



**Politécnico  
Castelo Branco**

Escola Superior  
de Tecnologia

# **Análise do risco de vibração de uma motocicleta no conforto de condução – vibração mão-braço**

Pedro Pinto

Nº20210477

## **Orientadores**

Armando Lopes Ramalho(orientador)

Pedro Miguel Baptista Torres(coorientador)

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Professor Armando ramalho, e do professor Doutor Pedro Miguel Baptista Torres, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

**setembro 2025**



## **Composição do júri**

Presidente do júri

Especialista, Fernando Júlio Marques Miranda;

Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Vogais

Doutor Armando Lopes Ramalho;

Professor Coordenador do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Doutor Pedro Miguel Baptista Torres;

Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Doutor Luís Miguel Pedroso de Moura Correia Categoria

Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Castelo Branco



## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a todas as pessoas que estiveram ao meu lado durante o meu percurso académico e que por isso deixaram uma marca profunda na minha vida, mas também o dedico este trabalho, a mim, por sempre acreditar que mereço e sou capaz de concretizar aquilo a que me comprometo.

Em primeiro lugar dedico este trabalho à minha família por o seu apoio incondicional, dedicação e perseverança. Dedico especialmente aos meus irmãos e ao meu cunhado que sempre me incentivaram e impulsionaram a acreditar que era capaz e a nunca desistir, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais por permitirem a realização deste sonho, mostrando sempre o seu apoio incondicional. Sem eles este momento não seria possível.

Aos meus amigos que sempre me ajudaram quando eu precisei ao longo da minha vida académica, muitas vezes quis desistir e deixar para trás todo esforço que já tinha realizado, mas com o apoio deles mantive-me focado, foram sem dúvida uma grande motivação para que tudo decorresse da melhor forma.

Aos meus amigos e colegas de casa, que foram eles que passaram a ser a minha família durante estes três anos, agradeço e dedico este trabalho por sempre lá estarem quando mais precisei. Com eles, partilhei momentos que um dia vou recordar.

Dedico também este trabalho a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória académica, contribuindo não apenas com o conhecimento técnico e científico, mas também com ensinamentos que ultrapassam os limites da sala de aula.

Cada um, à sua maneira, deixou uma marca importante na minha formação, seja através do seu rigor académico, do incentivo à curiosidade, da paciência ao ensinar ou da exigência que me impulsionou a ir mais além.

Reconheço e valorizo o esforço diário de cada docente em partilhar saberes, formar cidadãos críticos e manter viva a paixão pelo conhecimento, mesmo diante dos inúmeros desafios da docência no ensino superior. A todos vocês, o meu sincero obrigado por terem sido faróis ao longo deste caminho.

Por último, dedico este trabalho a mim, porque mesmo no meio da turbulência tive a capacidade de me superar e manter á tona. Porque conciliei os estudos com os projetos familiares, porque lutei muitas vezes contra o cansaço e contra quem duvidava de mim. Tenho a certeza, que todos os altos e baixos que encontrei pelo caminho ao longo destes anos, serviram para ganhar ainda mais força e concluir com sucesso e determinação umas das etapas mais importantes da minha vida.



## Agradecimentos

A conclusão deste curso representa um marco importante na minha vida.

Agradeço de coração aos meus pais, pelo esforço feito ao longo destes anos e por sempre acreditarem nas minhas capacidades.

Agradeço imensamente aos meus irmãos e ao meu cunhado pela amizade, companheirismo e por sempre estarem ao meu lado quando preciso. Agradeço os seus conselhos, foram valiosos, especialmente quando me senti mais em baixo.

Vocês foram a minha maior fonte de inspiração e motivação, e os meus grandes pilares ao longo destes 4 anos de ensino superior.

Aos meus amigos e colegas de casa pois felizmente tive a oportunidade de sermos sempre uma família, com eles partilhei todos os meus bons e maus momentos ao longo desta caminhada académica.

Estou muito grato ao meu colega e amigo Paulo, que sempre me ajudou e me motivou ao longo do meu percurso académico.

Agradeço sem dúvida ao meu orientador e ao coorientador de projeto por toda a disponibilidade e dedicação ao longo desta etapa.

Agradeço, sem exceção a todas as pessoas que fazem parte da minha vida, familiares e amigos, sem elas nada disto seria possível, sou muito grato por todos os que cruzam no meu caminho.



## **Resumo**

Este projeto foca-se na análise da vibração transmitida ao sistema mão-braço durante a condução de um motociclo, Suzuki ts125 x avaliando assim quais os potenciais riscos relativamente ao conforto e à saúde do condutor, seguindo as diretrizes estabelecidas no decreto-lei nº26/2006[1].

Esta análise foi efetuada através de medições experimentais, utilizando-se um acelerómetro e um microcontrolador *TT-Lion ESP 32* na aquisição dos dados do estudo.

Para a aquisição de dados e comparação dos diferentes valores, foram realizadas medições das vibrações na mota em dois tipos distintos de piso, com três aquisições em cada um deles. O objetivo foi analisar se as características do piso influenciam as vibrações transmitidas ao condutor. A partir da análise dos dados obtidos, foi possível avaliar o nível de conforto na condução da mota em diferentes cenários.

## **Palavras chave**

TTGo T-Lion ESP32, DFRobot SEN0408, Suzuki ts 125X, Vibração mão-braço, Decreto-Lei nº46/2006;



## **Abstract**

The following project consists of analysing the vibration transmitted to the hand-arm system while riding a Suzuki ts125 x motorcycle, thus assessing the potential risks to the rider's comfort and health, following the guidelines established in Decree-Law No. 26/2006.

This analysis was carried out through experimental measurements, using an accelerometer and an ESP 32 to collect the data required for the study.

To obtain the data and enable comparison between different conditions, vibration measurements were performed on the motorcycle while riding on two distinct types of surfaces, with three acquisitions for each surface. The objective was to determine whether surface characteristics influence the vibrations transmitted to the rider. Based on the data analysis, it was then possible to assess the level of comfort when riding the motorcycle under different scenarios.

## **Keywords**

TTGo T-Lion ESP32, DFRobot SEN0408, Suzuki ts 125X, Hand-arm vibration, Decree-Law No. 46/2006;



## Índice geral

### Conteúdo

1. Introdução .....	1
2. Motivação .....	3
3. Objetivos do Projeto .....	3
4. Estudo do Decreto-lei nº 46/2006 .....	4
<b>4.1-Valores Padrões .....</b>	<b>5</b>
5- Metodologia .....	7
<b>5.1-Instrumentação da Moto .....</b>	<b>7</b>
Equipamentos e ergonomia .....	9
Desempenho .....	9
Suspensão dianteira .....	10
Suspensão traseira da Suzuki ts125 x .....	10
<b>5.2-Componentes do sistema de aquisição de dados .....</b>	<b>12</b>
T-lion ESP32. ....	12
DFRobot SEN0408 .....	15
Micro SD Card adapter .....	16
<b>5.3-Carcaça .....</b>	<b>17</b>
<b>5.4-Programa do T-Lion ESP32 .....</b>	<b>20</b>
Importação de bibliotecas: .....	20
Constantes e de variáveis globais do código: .....	22
Setup inicial .....	24
Função Loop() .....	25
Verificação do sensor .....	26
Figura 14 Verificação do DFRobot SEN0408 .....	26
Aquisição de dados .....	27
Figura 15-Aquisição de sinal do DFRobot SEN0408 .....	27
<b>5.5-Montagem e teste dos componentes .....</b>	<b>28</b>
<b>5.6-Calibração do acelerómetro .....</b>	<b>30</b>
<b>5.7-Montagem dos componentes na moto .....</b>	<b>32</b>
<b>5.8- Trajeto e características dos pisos .....</b>	<b>33</b>
6-Apresentação de resultados .....	36
<b>6.2- Resultados das medições na moto .....</b>	<b>38</b>
Dados do Percurso 1 usando o sistema Mão-braço .....	39
Dados do Percurso 1 usando o acelerómetro no guiador .....	41

Dados do Percurso 2 no sistema Mão-Braço .....	43
Percurso 2 Guiador.....	44
7- Análise dos dados recolhidos dos dois percursos.....	47
8-Discussão de resultados.....	51
8-Conclusão .....	55
9-Bibliografia .....	56

## Índice de figuras

<b>Figura 1-</b> Localização do acelerómetro na mão.....	5
<b>Figura 2-</b> Suzuki ts 125 x .....	9
<b>Figura 3-</b> Suspensão traseira.....	11
<b>Figura 4-</b> T-lion ESP32 .....	12
<b>Figura 5-</b> DFRobot SEN0408.....	15
<b>Figura 6-</b> Desenho da Carcaça.....	17
<b>Figura 7-</b> Impressão da carcaça .....	18
<b>Figura 8-</b> Desenho suporte do acelerómetro .....	18
<b>Figura 9-</b> Dimensões do suporte.....	19
<b>Figura 10-</b> Importação de bibliotecas.....	20
<b>Figura 11-</b> Atribuições das constantes e das variáveis .....	22
<b>Figura 12-</b> Função setup.....	24
<b>Figura 13-Função loop</b> , variáveis de controlo.....	25
Figura 14 Verificação do DFRobot SEN0408 .....	26
Figura 15-Aquisição de sinal do DFRobot SEN0408 .....	27
<b>Figura 16-</b> Montagens dos componentes.....	28
<b>Figura 17</b> Montagem dos componentes na carcaça .....	28
<b>Figura 18</b> Esquema elétrico .....	29
<b>Figura 19</b> Calibração do acelerómetro.....	30
<b>Figura 20-</b> calibration certificate do shaker .....	31
<b>Figura 21-</b> Montagem do sistema na moto .....	32
<b>Figura 22-</b> Colocação do acelerómetro no sistema mão braço e no guiador .....	32
<b>Figura 23-</b> Tipo de Pneus .....	33
<b>Figura 24-</b> Percurso 1 .....	34
<b>Figura 25-</b> Percurso 1 piso em paralelos .....	34
<b>Figura 26-</b> Percurso 2 .....	35
<b>Figura 27-</b> percurso A piso asfaltado .....	35
<b>Figura 28-</b> Gráfico da calibração eixo x .....	36
<b>Figura 29-</b> Gráfico da calibração eixo y .....	36
<b>Figura 30-</b> Gráfico da calibração eixo x .....	37
<b>Figura 31-</b> Gráfico, Valores do RMS no ensaio 1.....	48
<b>Figura 32-</b> Gráfico, Valores do RMS no percurso 2 .....	49
<b>Figura 33-</b> Gráfico, do RMS Global.....	52
<b>Figura 34-</b> Gráfico, dos sinais em frequência no sistema mão braço .....	53
<b>Figura 35-</b> Gráfico, com os sinais na frequência no guiador.....	54

## Índice de símbolos

G – Aceleração da gravidade

V- Volt

Hz- Hertz

$m/s^2$  – Metros por segundo quadrado

Km/h – Kilometros por hora

awx- Aceleração pondera em frequência x

awy- Aceleração pondera em frequência y

awz- Aceleração pondera em frequência z



## Lista de tabelas

<b>Tabela 1-</b> Ficha técnica do motociclo.....	7
<b>Tabela 2-</b> características do chassi e da suspensão do motociclo .....	7
<b>Tabela 3-</b> Dimensões do motociclo .....	8
<b>Tabela 4-</b> Características da suspensão da frente.....	10
<b>Tabela 5-</b> Características da suspensão traseira .....	10
<b>Tabela 6-</b> Arduine IDE.....	20
<b>Tabela 7-</b> fator de correção.....	37
<b>Tabela 8-</b> Formulas para a recolha dos valores do RMS .....	38
<b>Tabela 9-</b> Formulas do RMS .....	38
<b>Tabela 10-</b> Valores do percurso 1 no sistema Mão-Braço .....	39
<b>Tabela 11-</b> Valor do RMS no ensaio 1 em paralelos no sistema Mão Braço .....	40
<b>Tabela 12-</b> Valor do RMS no ensaio 2 em paralelos no sistema Mão Braço .....	40
<b>Tabela 13</b> Valor do RMS no ensaio 3 em paralelos no sistema Mão Braço .....	40
<b>Tabela 14-</b> - Valores do percurso 1 no guiador .....	41
<b>Tabela 15-</b> Valor do RMS no ensaio 1 em paralelos no Guiador .....	41
<b>Tabela 16-</b> Valor do RMS no ensaio 2 em paralelos no Guiador .....	42
<b>Tabela 17-</b> Valor do RMS no ensaio 3 em paralelos no Guiador .....	42
<b>Tabela 18-</b> Valores do percurso 2 no sistema mão braço.....	43
<b>Tabela 19-</b> Valor do RMS no ensaio 1 em alcatrão no sistema mão braço .....	43
<b>Tabela 20-</b> Valor do RMS no ensaio 2 em alcatrão no sistema mão braço .....	44
<b>Tabela 21-</b> Valor do RMS no ensaio 3 em alcatrão no sistema mão braço .....	44
<b>Tabela 22-</b> Valores do percurso 2 no Guiador .....	45
<b>Tabela 23-</b> Valor do RMS no ensaio 1 em alcatrão no guiador.....	45
<b>Tabela 24-</b> Valor do RMS no ensaio 2 em alcatrão no guiador.....	45
<b>Tabela 25-</b> Valor do RMS no ensaio 3 em alcatrão no guiador.....	46
<b>Tabela 26-</b> Comparação de valores no percurso 1 .....	47
<b>Tabela 27-</b> Valores da comparação no percurso 1 .....	47
<b>Tabela 28-</b> Comparação de valores no percurso 2 .....	49
<b>Tabela 29-</b> Valores da comparação no percurso 2 .....	49



## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

MISO→ Master In Slave Out

MOSI→ Master Out Slave In

SCK→ Serial Clock

CS → Chip Select

SDA→ Serial Data Adapter

SCL→ Serial Clock Line

GND→ Graduated neutral density (Densidade neutra graduada/ Terra)

VCC→Voltage at the Common Collector(tensão de alimentação positiva do circuito)

TTGO T-Lion ESP32 → Placa de desenvolvimento baseada no microcontrolador ESP32 com suporte para bateria 18650

DL → Decreto-Lei

ESP32 → *Embedded System Platform 32 bits* (Microcontrolador da Espressif Systems)

PLA→ Polylactic Acid (Ácido Poliláctico)

USB → Universal Serial Bus

km/h → quilómetros por hora

2T → motores com ciclos de 2 tempos

g → Aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>)

I<sup>2</sup>C → *Inter-Integrated Circuit* (Protocolo de comunicação série)

RMS → *Root Mean Square* (Valor Quadrático Médio)





## 1. Introdução

O motociclo, como meio de transporte tem cada vez mais sido uma opção de meio de transporte da população tanto no uso urbano como no uso rural, começando por a população mais jovem até a população mais velha. O uso de mota para a escola, para o trabalho e para momentos de convívio tem aumentado gradualmente ano após ano.

Nos grandes centros estes veículos têm um uso muito elevado para evitar filas de trânsito, os estacionamento destes veículos são mais rápidos e fáceis de arranjar do que um carro.

No entanto a exposição durante várias horas ao volante desse veículo o nosso corpo está constantemente a receber vibrações emitidas pela mota para o nosso corpo e para o sistema mão e braço, o que muitas pessoas sabem é que o uso negligente das motocicletas pode gerar vários problemas de saúde, tal como podemos ver no decreto-lei nº46/2006.

O presente trabalho como principal objetivo analisar os riscos das vibrações na motocicleta, com o objetivo mais concentrado na mão-braço, e a sua influência no conforto do condutor [1].

Através de uma revisão bibliográfica abrangente e de um estudo de caso prático, pretende-se identificar os principais fatores que contribuem para a geração e propagação das vibrações, quantificar os níveis de vibração presentes em diferentes modelos e condições de uso, e avaliar o impacto dessas vibrações na saúde e no bem-estar dos motociclistas.

Nas motas um dos elementos cruciais e que absorvem a maioria das vibrações são as suspensões, o que por sua vez esse passado alguns anos deixam de desempenhar o seu papel e é aí que o desconforto na condução acontece.

O foco deste trabalho está em medir e interpretar as vibrações transmitidas para a mão-braço do condutor, visando não apenas avaliar o nível de conforto, mas também entender os possíveis impactos na saúde e segurança durante a condução. Com base nos resultados obtidos e comparados aos valores do decreto-lei nº46/2006, espera-se propor melhorias que possam reduzir o desconforto e aumentar a segurança dos condutores.



## **2.Motivação**

A motivação para realizar este projeto tem a ver que cada vez mais a moda em Portugal está a usar as motas clássicas, mas também o gosto pelas motas me fizeram motivar a realizar este projeto.

Todas as pessoas que usam motas pensam que as vibrações são sempre normais nestes tipos de veículos o que nem sempre é verdade pois vibrações em excesso pode causar desconforto na condução e ao longos dos pode provocar danos de saúde.

Essas motas têm sido alvo de uma grande procura no mercado, a população de ano para ano tem realizado passeios de motas de longo curso.

Para tal na realização deste projeto optei por usar uma mota mais antiga para saber se ao passar dos anos as motas ainda oferecem conforto na sua condução ou se tem de se realizar algumas mudanças para termos conforto na sua condução.

## **3. Objetivos do Projeto**

O projeto que se segue tem como principal objetivo analisar e avaliar o impacto que têm as vibrações de uma mota no sistema mão-braço de uma pessoa ao conduzir uma mota.

A avaliação das vibrações nos diferentes pisos, vão permitir-nos saber qual o nível de conforto que a mota oferece ao ser conduzida.

E para conseguirmos chegar a uma conclusão, mais precisa e com bases sólidas, os dados recolhidos serão comparados segundo o decreto de lei nº46/2006.

Assim sendo, podemos concluir se o desgaste da mota após vários anos de uso, consegue conferir uma condução segura e cómoda ou se efetivamente é necessária uma melhor manutenção para que a longo prazo o condutor não sofra danos desnecessários na sua saúde.

Para o condutor se sentir mais seguro a conduzir um motociclo e ter ideia se as vibrações que recebe estão enquadradas dentro de um padrão normal, este pode implementar na mota um sistema de medição de baixo custo e fácil aquisição no mercado.

## 4. Estudo do Decreto-lei nº 46/2006

O Decreto-Lei nº46/2006, de 24 de fevereiro, incide na ordem jurídica portuguesa a Diretiva 2002/44/CE do Parlamento europeu e do conselho, relativo às disposições mínimas de segurança e de saúde em relação a exposição do trabalhador aos riscos de vibrações mecânicas.

O principal objetivo deste decreto-lei é estabelecer os requisitos mínimos de saúde e a segurança dos trabalhadores expostos às vibrações mecânicas no seu local de trabalho.

As vibrações são agentes físicos nocivos que afetam os trabalhadores, presentes em quase todas as atividades. Diariamente o ser humano está sujeito a milhares de vibrações, só que desvaloriza, achando que é algo comum.

Podemos senti-las em basicamente todos os trabalhos, basta manusearmos máquinas ou ferramentas. Contudo os operadores de indústria, construtores civis ou condutores estão mais suscetíveis a várias vibrações e de diferentes intensidades.

Devido a um excesso de vibrações transmitidas ao sistema mão-braço no quotidiano, as pessoas podem vir a ter vários problemas de saúde, musculoesquelético, vasculares ou neurológicas, além de outras patologias.

As vibrações sentidas no complexo mão-braço são umas das mais estudadas devido ao crescimento de casos patológicos da síndrome dos dedos brancos (Síndrome de Raynaud). O desenvolvimento desta síndrome tem fatores, como o número elevado de horas, meses ou mesmo anos sujeitos à exposição diária a estas vibrações transferidas pelo manuseamento de máquinas.

Uma vibração mecânica define -se por as oscilações transmitidas ao corpo humano através de estruturas sólidas, como por exemplo máquinas, ferramentas ou transportes.

O decreto-lei nº46/2006 de 24 de fevereiro, estabelece os valores máximos de exposição e valores de ação de exposição a vibrações transmitidas ao sistema mão-braço, neste decreto também está englobado as medidas de prevenção a aplicar sempre que se passe o valor máximo de vibração.

Um motociclo também está sujeito a vibrações transmitidas a mão-braço através do guiador.

Essas vibrações transmitidas á mão braço devem ser medidas em três eixos( x,y,z), preferencialmente devem ser medidas em simultâneo estes três eixos, e a posição do acelerómetro deve ser colocado seguinte as próximas figuras.

#### 4.1-Valores Padrões

Os valores das vibrações transmitidas ao sistema mão braço estão compreendidos em 2 grupos:

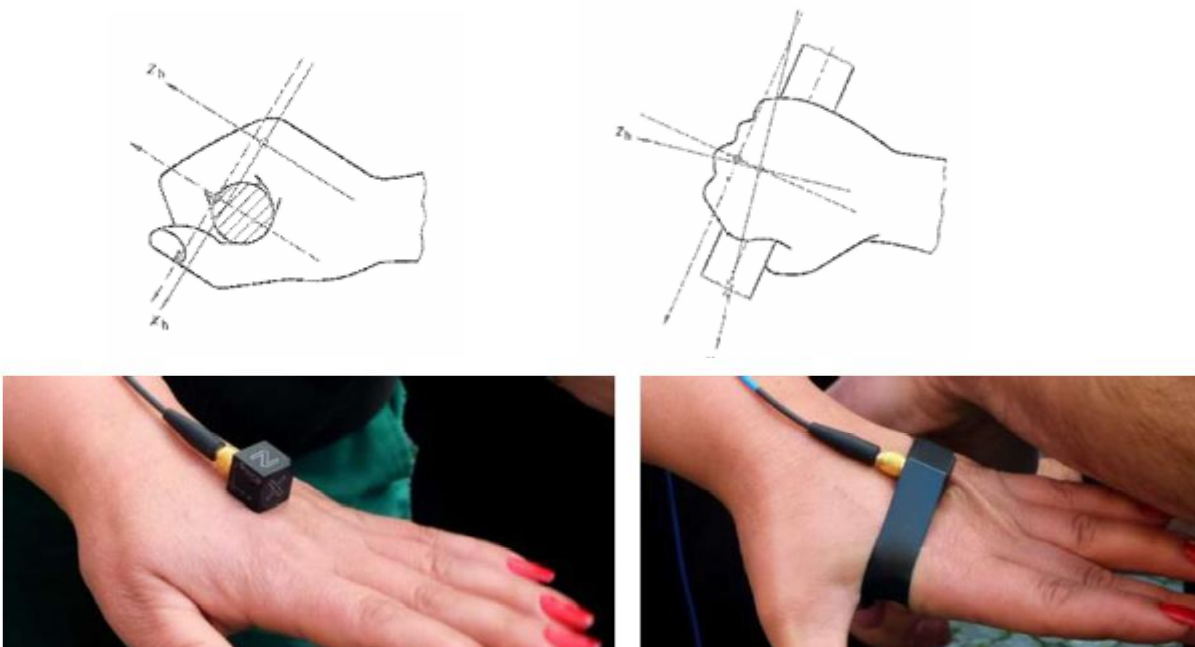
- a) Valor de ação de exposição  $2.5 m/s^2$ ;
- b) Valor limite de exposição  $5 m/s^2$ ;

Sempre que estes valores são atingidos ou ultrapassados, é obrigatório adotar medidas técnicas para reduzir a exposição do condutor às vibrações, como por exemplo a utilização de sistemas ou equipamentos anti vibratórios.

Quando conduzimos um motociclo, o condutor, está sujeito a vibrações, estas são transmitidas ao sistema mão-braço através do volante.

As vibrações transmitidas ao sistema mão-braço devem ser medidas em três eixos (x,y,z), preferencialmente devem ser medidas os três eixos em simultâneo.

Para uma medição mais precisa a posição do acelerómetro deve ser colocado, seguindo algumas normas, onde nos baseamos do decreto-lei nº46/2006 e no Documento Vibrações CNME [1] [2]. Na figura 1, está ilustrado, as posições que se deve respeitar para que haja uma medição com menos erros.



**Figura 1-** Localização do acelerómetro na mão.

A nível profissional quando é usado o motociclo para entregas, o empregador deve ter particular atenção ao veículo que está a usar como método de deslocação para não pôr em risco a saúde do trabalhador. Caso o motociclo apresente valores acima de  $2,5m/s^2$  o empregador ou o proprietário deve tomar medidas preventivas para essas vibrações não aumentarem, a fórmula a baixo é usada para sabermos o valor de exposição diária de vibrações em 8 horas de trabalho, sendo o  $A(8)$  é uma média quadrática ponderada no tempo, normalizada para 8 horas.

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

Onde:

$A(8)$ : valor de exposição diária normalizado para uma jornada de  $T_0=8$   
 $A_{hvi}$  aceleração ponderada (em  $m/s^2$ ) medida em um dado eixo e período.

$T_i$ : duração real da exposição correspondente a  $A_{hvi}$ .

$n$ : número de períodos de exposição considerados.

## 5-Metodologia

### 5.1-Instrumentação da Moto

Para este projeto foi utilizada uma moto Suzuki 125 x do ano 1990, tendo as seguintes características [3] apresentadas nas Tabelas 1:

**Tabela 1-** Ficha técnica do motociclo

Ficha Técnica do Motociclo	
Motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Monocilindrico</li> <li>▪ A 2 tempos</li> <li>▪ Refrigerado a líquido</li> </ul>
Cilindrada	125 cm <sup>3</sup>
Potência máxima	22 cv (16,4 kW)
Alimentação	Carburador
Lubrificação	autolube
Transmissão	Corrente
Caixa	6 velocidades

**Tabela 2-** características do chassi e da suspensão do motociclo

Chassi e suspensão	
Tipo	Quadro em aço tubular
Suspensão da frente	Garfo telescópio Hidráulico
Suspensão Traseira	Mono-shock com braço oscilante
Travões á frente	Disco
Travões a trás	Tambor
Rodas	17 polegadas

**Tabela 3-**Dimensões do motociclo

Dimensões	
Comprimento	2 095mm
Comprimento entre eixos	1 430mm
Altura do assento	865 mm.
Altura ao Chão	290 mm
Peso a seco	100 kg;
Peso Com fluido	110Kg

### Equipamentos e ergonomia

- Assento estreito e elevado, focado em uso off-road;
- Guiador largo em aço tubular;
- Painel minimalista (apenas o essencial para uso misto estrada/trilhos).

### Desempenho

- Velocidade máxima: Entre 110 e 120 km/h, dependendo da versão;
- Aceleração: Bastante ágil para a categoria, devido ao peso leve e motor 2T;

A figura 2 Corresponde ao lançamento da moto pela Suzuki, sendo exatamente o mesmo modelo que se usou neste projeto.



Figura 2- Suzuki ts 125 x

**Suspensão dianteira**

Na tabela 4 são apresentadas as características da suspensão da frente do motociclo.

**Tabela 4**-Características da suspensão da frente

Suspensão da Frente	
Tipo	Garfo Telescópio hidráulico
Curso	Aproximadamente 220mm
Diâmetro interno dos tubos	32 mm

Descrição: A suspensão dianteira da Suzuki ts 125x é composta por um garfo telescópico convencional.

A suspensão da Suzuki TS 125 X oferece um curso aproximado de 220mm, conseguindo garantir uma boa absorção das irregularidades do terreno, assim sendo proporciona ao condutor, conforto e estabilidades, quer no piso de estrada, quer em percursos térreos.

A eficiência da suspensão dianteira da moto é conseguida através de uma manutenção preventiva, baseada na troca de óleo e dos seus retentores.

**Suspensão traseira da Suzuki ts125 x**

Na tabela 5 são apresentadas as características da suspensão traseira

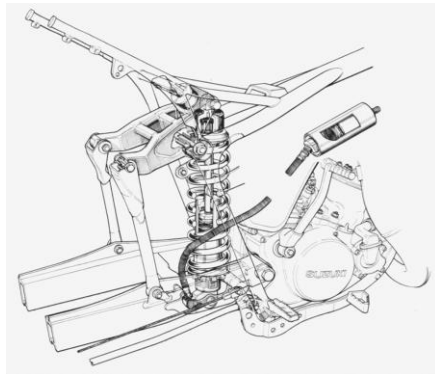
**Tabela 5**-Características da suspensão traseira

Tipo	Mono-shock hidráulica com mola helicoidal
Sistema	Full Floater
Curso	200 mm

Manutenção: Troca periódica do óleo do amortecedor, verificação das buchas e lubrificação das bieletas. O sistema apesar de ser resistente ao desgaste, exige cuidados para evitar a danificação das juntas.

Descrição: A Suzuki ts 125x foi equipada com um amortecedor central o sistema deste amortecedor full Floater, assegurando assim um maior conforto em irregularidades leves e maior firmeza em impactos mais duros.

O amortecedor utilizado na moto tem um curso de 200 mm, assim garante uma boa absorção de impactos, este está posicionado verticalmente ou quase vertical, como podemos verificar na figura 3, e não é fixado diretamente ao quadro da moto.



**Figura 3-** Suspensão traseira

## 5.2-Componentes do sistema de aquisição de dados

Um sistema de aquisição de dados é o conjunto de dispositivos e procedimentos que permitem fazer a recolha e armazenamento das vibrações [5] transmitidas pela mota.

O seu objetivo principal é transformar grandezas físicas, como por exemplo vibrações aceleração, temperatura, pressão ou sons, em sinais elétricos que possam posteriormente serem analisados.

Um sistema de aquisição de dados é constituído por sensores que convertem a grandeza física em sinal elétrico. Os valores recolhidos foram encaminhados e processados através de um software, onde é possível aplicar filtros ou simplesmente registar a informação.

Os dados recolhidos no projeto foram armazenados num SD card, e desta forma podemos concluir que um sistema de aquisição de dados possibilita a monitorização em tempo real, a análise posterior e o apoio claro, quando é preciso ser tomada uma decisão em contextos científicos, industriais ou de engenharia.

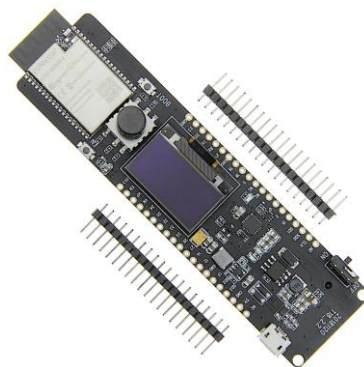
O sistema de aquisição de dados deste projeto é composto:

- T-lion ESP 32;
- Acelerómetro;
- SD card adapter;

### T-lion ESP32.

Para a aquisição de sinal e processamento do projeto utilizou-se um TTGo T-lion ESP32 [6][7].

A figura 4 – ilustra um TTGo T-lion ESP32 versão melhorada do ESP 32 básico.



**Figura 4-** T-lion ESP32

O T-ion em relação aos ESP-32 básicos tem mais memória, tem uma bateria integrada o que o ESP-32 básico não tem. Com a introdução de uma bateria integrada o aparelho deixou de precisar de uma fonte de alimentação externa, tem display OLED e já tem botão on/off incorporado.

O T-ion ESP-32 foi pensado especialmente para projetos móveis de aquisição de sinal.

### **Características:**

Especificações de hardware:

Chipset: ESPRESSIF-WROVER-B Microprocessador

CPU: dual-core LX6 de 32 bits de 240 MHz

Memória interna: 520 Kb SRAM

Memória Externa: 4MB

FLASH: QSPI flash/SRAM, até 4 x 16 MB

Botões: reset,boot

Interruptor: Interruptor on/off

Tamanho: 108,51×29,01 mm

### **Especificações da fonte de alimentação:**

- Fonte de alimentação: USB 5v/1<sup>a</sup>
- Corrente de alimentação: 1000mA
- Bateria: Bateria de lítio de 3.7V

### **Bluetooth:**

Protocolo: Bluetooth v4.2BR/EDR e padrão BLE

Frequência de rádio: com sensibilidade de -98dBm Recetor NZIF Emissor AFH Classe 1, Classe 2 e Classe 3

Frequência de áudio: frequência de áudio CVSD e SBC

### **Especificações de software:**

- Modo Wi-Fi : Estação/SoftAP/SoftAP+Estação/P2P

- Mecanismo de segurança: WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
- Tipo de criptografia: AES/RSA/ECC/SHA

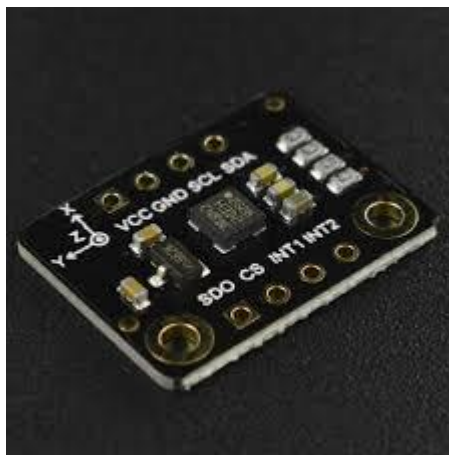
DFRobot SEN0408

Um acelerómetro é um sensor usado para medir aceleração, ele consegue detetar movimentos, vibrações e até a inclinação de um objeto, aproveitando a gravidade como referência.

Existem acelerómetros que medem em **um, dois ou três eixos** (X, Y e Z), permitindo saber a direção e a intensidade do movimento.

Resumindo, o acelerómetro permite transformar um movimento em informação, possibilitando as máquinas e os dispositivos compreender o seu movimento.

A figura 5 representa o acelerómetro utilizado neste projeto. É um DFRobot SEN0408, corresponde a um sensor de alta precisão que consegue medir acelerações nos três eixos (x,y,z). Este modelo foi desenvolvido para aplicações de altas acelerações que podem ir até 200g[8].



**Figura 5-** DFRobot SEN0408

### **Características técnicas:**

Fabricante: DFROBOT

Tipo de sensor; acelerómetro

Circuito integrado: H3LIS200DL

Tipo de interface: I2C/SPI

Escala de medição +-100g; +- 200g

Resolução: 8bits

Frequência: 0,5Hz ~ 1KHz

Tensão de alimentação: 3.3V ou 5V(compatíveis com os ESP32)[9]

Corrente de operação: mínimo 10uA (modo de baixo consumo) / 0,3mA-0,4mA (modo normal)

Taxa de amostragem: até 5 kHz em SPI (alta velocidade, ideal para impactos/vibração).

Sensibilidade: 1 mg/digit (modo  $\pm 100$  g) / 2 mg/digit (modo  $\pm 200$  g).

Pinos:

VCC → 3,3 V ~ 5 V

GND → GND

SDA/SDI → MOSI SPI

SCL/SCK → Clock SPI

SDO → MISO SPI

CS → Seleção de interface (I<sup>2</sup>C: ligar VCC / SPI: ligar GND)

INT1 / INT2 → Saídas de interrupção configuráveis

### **Micro SD Card adapter**

O módulo leitor de cartão SD é um adaptador usado na eletrônica para conectar cartões SD a microcontroladores (ex.: Arduino, ESP32) através da interface SPI[11].

Este módulo permite armazenar e ler dados como medições de sensores, funcionando como memória externa.

Para a gravação e armazenamento dos dados do projeto recorri a um, permitindo assim leitura e gravação das informações no cartão de memória.

Especificações do SD card adapter:

- Alimentação: 3.3V ou a 5V
- Interface suportada: SPI (usada em ESP3/ Arduíno)
- Compatibilidade de cartões: microSD até 32 GB (FAT16/FAT32). Alguns suportam exFAT até 64 GB.
- Conetador: slot para microSD
- Pinos típicos (SPI):

VCC → 3.3 V ou 5 V

GND → Terra

MISO → Master In Slave Out (dados do cartão → MCU)

MOSI → Master Out Slave In (MCU → cartão)

SCK → Clock SPI

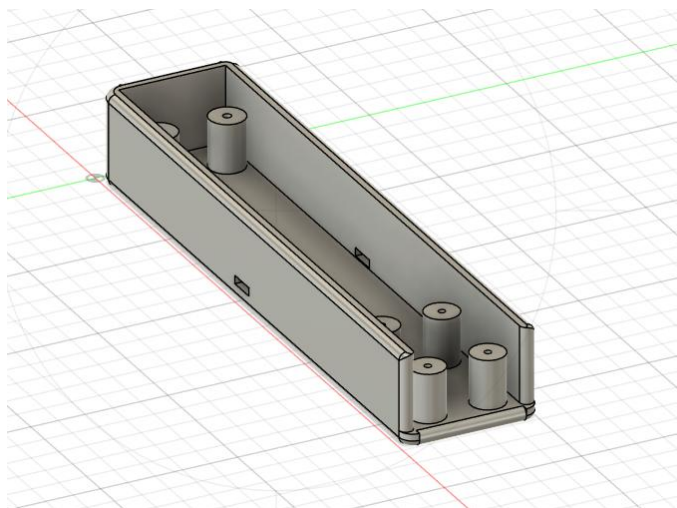
CS → Chip Select

### 5.3-Carçaça.

Ao longo do desenvolvimento do projeto e dos ensaios no motociclo e no calibrador, houve a necessidade de criar uma carçaça para o T-lion ESP32 e para o micro sd card adapter.

Esta foi a forma que se encontrou para manter estes componentes fixos e em segurança, conseguindo assim, evitar a sua danificação e o comprometimento do projeto desenvolvido.

Na figura 6 está ilustrado a carçaça desenvolvida em fusion 360 para fixar o ESP32 e o micro sd card.



**Figura 6-**Desenho da Carçaça

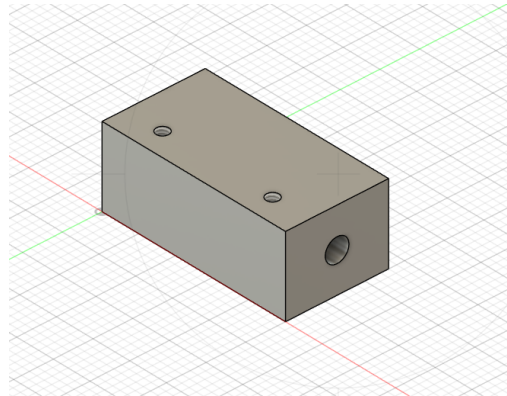
Depois de elaborado o desenho, procedemos à importação do ficheiro STL do desenho em 3D Fusion para o software Ultimake Cura.

O Ultimake Cura permite a impressão da carcaça numa impressora 3D do laboratório.

A impressão da carcaça foi feita em PLA Vermelho, tal como podemos ver na figura 7.



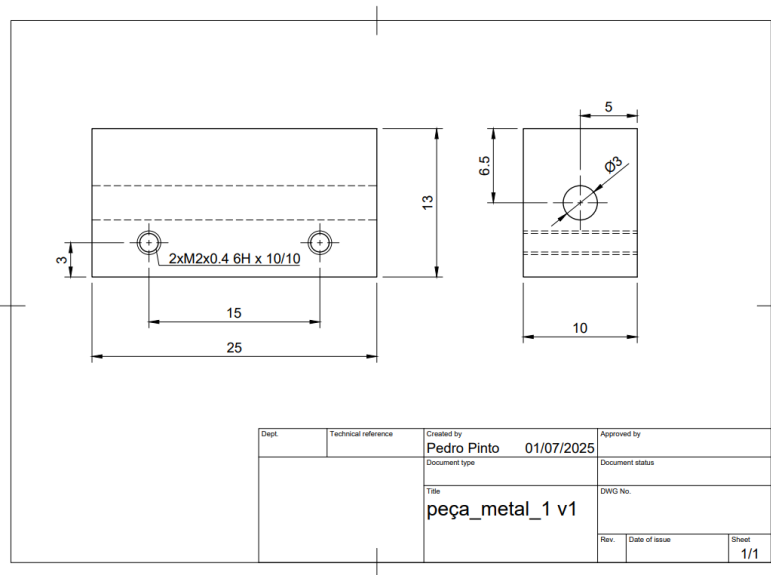
**Figura 7-**Impressão da carcaça



**Figura 8-**Desenho suporte do acelerómetro

Como o acelerómetro tem de ser fixo a um material metálico, recorreremos novamente ao programa 3D Fusion 360 para ser elaborada uma peça metálica para depois ser devidamente trabalhada., tal como se pode ver na figura 8 e 9.

Recorreremos a um material metálico porque só assim é possível garantir que as vibrações sejam transmitidas em medidas corretamente. O metal é o material mais eficiente para ser implementado neste projeto, pois garante uma boa eficácia na condução das vibrações, enquanto os outros materiais podem perder ou amortecer os sinais, prejudicando a precisão do sistema na captação das vibrações.



**Figura 9-** Dimensões do suporte

## 5.4-Programa do T-Lion ESP32

O T-Lion pode ser programado com diversas linguagens.

Sendo as mais comuns:

- **Arduino (C/C++)**
- **PlatformIO**
- **ESP-IDF (C)**

No projeto utilizou-se a programação do TTGo T-lion ESP32, na linguagem C de programação, e o programa usado para esta aplicação foi o Arduino ide[9].

### Arduino (C/C++)

- A placa é compatível com a Arduino ide, esta usa bibliotecas do ecossistema Arduino. O código é escrito em **C**, pois esse ambiente oferece simplicidade, amplo suporte e facilidade para iniciantes.

Tabela 6-Arduino IDE

Framework / Ambiente	Linguagem	Ideal para...
Arduino IDE	C / C++	Projetos rápidos, fáceis, com ampla documentação

### Importação de bibliotecas:

Uma biblioteca é uma instrução que implementa funções específicas.

No código em C/C++ para o T-Lion ESP32, as importações de bibliotecas, são normalmente feitas com `#include`. E estas são instruções que dizem ao compilador para trazer funções, classes e definições já prontas, que facilitam o desenvolvimento do código.

```
#include <DFRobot_LIS.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
```

Figura 10-Importação de bibliotecas

## Imagem

A Figura 10 corresponde à importação de bibliotecas usadas no código deste projeto.

Seguidamente fazemos uma breve explicação das bibliotecas aplicadas e as suas funcionalidades [9]:

- DFRobot LIS.h: Biblioteca oficial do DFRobot para o acelerómetro, este também permite configurar a faixa de medição, definir a taxa de aquisição e ler as acelerações nos três eixos.
- #include <SPI.h>: É a biblioteca base do Arduino e do ESP32 para comunicar no SPI.
- #include <SD.h>: Biblioteca que consegue manipular os ficheiros no cartão micro sd.

### Constantes e de variáveis globais do código:

Uma constante corresponde a um valor que não muda durante a execução do programa. São valores fixos que pós serem definidos, não podem ser alterados, servem para dar nomes a valores que não mudam, no caso do projeto é aplicado número de um pino.

Enquanto uma variável global é declarada fora das funções (normalmente antes do `setup()` e `loop()` no Arduino). Pode aceder-se e modificá-la em qualquer parte do programa.

- **Constantes:** são valores fixos, não mudam durante o programa.
- **Variáveis globais:** podem mudar e guardar resultados ou estados, acessíveis em todo o código.

```
4
5  #define BUTTON_PIN 39
6  #define SD_CS_PIN 5
7
8  DFRobot_H3LIS200DL_I2C acce;
9  File dataFile;
10 bool sensorEnabled = false;
11
12 int fileIndex = 0;
13 String fileName = "";
14
```

Figura 11- Atribuições das constantes e das variáveis

A Figura 11 representa as atribuições das constantes e das variáveis globais para o programa usado no projeto desenvolvido.

- **#define BUTTON PIN 39:** Está função define que o pino 39 que neste código tem a função de botão on/off , permitindo ligar e desligar a aquisição de dados do acelerómetro.
- **#define SD CS PIN 5:** Define o pino chip Select (cs) do cartão micro sd;
- **DFRobot H3LIS200DL I2C acce:** Esta linha de código cria o objeto acce, que representa o acelerómetro H3LIS200DL, a comunicação é via I<sup>2</sup>C[8] [9].  
Inicia o sensor e configura a escala e a taxa de aquisição bem como ler os valores nos 3 eixos.

- **File dataFile:** cria uma variável neste caso File para gerir o ficheiro no catão sd, também é usada para abrir, escrever e fechar o ficheiro dos dados do acelerómetro.
- **bool sensorEnabled = false:** Variável booleana, onde o sensor começa sempre desligado, este estado é alterado através do botão on/off do pino 39,;
- **int fileIndex = 0 :** Tem a função de contador usado para criar os ficheiros TXT sequencialmente no catão sd;
- **String fileName = "":** guarda o nome do ficheiro atual em que os dados estão a ser gravados.

## Setup inicial

O `setup()` corresponde a um bloco de código inicial do programa, é aplicado de modo a conseguir-se configurar tudo o que o programa vai precisar antes de entrar no funcionamento contínuo.

A função `setup` só é executada uma vez no código, quando o ESP32 é ligado ou reiniciado. O principal objetivo é iniciar todo o sistema do ESP, como as ligações e o sensor para que o programa possa começar a funcionar corretamente.

O que geralmente engloba um `setup()`:

- Definição dos pinos de entrada ou saída; `pinMode`.
- Iniciar comunicação serial (`Serial.begin`).
- Iniciar periféricos (Wi-Fi, Bluetooth, cartão SD, sensores, displays).
- Definir valores iniciais para variáveis globais.

```
void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);

  if (!SD.begin(SD_CS_PIN)) {
    Serial.println("erro ao iniciar o cartão SD!");
  } else {
    Serial.println("Cartão SD iniciadi com sucesso.");
  }

  Wire.begin(21, 22); // Força pinos I2C do TTGO T-Lion

  while (!acce.begin()) {
    Serial.println("Erro ao iniciar do sensor. Verifique a conexão/I2C.");
    delay(1000);
  }

  Serial.print("chip id : ");
  Serial.println(acce.getID(), HEX);

  Serial.println("Sistema pronto. Sensor desligado.");
}
```

Figura 12-Função setup

Em primeiro lugar nesta função o que se vai fazer é iniciar a comunicação com a serie 9600 bauds, este procedimento permiti que o microcontrolador envie mensagens de estado e de dados para o computador. Esta transmissão de dados é bastante útil para verificar o estado do sistema através do monitor serial do Arduíno ide.

De seguida o pino 39 que é o botão on/off é configurado como entrada pull-up interno, inicialmente o pino fica em nível logico alto (1), quando pressionado o botão passa para nível lógico (0). Isto quer dizer que só quando é acionado o botão é que o programa passa a estar ligado.

Posteriormente o cartão microSD é iniciado através do pino 5, caso haja alguma falha é apresentada uma mensagem de erro, caso esteja tudo correto é apresentado uma mensagem de que está tudo pronto.

Depois, é inicializada a interface I<sup>2</sup>C nos pinos 21 (SDA) e 22 (SCL), que no TTGO T-Lion correspondem ao barramento correto para comunicação com sensores.

O programa entra num ciclo de verificação do acelerómetro H3LIS200DL.

### Função Loop()

A função loop é uma função obrigatória no programa ESP32.

Depois que o setup() é iniciado um vez, a função loop() começa a ser executada, ela roda repetidamente, em ciclo infinito, enquanto a placa estiver ligada.

Esta função tem como principal objetivo colocar o código principal do programa e fazer repetir verificações e ações continuamente, como:

- Ler sensores.
- Acender/apagar LEDs.
- Enviar dados pela serial.
- Controlar motores.
- Verificar condições (botões, conexões, etc.).

```
void loop(void) {
  static unsigned long lastPress = 0;
  static bool lastButtonState = HIGH;
  bool currentButtonState = digitalRead(BUTTON_PIN);
```

Figura 13-Função loop, variáveis de controlo

Variáveis de controlo:

O lastPress guarda o momento que o botão é carregado pela última vez, enquanto o lastButtonState é uma variável que guarda o valor anterior do botão e o currentButtonState corresponde ao valor atual do botão on/off.

## Verificação do sensor

```
if (currentButtonState == LOW && lastButtonState == HIGH && (millis() - lastPress > 300)) {
  sensorEnabled = !sensorEnabled;
  lastPress = millis();

  if (sensorEnabled) {
    // Cria novo nome de arquivo único
    do {
      fileIndex++;
      fileName = "/log_" + String(fileIndex) + ".txt";
    } while (SD.exists(fileName.c_str()));

    Serial.print("Sensor ATIVADO. Guardar em: ");
    Serial.println(fileName);

    //acce.setRange(DFRobot_LIS::eH3lis200dl_100g);
    acce.setRange(DFRobot_LIS::eLis331hh_6g);
    acce.setAcquireRate(DFRobot_LIS::eNormal_1000HZ);
    //acce.setAcquireRate(DFRobot_LIS::eNormal_400HZ);

  } else {
    Serial.println("Sensor Desativado.");
  }
}
lastButtonState = currentButtonState;
```

Figura 14 Verificação do DFRobot SEN0408

Nesta parte do código o primeiro if é a condição que considera que o botão é ativado se passar de HIGH para LOW, isto é, quando passa de valor logico 1 para valor logico 0.

Quando o sensor é ligado, no cartão de memória é criado um ficheiro txt, para não correr o risco de haver sobreposição. Sempre que o sensor é ligado cria um txt novo.

O set range é a função que nos permiti definir a aceleração a medir[8].

O SetAcquireRate é a taxa de aquisição que pretendemos.[8]

Quando pressionado o botão on/off o valor logico passa para false e o sensor fica desativo.

## Aquisição de dados

A aquisição de dados é o processo de recolher informações do mundo real, como por exemplo: vibrações, temperatura, aceleração, através de sensores e convertê-las em sinais digitais que depois podem ser processados por um computador ou microcontrolador.

```
if (sensorEnabled) {
  long ax = acce.readAccX();
  long ay = acce.readAccY();
  long az = acce.readAccZ();

  Serial.print("x: "); Serial.print(ax);
  Serial.print(" y: "); Serial.print(ay);
  Serial.print(" z: "); Serial.println(az);

  dataFile = SD.open(fileName.c_str(), FILE_APPEND);
  if (dataFile) {
    dataFile.print(ax); dataFile.print(",");
    dataFile.print(ay); dataFile.print(",");
    dataFile.println(az);
    dataFile.close();
  } else {
    Serial.println("Erro ao abrir o ficheiro");
  }

  delay(1); // 1kHz
} else {
  delay(100); // Reduz processamento quando é desligado o acelerometro
}
}
```

**Figura 15-Aquisição de sinal do DFRobot SEN0408**

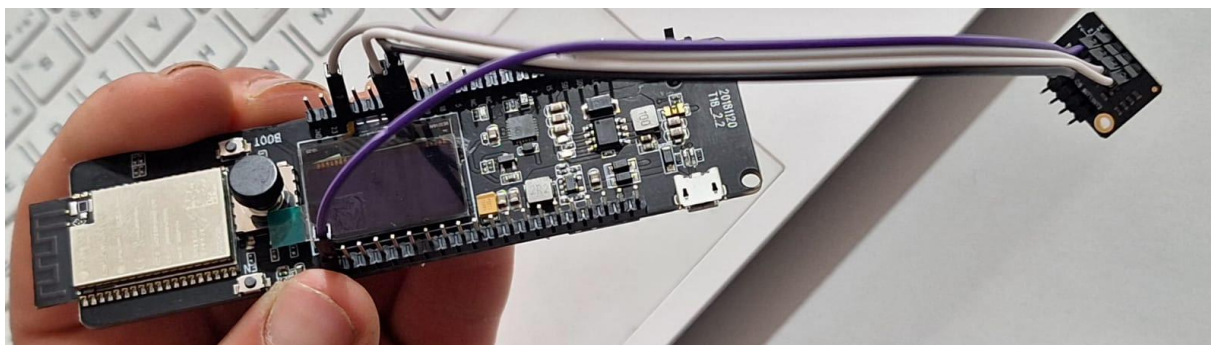
Esta foi a função loop da aquisição de dados usada no projeto, esta só é executada quando o sensor estiver ativo. Para ler as acelerações nos três eixos utilizamos a biblioteca DFRobot-LIS. Na fase inicial utilizamos a Serial.print para acompanhar os valores dos ensaios no monitor serial do computador.

Se o ficheiro abrir corretamente os valores são guardados no cartão de memória, se houver algum erro é imitada uma mensagem de erro.

Quando o sensor está ligado o programa espera 1 milissegundo antes de fazer uma próxima leitura, no entanto quando o sensor está desligado o programa espera 100 milissegundos entre cada ciclo.

## 5.5-Montagem e teste dos componentes

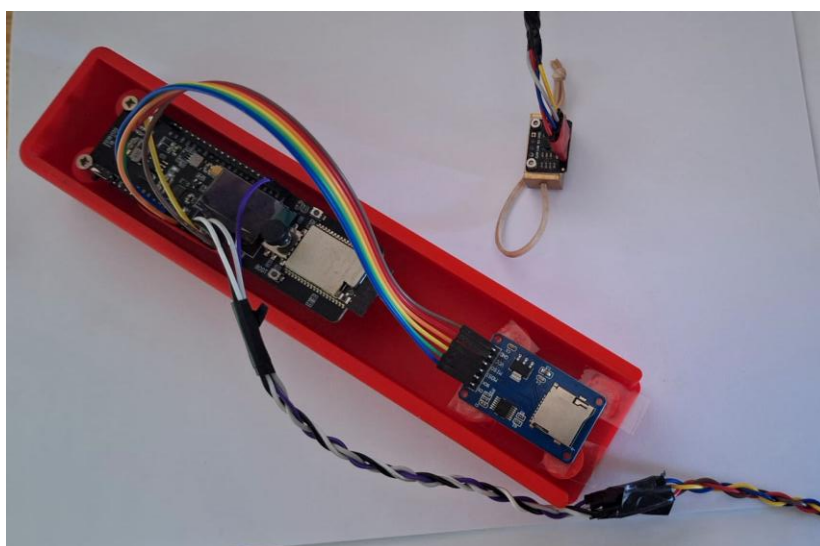
Para darmos início ao projeto, soldou-se a estanho os pinos ao ESP32 e os pinos do acelerómetro, posteriormente foram feitas as suas ligações e verificou-se se o processo não causou danos aos componentes, como está ilustrado na figura 16.



**Figura 16**-Montagens dos componentes

Após a soldadura dos pinos foi feita uma pesquisa para saber quais os pinos que devia ligar do esp32 ao micro sd card adpter e os pinos que devia ligar ao acelerómetro.

Após encontrar a ligação correta dos diferentes componentes, foram feitos alguns testes de verificação dos mesmos. Tendo como objetivo saber se tudo estava a funcionar corretamente para se dar início à recolha dos dados.



**Figura 17** Montagem dos componentes na carcaça

Terminados os testes experimentais, prosseguimos à montagem do ESP32 e micro sd à carcaça, tal como podemos ver na figura 17.

Prosseguimos com a elaboração de um esquema elétrico tal como podemos ver na figura 18, de modo a salvaguardar as ligações feitas nos componentes do projeto [9][10]. Este esquema foi elaborado com o intuito de servir futuramente como um mapa gráfico. Assim permite a quem precisar de o consultar, obter um planeamento, uma construção e um diagnóstico correto e seguro do projeto exposto.

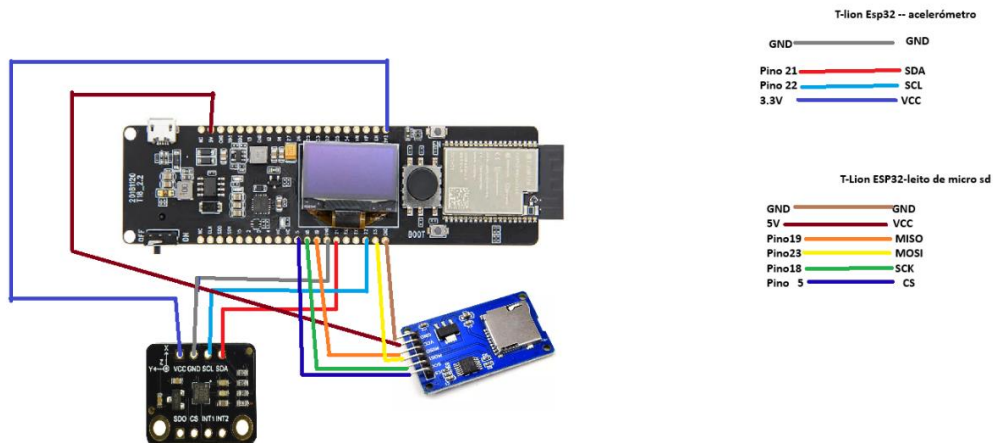


Figura 18 Esquema elétrico

## 5.6-Calibração do acelerómetro

Uns dos passos mais importante neste projeto é sem dúvida a calibração do acelerómetro. Esta calibração é crucial para garantir medições precisas e confiáveis. Sem uma calibração correta do acelerómetro as leituras de dados podem apresentar erros e comprometer todo o trabalho elaborado.

Manter um sensor calibrado assegura a precisão nas medições e a segurança operacional.

Neste projeto a calibração do acelerómetro foi feita através de um calibrador portátil, PCB Piezotronics model 394C06, este é um shaker portátil de frequência fixa 159.2 Hz e uma saída de aceleração de 1g. ou de 9.8m/s<sup>2</sup>.

Os valores obtidos na calibração do acelerómetro foram importantes para a análise dos resultados, pois todos os valores do RMS do x,y,z precisam de um fator de correção. Só assim é possível obter valores mais precisos no estudo.

Na figura 19 estão demonstrados todos os equipamentos que foram usados para a calibração do acelerómetro.

O Acelerómetro foi colocado no centro da plataforma do shaker, esta posição garante que o sensor receba as vibrações de forma uniforme e alinhada com o eixo de vibração principal, reduzindo erros causados por desalinhamento ou pela influência de forças rotativas indesejadas. A montagem no centro também permite assegurar uma distribuição uniforme da massa sobre a plataforma, reduzindo a entrada de vibrações indesejadas e assegurando a repetição das medições.



**Figura 19** Calibração do acelerómetro

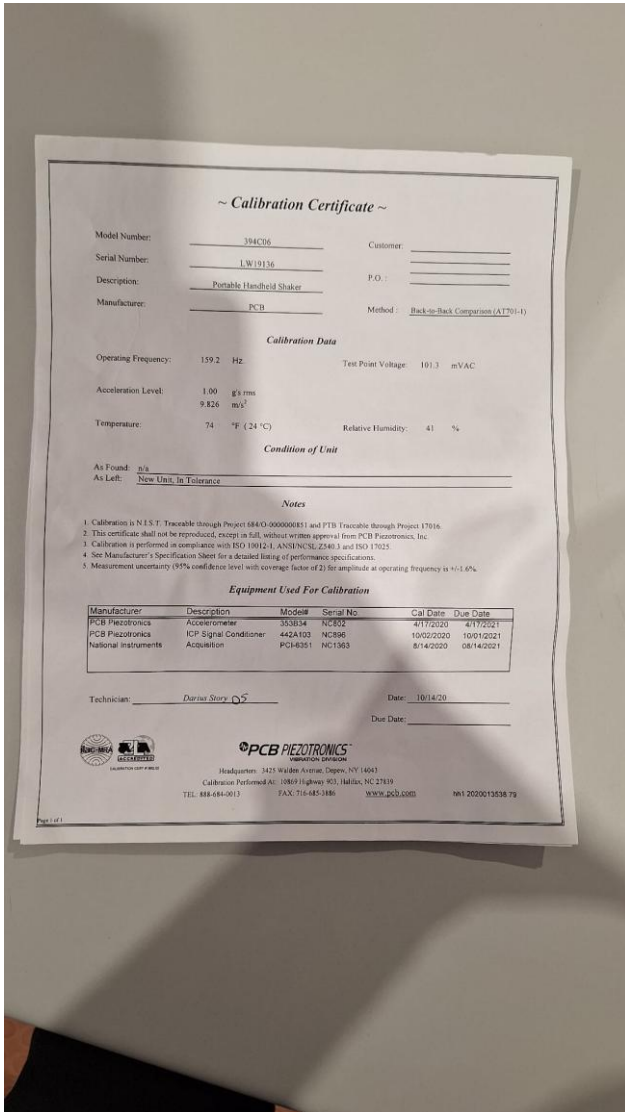


Figura 20-calibration certificate do shaker

## 5.7-Montagem dos componentes na moto

Calibração feita, prosseguimos com a montagem final dos componentes na moto. Esta foi feita através de uma fita cola de dupla face que permitiu colocar a carcaça do acetómetro fixa ao assento da moto, tal como podemos ver na figura 21



**Figura 21-** Montagem do sistema na moto

Já o acelerómetro foi fixo a um suporte de metal através de 2 parafusos. Uma vez que, os dados que pretendemos recolher provêm das vibrações transmitidas da moto ao sistema mão – braço, tivemos de fixar á mão do condutor a peça de metal do acelerómetro com fita-cola dupla face anexando um elástico para dar uma maior sustentabilidade.

O acelerómetro foi posicionado à mão do condutor seguindo as diretrizes mencionadas no decreto-lei nº 46/2006 de 24 de Fevereiro.

Na figura 22 está ilustrada a montagem final de todos os componentes.



**Figura 22-** Colocação do acelerómetro no sistema mão braço e no guiador

## 5.8- Trajeto e características dos pisos

Para a recolha dos dados pretendidos foram feitos ensaios em 2 tipos de pisos diferenciados.

O primeiro percurso foi realizado em calçada portuguesa e o segundo percurso foi em alcatrão.

O condutor do motociclo tem um peso corporal de 97 kgs e efetuou a recolha dos dados 6 vezes em cada percurso. Onde 3 vezes usou o acelerómetro no sistema mão-braço e as outras 3 no guiador da moto.

A moto esta equipada com um par de pneus trail de enduro, com tacos altos e espaçados com uma pressão de 2 bar em cada um. Este pneu é normalmente utilizado em caminhos de terra e de cascalho, sendo uma boa opção para o percurso 1, já para o percurso 2 deviam ser aplicados pneus de estrada, pois são mais macios.



**Figura 23-**Tipo de Pneus

Como referido anteriormente os ensaios do percurso 1 foram feitos num piso em paralelos (calçada em granito), e o percurso teve uma distância com cerca de 313 metros.



Figura 24- Percurso 1



Figura 25- Percurso 1 piso em paralelos

Enquanto que o percurso 2 foi realizado em piso de alcatrão, o piso tem algumas irregularidades devido a obras aplicadas na estrada, este ensaio é constituído por uma distância de 660 metros.



**Figura 26-** Percurso 2



**Figura 27-**percurso A piso asfaltado

## 6- Apresentação de resultados

### 6.1- Resultados dos dados do software

Todos os dados recolhidos da aquisição de sinal na calibração foram todos tratados num software, para posteriormente podermos recolher os dados para depois serem devidamente tratados e analisados.

Com os gráficos do software conseguimos assim retirar os valores do RMS da calibração que foram os seguintes:

- RMS\_x 0.15g
- RMS\_y 0.145g
- RMS\_z 0.165g

Nas figuras 28,29 e 30, que são referentes á calibração podemos ver onde foram retirados os valores do RMS para cada fator de correção.

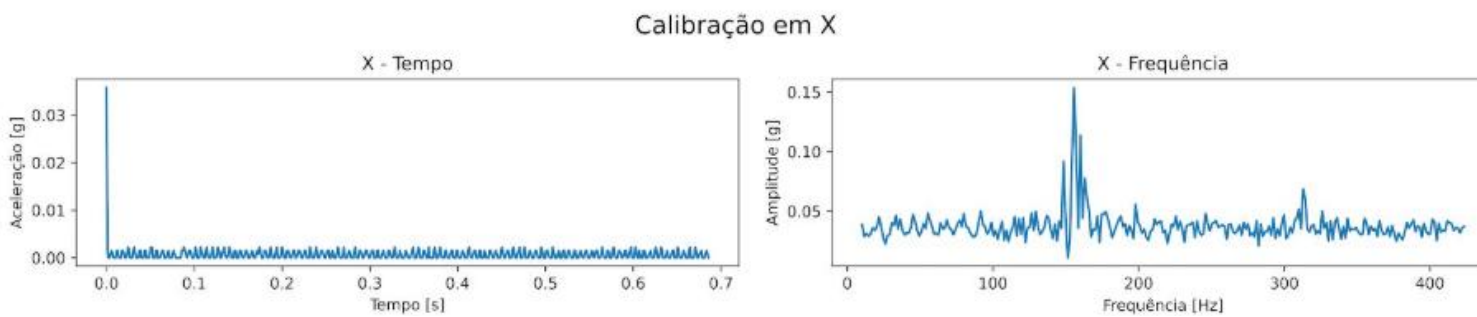


Figura 28-Gráfico da calibração eixo x

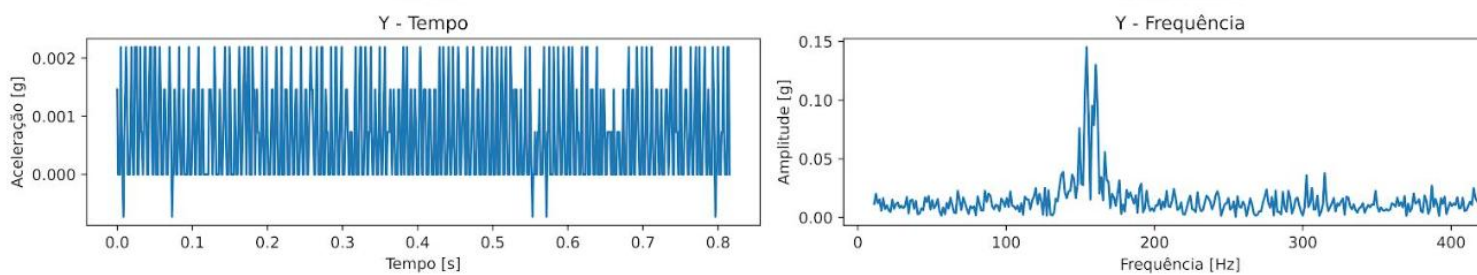
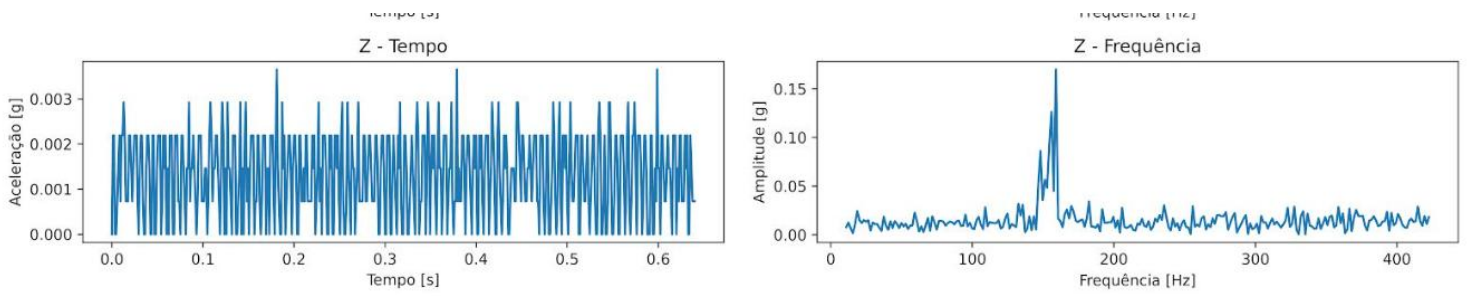


Figura 29- Gráfico da calibração eixo y



**Figura 30-** Gráfico da calibração eixo x

Os valores abaixo escritos na tabela 7 correspondem ao fator de correção que surgiram da calibração do acelerómetro.

**Tabela 7-** fator de correção

<b>Fator correção</b>	
<b>X</b>	6,666667
<b>Y</b>	6,896552
<b>Z</b>	6,060606

## 6.2- Resultados das medições na moto

Após a recolha dos dados do acelerómetro, estes foram tratados num software para serem retirados os valores do RMS dos eixos x, y e z, e o valor do RMS Global.

Para a recolha destes dados foram usadas as seguintes fórmulas:

**Tabela 8-**Formulas para a recolha dos valores do RMS

RMS de Cada componente	RMS Global:
<code>np.sqrt(np.mean(signal**2))</code>	<code>rms_global = np.sqrt(rms_x**2 + rms_y**2 + rms_z**2)</code>

Para a análise dos resultados foi usado o fator de correção para cada valor, onde usamos as seguintes formulas.

**Tabela 9-**Formulas do RMS

<b>Fator de correção</b>	<b>1/RMS(x,y,z)</b>
<b>RMS</b>	RMS*Fator de correção
<b>RMS Global</b>	$\sqrt{rms_x ** 2 + rms_y ** 2 + rms_z ** 2}$
<b>RMS Global (m/s)</b>	RMS_Global*9.8

**Dados do Percurso 1 usando o sistema Mão-braço**

O primeiro percurso realizado foi no piso de paralelos e os valores retirados foram com o acelerómetro no sistema mão – braço, constituído por três repetições.

1. O primeiro ensaio foi realizado com uma duração de 36.18 segundos, a uma velocidade média de 31.14 Km/h;
2. O segundo ensaio foi realizado com uma duração de 35.23 segundos, a uma velocidade média de 31.98 Km/h;
3. O terceiro ensaio desta série, teve uma duração de 36.40 segundos, a uma velocidade média de 30.95 Km/h;

Na tabela 10 estão mencionados os dados anteriores, bem como os valores do RMS\_x, RMS\_y, RMS\_Z e o RMS Global.

**Tabela 10-** Valores do percurso 1 no sistema Mão-Braço

<b>Percurso 1– No sistema Mão-Braço</b>				
<b>Percurso</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Velocidade média (m)</b>	<b>Velocidade media (km/H)</b>
<b>1</b>	313	36,18	8,651188502	31,14427861
<b>2</b>	313	35,23	8,88447346	31,98410446
<b>3</b>	313	36,4	8,598901099	30,95604396
<b>Média das Velocidades</b>				30,95604396

**Tabela 11-**Valor do RMS no ensaio 1 em paralelos no sistema Mão Braço

<b>Ensaio 1– Paralelo Sistema Mão Braço</b>	
<b>RMS- x</b>	0,0178g
<b>RMS_y</b>	0,0184138g
<b>RMS_z</b>	0,0161818g
<b>RMS Global</b>	0,0302945g
<b>RMS Global (m/s)</b>	0,2968865m/s

**Tabela 12-** Valor do RMS no ensaio 2 em paralelos no sistema Mão Braço

<b>Ensaio 2– Paralelo Sistema Mão Braço</b>	
<b>RMS- x</b>	0,03g
<b>RMS_y</b>	0,0308966g
<b>RMS_z</b>	0,0291515g
<b>RMS Global</b>	0,0520039g
<b>RMS Global (m/s)</b>	0,5096384m/s

**Tabela 13** Valor do RMS no ensaio 3 em paralelos no sistema Mão Braço

<b>Ensaio 3– Paralelo Sistema Mão Braço</b>	
<b>RMS- x</b>	0,0371333g
<b>RMS_y</b>	0,0397241g
<b>RMS_z</b>	0,0304242g
<b>RMS Global</b>	0,0623099g
<b>RMS Global (m/s)</b>	0,6106372m/s

**Dados do Percurso 1 usando o acelerómetro no guiador**

O segundo ensaio foi feito no piso em paralelos, mas com o acelerómetro no guiador. Igualmente realizado com três repetições, onde o condutor demorou:

1. No primeiro ensaio realizou o trajeto em 35.5 segundos, a uma velocidade média de 31.74Km/h;
2. No segundo ensaio realizou o trajeto em 35.18 segundos, a uma velocidade média de 32.02 Km/h;
3. No terceiro ensaio desta série, realizou o trajeto em 32.40 segundos, a uma velocidade média de 34.36 Km/h,

Segue -se na tabela 14 os dados anteriormente mencionados, bem como os valores do RMS\_x, RMS\_y, RMS\_Z e o RMS Global.

**Tabela 14-** - Valores do percurso 1 no guiador

<b>Percurso 1– No Guiador</b>				
<b>Percurso</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Velocidade média (m)</b>	<b>Velocidade media (km/H)</b>
<b>1</b>	313	35,5	8,816901408	31,74084507
<b>2</b>	313	35,18	8,897100625	32,02956225
<b>3</b>	313	32,79	9,545593169	34,36413541
<b>Média das Velocidades</b>				32,71151424

**Tabela 15-** Valor do RMS no ensaio 1 em paralelos no Guiador

<b>Ensaio 1– Paralelo_Guiador</b>	
<b>RMS- x</b>	0,116333g
<b>RMS_y</b>	0,112828g
<b>RMS_z</b>	0,092667g
<b>RMS Global</b>	0,186683g
<b>RMS Global (m/s)</b>	1,829495m/s

**Tabela 16-** Valor do RMS no ensaio 2 em paralelos no Guiador

<b>Ensaio 2– Paralelo_Guiador</b>	
<b>RMS- x</b>	0,034533g
<b>RMS_y</b>	0,031103g
<b>RMS_z</b>	0,026909g
<b>RMS Global</b>	0,053704g
<b>RMS Global (m/s)</b>	0,526295m/s

**Tabela 17-** Valor do RMS no ensaio 3 em paralelos no Guiador

<b>Ensaio 3– Paralelo_Guiador</b>	
<b>RMS- x</b>	0,034333g
<b>RMS_y</b>	0,02869g
<b>RMS_z</b>	0,023394g
<b>RMS Global</b>	0,050489g
<b>RMS Global (m/s)</b>	0,494793m/s

### Dados do Percurso 2 no sistema Mão-Braço

O segundo percurso realizado foi no piso em alcatrão e a aquisição de dados com o acelerómetro foi no sistema mão – braço, constituído por três repetições.

1. O primeiro ensaio foi realizado com uma duração de 51.14 segundos, a uma velocidade média de 45.56Km/h;
2. O segundo ensaio foi realizado com uma duração de 51.82 segundos, a uma velocidade média de 45.82 Km/h;
3. O terceiro ensaio desta série, teve uma duração de 51.59 segundos, a uma velocidade média de 46.06Km/h;

Na tabela 18 estão mencionados os dados anteriores, bem como os valores do RMS\_x, RMS\_y, RMS\_Z e o RMS Global.

**Tabela 18-** Valores do percurso 2 no sistema mão braço

<b>Percurso 2 – No sistema Mão-Braço</b>				
<b>Percurso</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Velocidade média (m)</b>	<b>Velocidade media (km/H)</b>
<b>1</b>	660	52,14	12,65822785	45,56962025
<b>2</b>	660	51,82	12,73639521	45,85102277
<b>3</b>	660	51,59	12,79317697	46,0554371
<b>Média das Velocidades</b>				<b>45,82536004</b>

**Tabela 19-** Valor do RMS no ensaio 1 em alcatrão no sistema mão braço

<b>Ensaio 1 – No sistema Mão-Braço</b>	
<b>RMS- x</b>	0,1903333 g
<b>RMS_y</b>	0,1895172 g
<b>RMS_z</b>	0,1601818 g
<b>RMS Global</b>	0,3127328 g
<b>RMS Global (m/s)</b>	3,064781 m/s

**Tabela 20-** Valor do RMS no ensaio 2 em alcatrão no sistema mão braço

<b>Ensaio 2– No sistema Mão-Braço</b>	
<b>RMS- x</b>	0,2028667 g
<b>RMS_y</b>	0,2055172 g
<b>RMS_z</b>	0,1777576 g
<b>RMS Global</b>	0,3391017 g
<b>RMS Global (m/s)</b>	3,3231969 m/s

**Tabela 21-** Valor do RMS no ensaio 3 em alcatrão no sistema mão braço

<b>Ensaio 3– No sistema Mão-Braço</b>	
<b>RMS- x</b>	0,1163333 g
<b>RMS_y</b>	0,1128276 g
<b>RMS_z</b>	0,0926667 g
<b>RMS Global</b>	0,1866832 g
<b>RMS Global (m/s)</b>	1,8294954 m/s

**Percorso 2 Guiador**

O segundo ensaio foi feito no piso em alcatrão, mas com o acelerómetro no guiador. Igualmente realizado com três repetições, onde o condutor demorou:

1. No primeiro ensaio realizou o trajeto em 53.89 segundos, a uma velocidade média de 44.08Km/h;
2. No segundo ensaio realizou o trajeto em 53.07 segundos, a uma velocidade média de 44.77 Km/h;
3. No terceiro ensaio desta série, realizou o trajeto em 48.56 segundos, a uma velocidade média de 48.92 Km/h,

Segue -se na tabela 22 os dados anteriormente mencionados, bem como os valores do RMS\_x, RMS\_y, RMS\_Z e o RMS Global.

**Tabela 22-** Valores do percurso 2 no Guiador

<b>Percurso 2 – Guiador</b>				
<b>Percurso</b>	<b>Distância (m)</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Velocidade média (m)</b>	<b>Velocidade média (km/H)</b>
<b>1</b>	660	53.89	12,24	44,09
<b>2</b>	660	53.07	12,43	44.77
<b>3</b>	660	48.56	13,59	48,93
<b>Média das Velocidades</b>				<b>45,93</b>

**Tabela 23-** Valor do RMS no ensaio 1 em alcatrão no guiador

<b>Ensaio 1 – Estrada_Guiador</b>	
<b>RMS- x</b>	0,049467 g
<b>RMS_y</b>	0,039724g
<b>RMS_z</b>	0,030424 g
<b>RMS Global</b>	0,07036 g
<b>RMS Global (m/s)</b>	0,689532 m/s

**Tabela 24-** Valor do RMS no ensaio 2 em alcatrão no guiador

<b>Ensaio 2– Estrada_Guiador</b>	
<b>RMS- x</b>	0,073933 g
<b>RMS_y</b>	0,063241 g
<b>RMS_z</b>	0,048788 g
<b>RMS Global</b>	0,108839 g
<b>RMS Global (m/s)</b>	1,066619m/s

**Tabela 25-** Valor do RMS no ensaio 3 em alcatrão no guiador

<b>Ensaio 3 – Estrada_Guiador</b>	
<b>RMS- x</b>	0,087733g
<b>RMS_y</b>	0,076552g
<b>RMS_z</b>	0,061091g
<b>RMS Global</b>	0,131489g
<b>RMS Global (m/s)</b>	1,288594m/s

## 7- Análise dos dados recolhidos dos dois percursos

As tabelas 26 e 27, demonstram uma comparação dos níveis de aceleração (RSM) feitos por um motociclo e medidos por um acelerómetro instalado em dois locais distintos: no Sistema Mão–Braço e no Guiador, usando dois pisos diferentes.

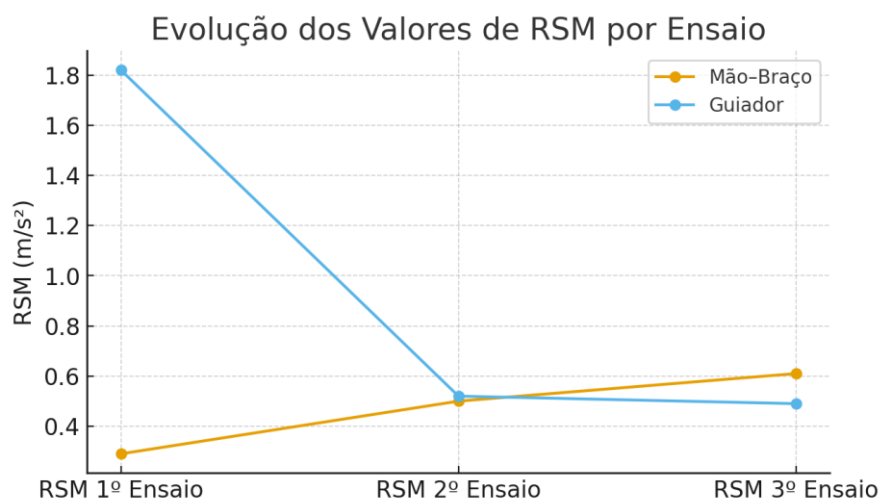
A inclusão de tabelas e gráficos no estudo tem o intuito de ajudar numa análise mais concreta e detalhada.

**Tabela 26-** Comparação de valores no percurso 1

<b>Percurso 1 – Piso de Paralelos</b>		
<b>Acelerómetro</b>	<b>No Sistema Mão–Braço</b>	<b>No Guiador</b>
<b>Velocidade Média (km/h)</b>	31,36 km/h	32,71 km/h
<b>RSM – 1º Ensaio (m/s<sup>2</sup>)</b>	0,29	1,82
<b>RSM – 2º Ensaio (m/s<sup>2</sup>)</b>	0,50	0,52
<b>RSM – 3º Ensaio (m/s<sup>2</sup>)</b>	0,61	0,49

**Tabela 27-** Valores da comparação no percurso 1

<b>Local de Instalação</b>	<b>Média (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>Desvio-padrão (m/s<sup>2</sup>)</b>
Sistema Mão–Braço	0,47	0,16
Guiador	0,94	0,76



**Figura 31-**Gráfico, Valores do RMS no ensaio 1

Valores recolhidos no percurso feito em paralelos, com o acelerómetro colocado no sistema mão braço indicam que:

- A velocidade média foi de 31,36 km/h
- Os valores da RMS ficaram entre **0,29 e 0,61 m/s<sup>2</sup>**, com média **0,47 m/s<sup>2</sup>**.
- teve uma variação relativamente baixa (**desvio padrão  $\approx$  0,16 m/s<sup>2</sup>**).

Assim sendo pode-se concluir que a vibração transmitida ao corpo do condutor foi moderada e relativamente consistente nos três ensaios.

Já os valores recolhidos no percurso feito em paralelos, mas com o acelerómetro colocado no guiador indicam que:

- a velocidade média foi de 32,71 km/h;
- Os Valores de RMS variaram bastante, pois oscilam de **0,49 até 1,82 m/s<sup>2</sup>**, com uma média **0,94 m/s<sup>2</sup>**;
- E que existe uma elevada dispersão comparando os 3 ensaios com **desvio padrão  $\approx$  0,76 m/s<sup>2</sup>**.

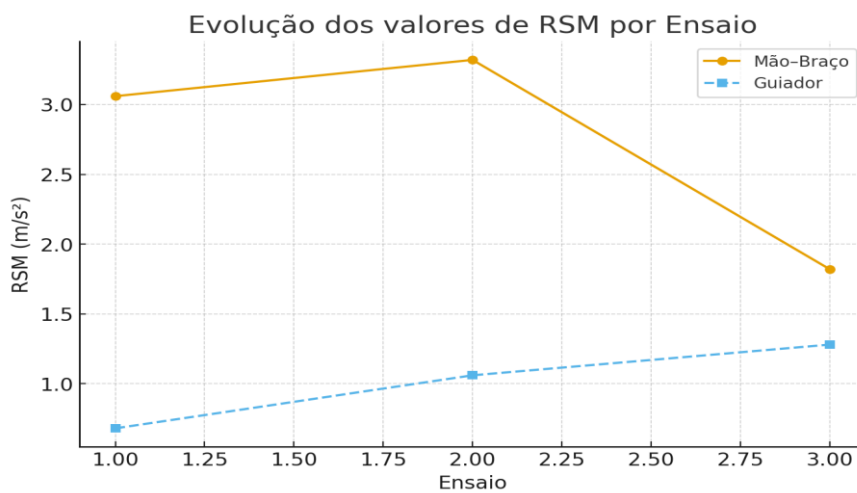
Neste estudo conseguimos avaliar que o primeiro ensaio realizado em paralelos com o acelerómetro colocado no guiador apresentou uma vibração muito superior aos outros 2 ensaios, sugerindo que existiu uma forte influência de fatores externos, como por exemplo: maior irregularidade da via, posição das mãos do condutor, ou desacoplamento momentâneo do acelerómetro sem o condutor dar conta.

**Tabela 28-** Comparação de valores no percurso 2

<b>Percurso 2 – Piso de Alcatrão</b>		
<b>Acelerómetro</b>	<b>No Sistema Mão–Braço</b>	<b>No Guiador</b>
<b>Velocidade Média (km/h)</b>	45,82 km/h	45,93 km/h
<b>RSM – 1Ensaio (m/s<sup>2</sup>)</b>	3,06	0,68
<b>RSM – 2Ensaio (m/s<sup>2</sup>)</b>	3,32	1,06
<b>RSM – 3 Ensaio (m/s<sup>2</sup>)</b>	1,82	1,28

**Tabela 29-** Valores da comparação no percurso 2

<b>Local de Instalação</b>	<b>Média (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>Desvio-padrão (m/s<sup>2</sup>)</b>
Sistema Mão–Braço	2,73	0,80
Guiador	1,01	0,30



**Figura 32-**Gráfico, Valores do RMS no percurso 2

As tabelas e o gráfico anteriores mostram os dados recolhidos do percurso 2 feito em piso de alcatrão, seguindo igualmente as normas do percurso 1.

A velocidade usada pelo condutor durante os ensaios neste segundo percurso, varia em 0,11 km/h o que permite afirmar que a velocidade pouco ao nada vai interferir com os resultados obtidos durante o estudo.

Neste percurso podemos comprovar que o acelerómetro no sistema mão- braço apresenta valores bem mais elevados do que no guiador.

Podemos com estes dados concluir que parte das vibrações que chegam ao guiador são amplificadas ou transmitidas de forma diferente quando passam para o corpo do condutor.

Na avaliação dos dados deste segundo percurso, com o acelerómetro no guiador temos um dado que suscita curiosidade, pois no ensaio C obtivemos um valor RSM de 1,28, estando muito próximo do valor recolhido no sistema mão- braço (1,82).

Podem esta proximidade de valores indicar uma variação na postura, pressão das mãos ou pequenas diferenças de trajetória que o condutor fez.

## 8-Discussão de resultados

O projeto realizado teve como base os valores retirados através da fórmula de RMS Global, como podemos verificar nas tabelas acima expostas.

As tabelas e gráficos apresentados têm como objetivo, uma análise clara e de fácil interpretação dos dados recolhidos nos diferentes percursos que foram realizados.

Os dados vibracionais recolhidos para análise tiveram como base:

- Dois pisos diferentes, paralelos e alcatrão;
- O mesmo motociclo, uma Suzuki TS 125 X
- O mesmo condutor, com peso corporal – 97 kgs;
- Acelerómetro usado em 2 sítios diferentes;

Sendo o principal objetivo do projeto avaliar a exposição do condutor às vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e ao guiador do motociclo, tendo sempre como base os limites legais mencionados no decreto-lei nº46/2006 de 24 de fevereiro.

No estudo do percurso 1 pode-se concluir que em média os dados recolhidos quando o acelerómetro está colocado no Guiador apresentam quase o dobro das vibrações comparadas ao acelerómetro colocado no sistema Mão-Braço.

Devido a este estudo podemos afirmar que a vibração transmitida da movimentação da moto ao Guiador tende a ser maior e mais variável do que a transmitida diretamente ao sistema Mão-Braço, especialmente em pisos irregulares como os paralelos.

Os valores recolhidos das vibrações no sistema Mão-Braço são mais estáveis e podem representar de forma mais consistente a exposição real do condutor.

Porém, a maior discrepância de valores do percurso 1, foi verificada apenas no 1º ensaio do acelerómetro colocado no guiador, indicando que podia ter havido uma anomalia ou uma condição pontual que levasse a esta diferença em relação aos restantes valores.

No estudo do percurso 2, ao analisarmos os dados recolhidos, verificou-se que os valores mais elevados de vibrações, foram sentidas no sistema mão-Braço.

A diferença é bem clara nos **ensaios 1 e 2**, onde podemos verificar que a vibração sentida no sistema mão-braço foi **3 a 4,5 vezes maior** que as vibrações sentidas no guiador, tal como podemos ver nas figuras 33 e 34.

No entanto no **ensaio C**, a diferença caiu significativamente ( $\approx 1,4x$ ), estes valores podem indicar que houve uma alteração de postura, um aperto da pega ou pequenas mudanças na interação do condutor com o motociclo.

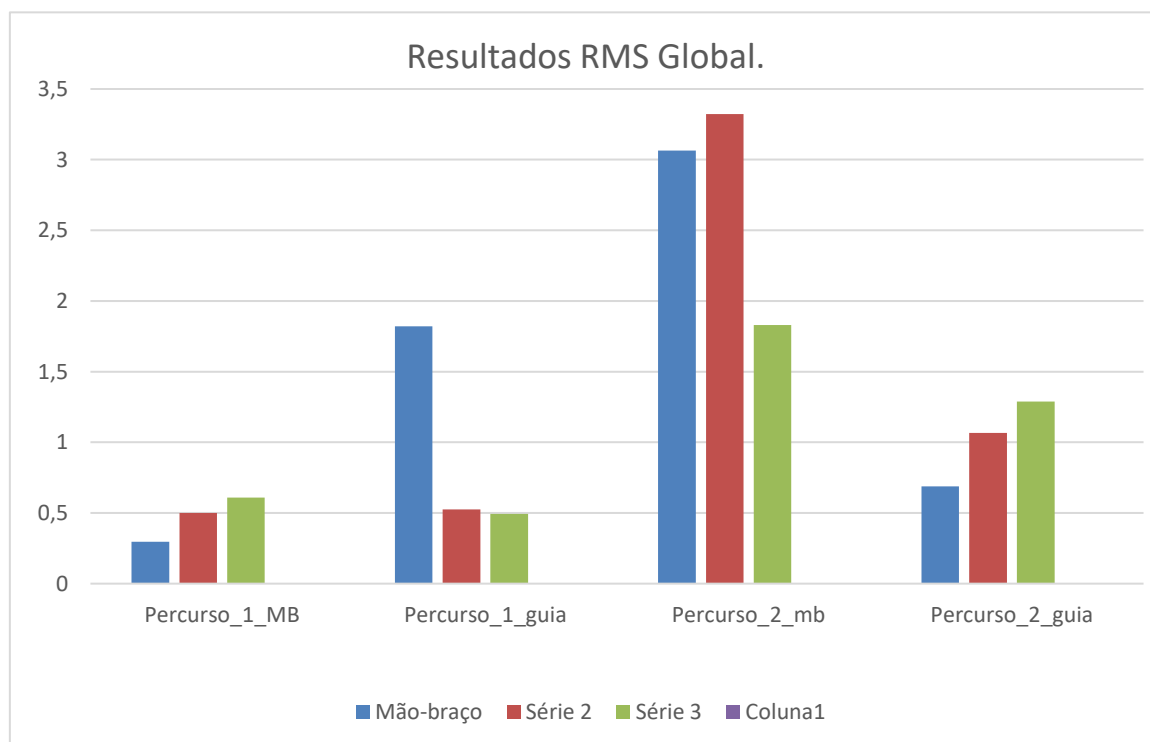
Com este projeto conseguimos afirmar que as vibrações transmitidas ao sistema **mão-braço são superiores às vibrações transmitidas ao guiador.**

A **discrepância nos valores entre os ensaios efetuados** mostra que fatores externos, como postura, pressão nas pegas do guidador ou escolha correta dos pneus, têm um forte impacto na vibração sentidas.

Mas o principal fator que pode levar a essa discrepância pode ter a ver com a colocação do acelerómetro na mão usada para a embraiagem, os movimentos rápidos que são precisos fazer para a troca de mudança podem levar a ser um fator de discrepância de valores.

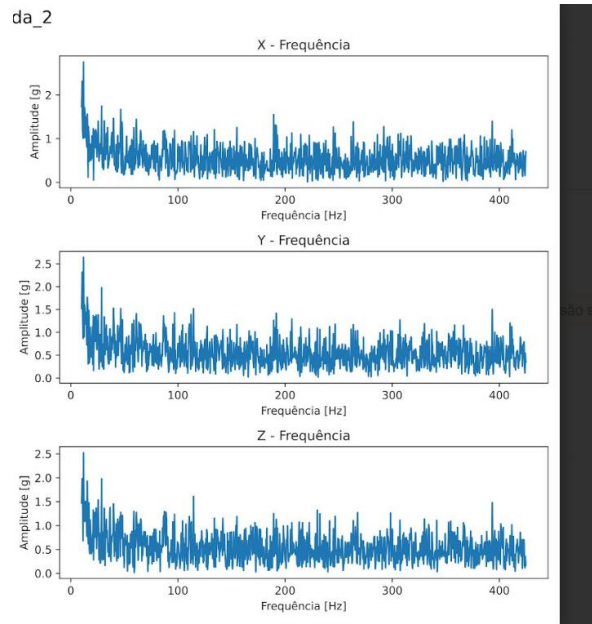
Uma vez que, no percurso 2, existiram dados que ultrapassaram os valores padrão da RSM global, aconselha-se o proprietário/condutor a adotar, o mais breve possível, medidas preventivas para não continuar a receber vibrações nefastas à sua saúde.

De um modo geral, concluímos que o condutor do motociclo usufruiu de uma condução confortável e estável, não havendo sinais de alerta que ponham em risco a sua saúde.



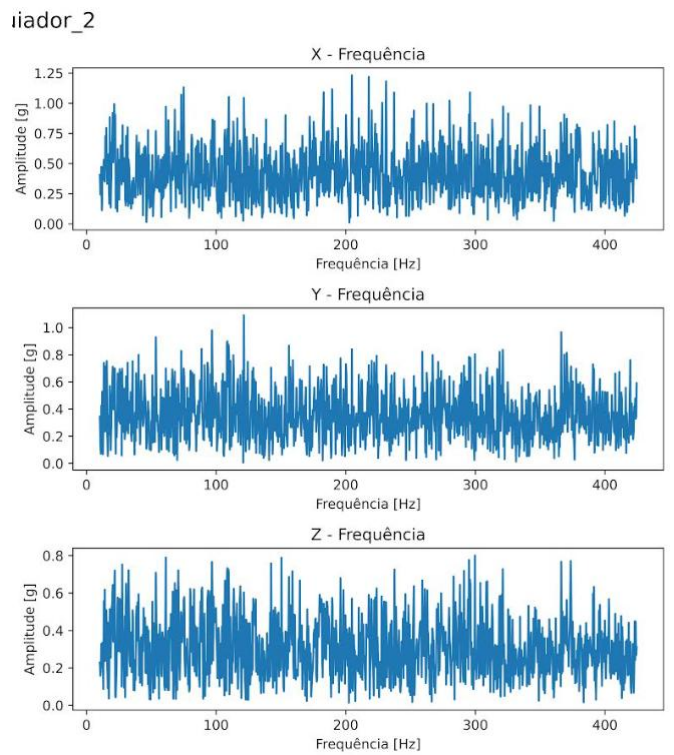
**Figura 33-**Gráfico, do RMS Global

Na figura 34 é apresentado 3 gráficos de sinal em frequência de cada eixo x,y e z, estes gráficos são referentes ao percurso 2( na estada) e do ensaio 2( o acelerómetro colocado no sistema mão-braço)



**Figura 34-** Gráfico, dos sinais em frequência no sistema mão braço

Na figura 35 é apresentado 3 gráficos de sinais em frequência de cada eixo x,y e z, estes gráficos são referentes ao percurso 2( na estrada) e do ensaio 2 ( o acelerómetro colocado no guiador)



**Figura 35--** Gráfico, com os sinais na frequência no guiador

## 8-Conclusão

O presente projeto, intitulado “Análise do risco de vibração de um motociclo no conforto de condução – vibração mão-braço”, desenvolvido no âmbito do curso de Engenharia e Gestão Industrial em Castelo Branco, teve como principal objetivo a conceção e aplicação de um sistema portátil de aquisição de dados para a avaliação das vibrações transmitidas ao condutor durante a condução de um motociclo.

Através da integração da placa TTGO T-Lion ESP32, de um acelerómetro e de um adaptador de cartão microSD, foi possível desenvolver um dispositivo autónomo, de baixo custo e fácil utilização, capaz de registar em tempo real os valores de aceleração nos três eixos. A análise dos resultados obtidos permitiu identificar diferentes níveis de vibração em função do percurso e compará-los com os limites definidos no Decreto-Lei n.º 46/2006.

Os dados recolhidos nos dois pisos usados demonstraram que, em determinadas condições, existe a necessidade de adotar medidas preventivas, tais como otimização do sistema de suspensão, uso de punhos anti vibratórios, escolha de um pneu adequado ao piso e uma adoção de práticas de condução que reduzam os impactos da vibração no corpo do condutor, para evitar futuros problemas de saúde

Em termos práticos, a análise realizada reforça a importância de considerar o fator vibração, no desenvolvimento, seleção e utilização de motociclos.

Em suma, a elaboração do projeto atingiu os objetivos propostos, contribuindo não só para a avaliação do conforto e segurança na condução de motociclos, mas também para demonstrar como pode ser útil usar sistemas de aquisição de dados portáteis e de baixo custo no apoio à engenharia e à prevenção de riscos na saúde dos condutores de motociclos.

## 9-Bibliografia

1-Decreto-Lei nº46/2006

2- Documento Vibrações CNME (AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÕES DE UM TRATOR DA FEUP Bruno Augusto 1, Pedro Menezes 2, Pedro Campos 3, Pedro Camacho 4, Rafael Dias 5 Tomás Carneiro 6, Nuno Ramos 7 & Mário Vaz 8)

3-[https://www.motorcyclespecs.co.za/model/suzu/suzuki\\_ts125%2084.htm](https://www.motorcyclespecs.co.za/model/suzu/suzuki_ts125%2084.htm)

Consultado dia 20 de junho de 2025

4-<https://pt.scribd.com/document/389021603/Ficha-tecnica-suzuki-TS-125>

Consultado dia 20 de junho de 2025

5- <https://dexman.nl/pt/wat-is-een-data-acquisitie-systeem/>

Consultado dia 20 de junho de 2025

6- <https://www.botnroll.com/pt/esp32/5055-t-lion-t-controller-esp32-wrover-com-oled-bot-o-menu-5-vias-e-suporte-bateria-18650-lilygo-q325.html> 5 de maio de 2025

7- [https://mauser.pt/catalog/product\\_info.php?products\\_id=095-5965](https://mauser.pt/catalog/product_info.php?products_id=095-5965) 5 de maio de 2025

8- [https://wiki.dfrobot.com/LIS2DW12\\_Triple\\_Axis\\_Accelerometer\\_SKU\\_SEN0405](https://wiki.dfrobot.com/LIS2DW12_Triple_Axis_Accelerometer_SKU_SEN0405) 5 de maio de 2025

9-[https://randomnerdtutorials.com/esp32-i2c-communication-arduino-ide/?utm\\_source=chatgpt.com#1\(esp32\\_dfrobot\)](https://randomnerdtutorials.com/esp32-i2c-communication-arduino-ide/?utm_source=chatgpt.com#1(esp32_dfrobot)) 5 de maio de 2025

10-[https://randomnerdtutorials.com/esp32-microsd-card-arduino/?utm\\_source=chatgpt.com](https://randomnerdtutorials.com/esp32-microsd-card-arduino/?utm_source=chatgpt.com) (ligações esp3.2 card) 5 de maio de 2025

11- [https://components101.com/modules/micro-sd-card-module-pinout-features-datasheet-alternatives?utm\\_source=chatgpt.com](https://components101.com/modules/micro-sd-card-module-pinout-features-datasheet-alternatives?utm_source=chatgpt.com) 5 de maio de 2025