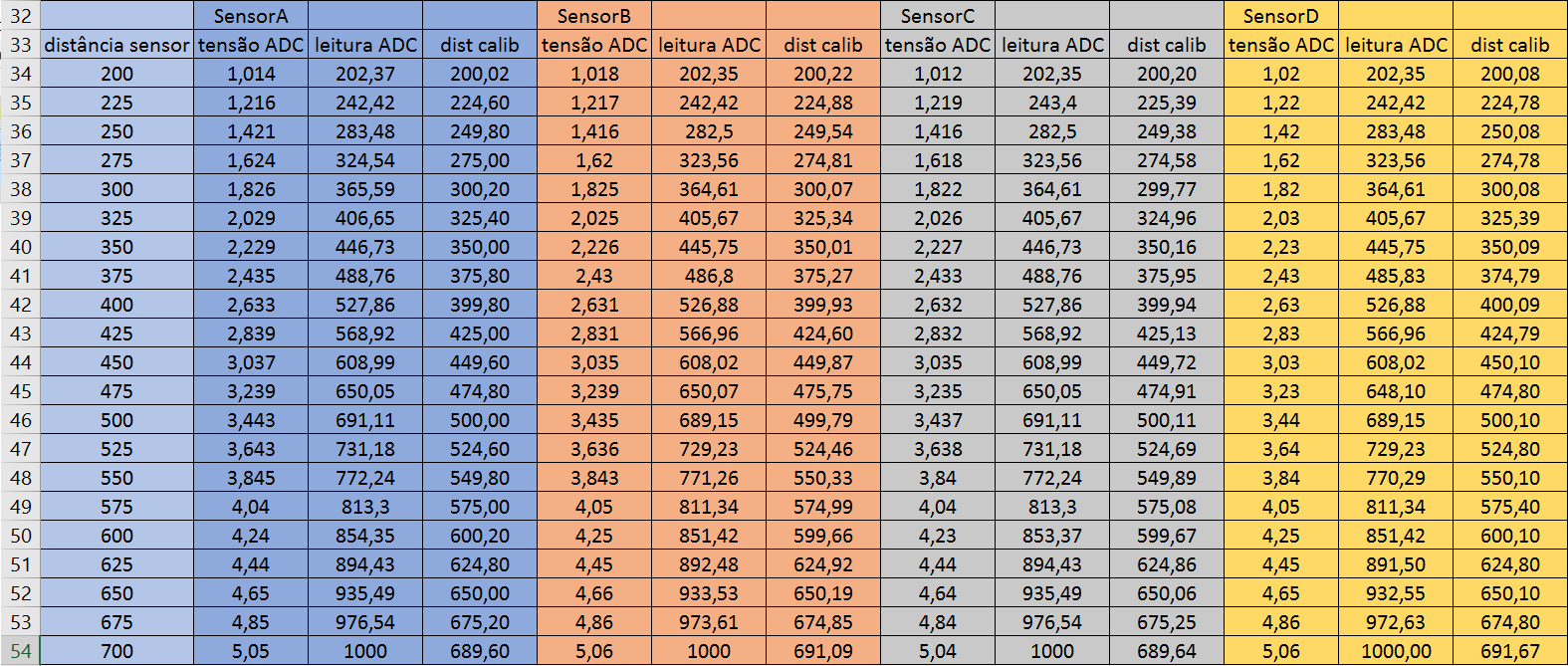


Figura 7-Dados recolhidos e valores de leitura de distância convertida

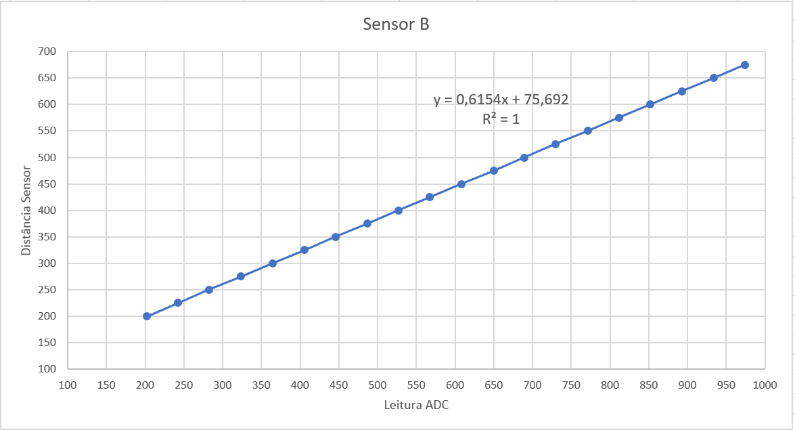
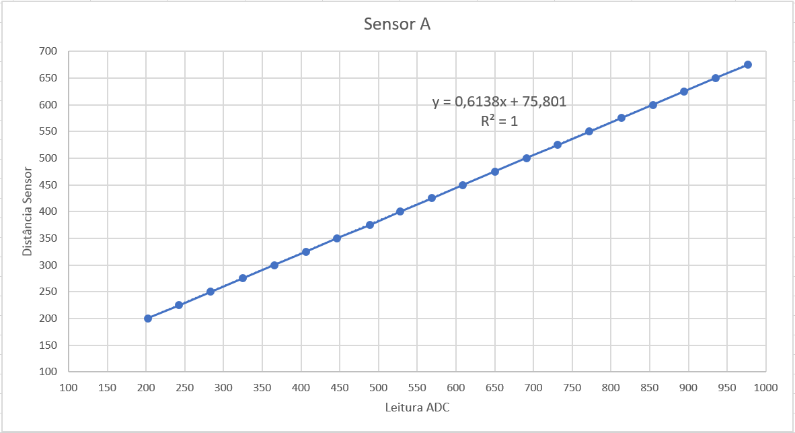
Como a queda de tensão a entrada da ADC tem uma gama que varia de 1 a 5V para distâncias de 200 a 700 mm e que a numa gama de leitura da ADC é aproximadamente de 200 até 1000 valores, foi necessário determinar a equação da reta que relaciona a distância medida pelo sensor e os valores da ADC. Para isso foram realizados os gráficos da figura 9 em *exel.* Os valores da tabela na figura 8 demostrando a linearidade da relação dos valores dos sensores en função da leitura da ADC.

|  |  |
| --- | --- |
| *Estatística de regressão* | |
| R múltiplo | 0,99999804 |
| Quadrado de R | 0,99999608 |
| Quadrado de R ajustado | 0,999995862 |
| Erro-padrão | 0,300855801 |
| Observações | 20 |

Figura 8-Valores de regressão para um dos quatro sensores

Na aquisição dos valores da ADC realizou-se que a determinadas medições aparecia flutuações nos valores lidos da ADC, sabendo que a queda de tensão nas entradas analógicas não demonstra nenhumas variações. Chegou-se a conclusão que o problema surge devido a ADC na mudança entre valores da ADC. As ADC’s do Arduíno têm uma resolução de 10 bits o que equivale a 1024 valores.

Inicialmente fez se uma aquisição de dados usando a gama total dos sensores o que equivale a 1000mm, numa segunda fase diminuiu-se a gama de leitura para 500mm (de200mm a 700mm) o que demonstrou não só uma melhor precisão na leitura como também uma redução nas flutuações devido ao “efeito de escada” da ADC, passando a ter mais o menos 2 valores por milímetro medido em vez de 1.

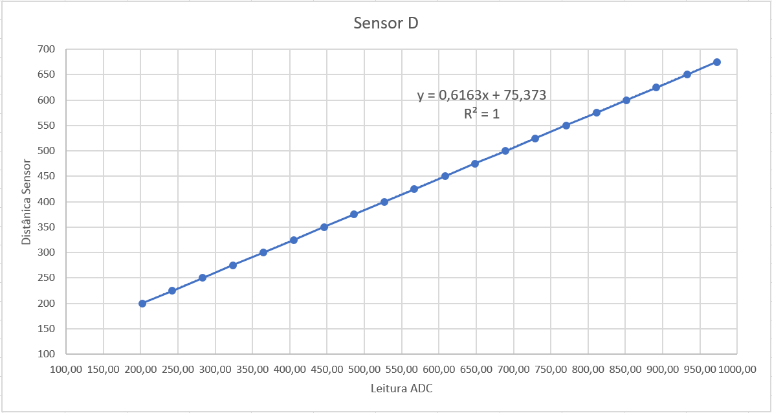
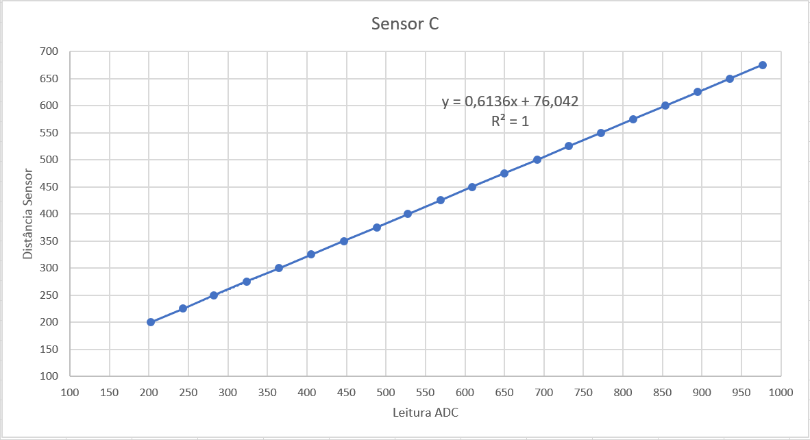
 

Figura 9-Gráficos da relação Distância Sensor com Leitura ADC

# Implementação do programa no Arduíno nano

Após a aquisição dos valores das ADC’s foi necessário realizar um programa par obter os valores desejados neste projeto, que são os ângulos de inclinação *pitch* no caso em que o caro esta sujeito a aceleração que seja a travagem ou ao arranque e *roll* quando o caro esta sujeito aceleração no caso de alteração da sua trajetória.

Para isso começou se por converter a leitura dos sensores graças as equações das retas determinadas no capitulo anterior. Agora que os valores das variáveis de distância correspondem a leitura dos sensores, realizou se a calibração das leituras permitindo uma leitura a partir de um valor de referência neste caso o valor zero. quando o botão de calibração é premido é subtraído ao valor da distância o valor da distância guardado no estante em que o botão calibração é premido.

De seguida, graças a biblioteca *math.h* realizou-se os cálculos de trigonometria para a obtenção dos ângulos. O calculo realizado foi,

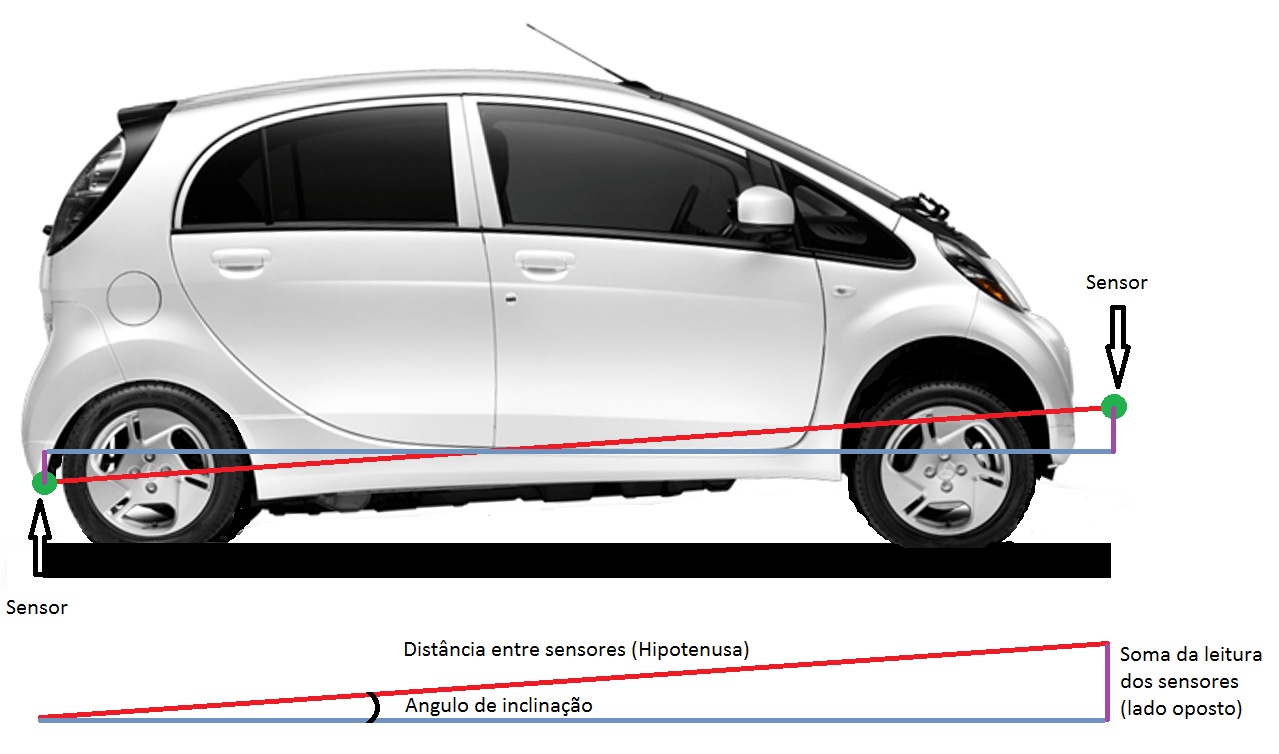
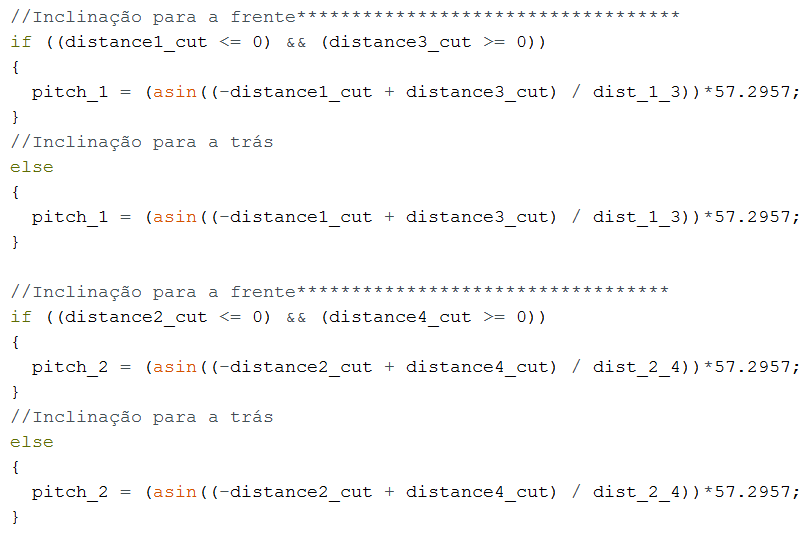


Figura 10-Ilustação da obtenção dos ângulos

Nas figura 11 pode se ver como o calculo dos ângulos foi realizado através no programa Arduíno,



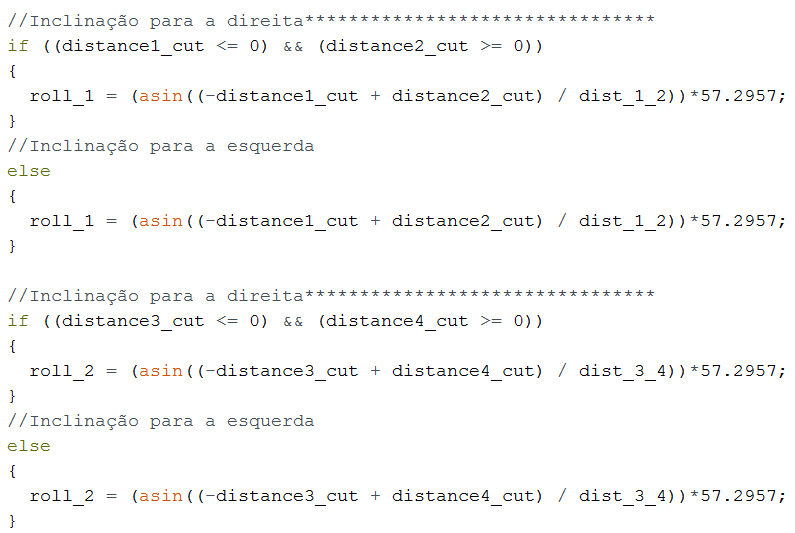


Figura 11-Programa para a obtenção dos ângulos

Distance1\_cut e Distance2\_cut corresponde a distância lida pelos sensores da frente e Distance3\_cut e Distance4\_cut corresponde a distância lida pelos sensores de trás. Dist\_x\_x corresponde a distância entre sensores e 57,2957 é o resultado da divisão de 180/π na conversão de radianos para graus.

# Montagem no veiculo

Com a hardware e software realizada e o sistema testado em bancada, iniciou-se a montagem do sistema no caro. O primeiro passo foi de fixar os sensores, os sensores de trás foram aplicados aos suportes do para-choques traseiro como representado na figura seguinte,



Figura 12-Posição dos sensores traseiros

Os sensores da frente foram montados a uma estrutura aplicada ao caro na realização de outro projeto como representado na figura seguinte,

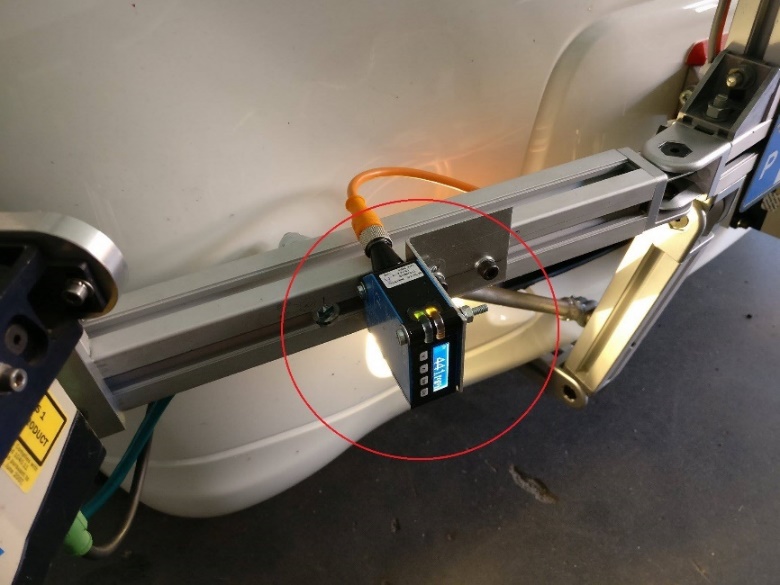


Figura 13-Posição dos sensores da frente

De seguida foram aplicados os cabos que foram levados da mala onde esta colocada a central até ao local de aplicação dos sensores. A hardware foi incorporada numa caixa em PVC onde foi montado o LCD em fachada e onde vão ligar os cabos dos sensores. A alimentação do sistema em 12V vem da caixa de alimentação situada na mala realizada noutro projeto.



Figura 14-Caixa PVC com hardware, ligações realizadas e em função

# Testes de funcionalidade no veiculo

O primeiro teste de funcionalidade consistiu em verificar se o sistema devolve valores para os ângulos de forma correta, usou-se para isso objetos com medida conhecida, colocados debaixo dos sensores simulando inclinação do veiculo. Os valores obtidos e aficados no LCD corresponderam aos valores calculas com calculadora. No entanto deparou-se com um ligeiro problema de instabilidade dos valores, algo que já tinha sido reparado anteriormente, mas agora com maior frequência. Isto porque agora tanto os valores do *Pitch* como do *Roll* são dependentes dos quatro sensores e devido a isso as instabilidades das leituras dos 4 sensores se prenunciam para ambos resultados finais.

Para determinar a importância das flutuações dos valores foi recolhido uma amostra de 500 valores para valores das ADC’s, valores das ADC’s convertidos e valores do *Pitch* e do *Roll*.

Os gráficos na figura 15 e 16 representa a frequência de valores da ADC e valores convertidos, entre o valor mínimo e valor máximo obtidos nas amostras para um dos sensores.

Como se pode ver não há acumulação de erro na conversão dos valores, a frequência de valores é a mesma em ambos os gráficos.

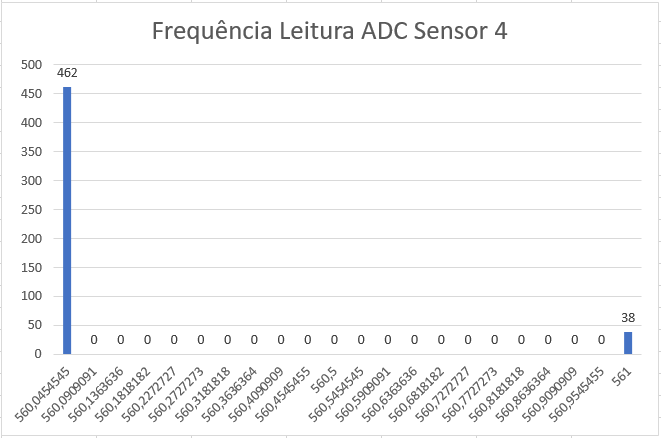


Figura 15-Frequência de ocorrência de valores ADC

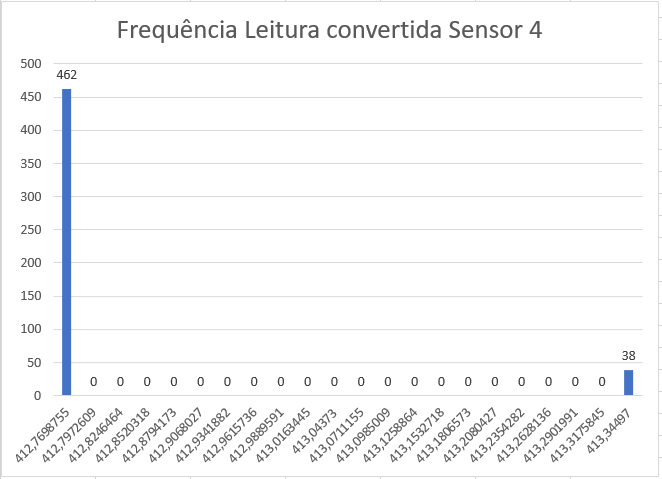


Figura 16-Frequência de ocorrência de valores ADC convertidos

Atraves dos gráficos nas figuras 17 e 18 pode se ver a frequência dos valores do pitch e roll entre os valores minimos e maximos da amostra. A saber que a gama de variação dos valores é de 0,01533 graus para o *pitch* e 0,06869 graus para o *roll*.

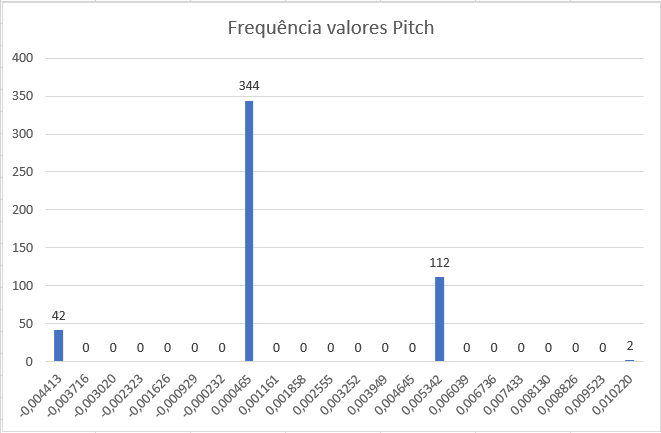


Figura 17-Frequência de ocorrência de valores *Pitch*

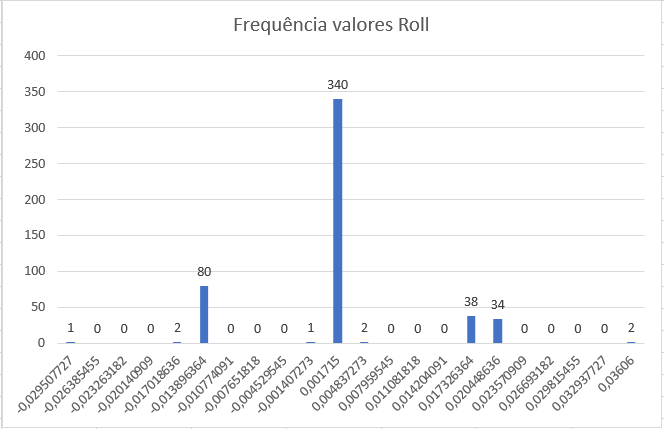


Figura 18-Frequência de ocorrência de valores *Roll*

Na tentativa de diminuir ou digamos concentrar a ocorrência de valores para o *pitch* e o *roll* vez se, por software uma média de valores. O resultado foi um aumento de valores de ocorrência, no entanto a gama de erro diminuiu para 0,01148 graus no caso do *pitch* e 0,02465 graus no caso do *roll*. Os gráficos da frequência de ocorrência de valores com media de valores estão representados na figura 18 e 20.

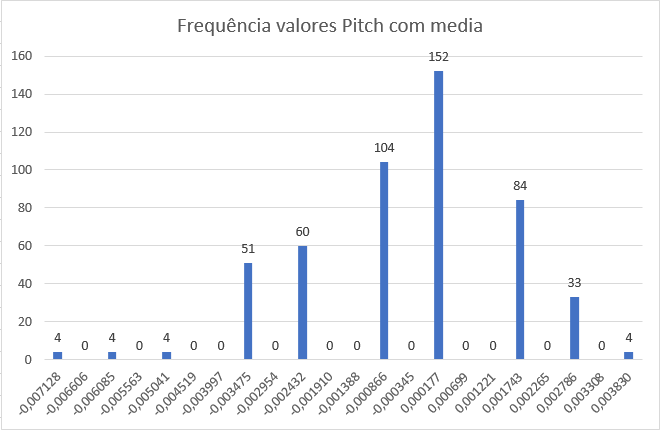


Figura 19-Frequência de ocorrência de valores *Pitch* com media de valores

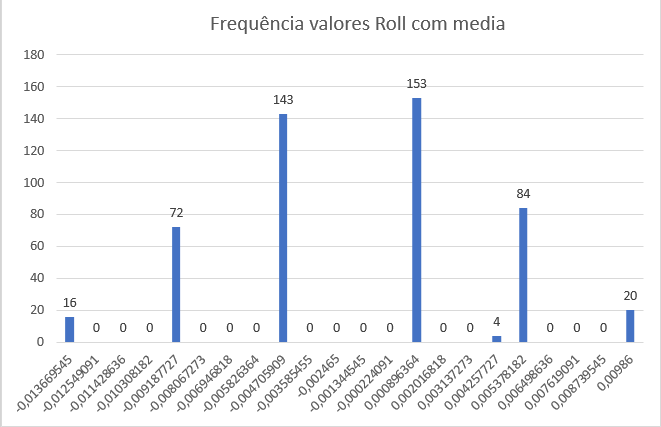


Figura 20-Frequência de ocorrência de valores *Roll* com media de valores

# Comunicação por Bluetooth

Para alem da comunicação através da porta usb há também a possibilidade de comunicar com o Arduíno através de um modulo Bluetooth montado na hardware. O modulo Bluetooth comunica com o Arduíno através das portas serie tx rx.

Foi realizado um teste de comunicação entre o PC e o Arduíno usando para isso o terminal Tera Term, linhas de código no programa do Arduíno permitem a visualização de valores e o envio da letra “C” a partir do terminal a calibração dos valores medidos.

Na tentativa de realizar a comunicação com um *smartphone android* foi realizado uma aplicação usando a MIT appinventor no entanto até a esta altura do projeto não foi possível realizar a ligação Bluetooth entre o modulo e o *smartphone*.

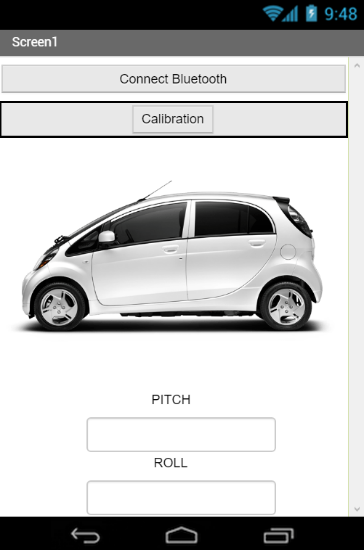


Figura 21-Aplicação android realizada na MIT appinventor

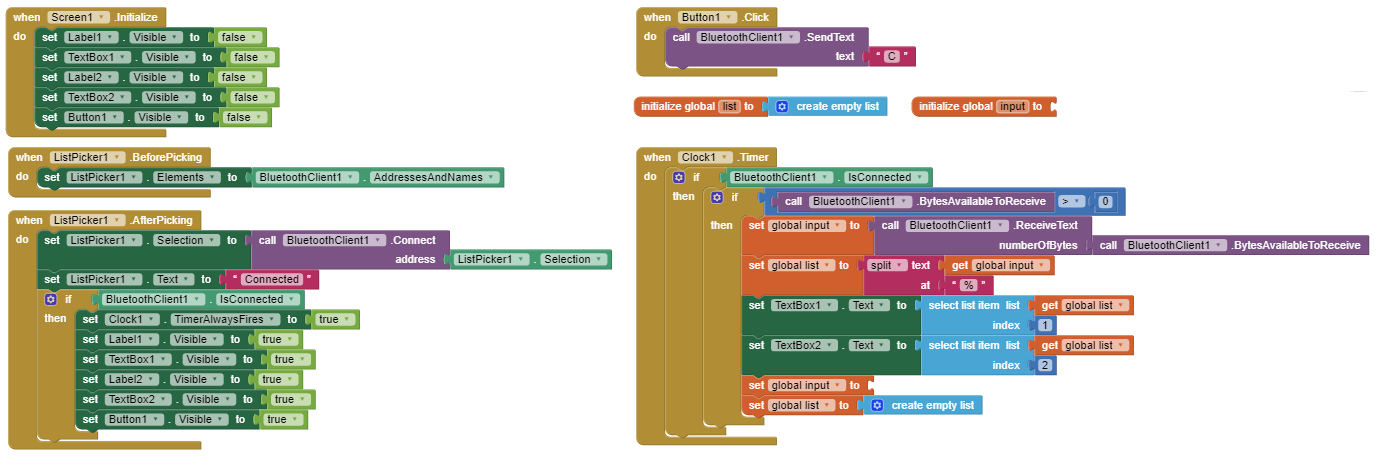


Figura 22-Diagrama de blocos do programa na MIT appinventor

# Conclusões

Os objetivos iniciais foram todos realizados, no entanto mais teste são necessários para uma melhor compreensão dos problemas existentes e a deteção de eventuais problemas ainda não detetados. Os testes realizados foram feitos com o caro em posição estática na oficina, teste no exterior com o caro em andamento permitira obter mais informação sobre o funcionamento do sistema e eventuais melhorias a realizar. Seria interessante a comparação do inclinómetro desenvolvido com um sistema equivalente do qual se conheça a fiabilidade. Será necessário avaliar se o erro induzido devido as ADC’s é eu não relevante para o sistema no qual o inclinómetro ir operar.

Fica para concluir a comunicação Bluetooth a partir do smartphone que, por falta de tempo, não pode ser determinado a causa do não funcionamento.