

PROJETO E AVALIAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE AMORTECIMENTO DE VIBRAÇÕES E NIVELAMENTO EM TRANSPORTES

Design and Evaluation of a Vibration Damping and Leveling Device for Transportation

MEDEIROS, Ronaldo Gomes de Castro¹
TEIXEIRA JUNIOR, Jackson Moura²
OLIVEIRA, Emanuel Lincoln Duarte de³
ZENÓBIO, Isadora Rapoza⁴

RESUMO: Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta o desenvolvimento de um protótipo funcional de um dispositivo de amortecimento de vibrações e nivelamento para o transporte de cargas sensíveis, com foco específico em bolos confeitados. Foram realizadas medições experimentais de aceleração, forças e inclinações durante trajetos em pavimentos irregulares, com o objetivo de identificar os principais fatores que afetam a estabilidade da carga. Com base nesses dados, foi projetado e construído um sistema mecânico com estrutura amortecida e niveladora, capaz de reduzir significativamente os esforços transmitidos à carga durante o transporte. O dispositivo visa atender a uma demanda crescente por entregas mais seguras, estáveis e de maior alcance, reduzindo perdas e aumentando a confiabilidade no transporte de produtos frágeis.

Palavras-Chaves: Amortecimento; Nivelamento; Transporte; Carga frágil; Bolos confeitados.

ABSTRACT: This undergraduate thesis presents the development of a functional prototype of a vibration damping and leveling device designed for the transportation of sensitive cargo, with a specific focus on decorated cakes. Experimental measurements of acceleration, forces, and tilt were conducted along routes with irregular pavements to identify the main factors affecting load stability. Based on these data, a mechanical system with damped and self-leveling features was designed and built to significantly reduce the mechanical stress transmitted to the cargo during transit. The proposed device addresses the growing demand for safer and more reliable delivery solutions, especially in urban environments, contributing to reduced damage rates and improved service quality in the transportation of fragile products.

Keywords: Damping; Leveling; Transportation; Fragile cargo; Decorated cakes.

¹ Doutorado em Engenharia Química, de Materiais e Processos Ambientais pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) (2023). Professor auxiliar no Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) - ronaldomedeiros@souunisuam.com.br

² Engenheiro - jjr@souunisuam.com.br

³ Pós-graduado em Engenharia de Segurança no Trabalho e Edificações. Professor do curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Augusto Motta - emanuellincol@souunisuam.com.br

⁴ Mestrado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal Fluminense. - isadora_zenobio@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O transporte de cargas frágeis representa um desafio logístico significativo em diversas áreas, incluindo a indústria alimentícia, a farmacêutica, obras de artes, vidros, equipamentos de telecomunicações, equipamentos médicos e hospitalares, informática, tecnologia e robótica, devido à sensibilidade estrutural do produto. Pequenas oscilações, vibrações excessivas ou impactos durante o trajeto podem comprometer não apenas a estética, mas também a integridade do produto transportado (SOUZA, 2024).

Os veículos de transportes contam com um sistema de suspensão, responsável por manter os pneus em contato com o solo, absorvendo as vibrações e impactos sofridos devido as oscilações causadas por terrenos irregulares, obstáculos e redutores de velocidade (JUNQUEIRA, 2018). Contudo, ainda haverá esforços sofridos dentro da cabine do veículo.

No caso específico da confeitoria, a entrega de bolos decorados demanda cuidados devido à sensibilidade estrutural do produto. Pequenas oscilações, vibrações excessivas ou impactos durante o trajeto podem comprometer não apenas a estética, mas também a integridade do alimento. A falta de soluções específicas no mercado para o transporte seguro de bolos confeitados tem gerado uma série de problemas para os profissionais do setor. É comum que confeiteiros recusem encomendas para determinadas localidades com pavimentação irregular, devido ao risco elevado de avarias no produto final. Em muitos casos, estratégias improvisadas são adotadas, como o reforço estrutural com materiais não comestíveis (plástico e madeira) ou a aplicação de camadas extras de cobertura, como a blindagem com chocolate. Essas soluções, além de elevar os custos de produção, podem comprometer o sabor, a apresentação e até a segurança alimentar do produto.

Diante desse cenário, a importância do desenvolvimento de dispositivos atenuadores capazes de minimizar os efeitos das irregularidades do solo e das manobras veiculares sobre cargas sensíveis. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um modelo 3D, contando com auxílio de um modelo 3D, através de um software, permitindo a visualização de componentes mecânicos oferecendo desenvolvimento de desenhos técnicos e documentos (AMORIM, 2023).

Viabilizando a construção de um protótipo físico próximo ao modelo real visando elucidar erros e otimizar etapas (SOUZA, T., 2020; QUIRINO, 2020). Com este dispositivo, realizar experimentos de amortecimento e nivelamento, visando melhorar a estabilidade e a segurança no transporte de bolos decorados. Através da análise de dados experimentais de aceleração, força e ângulo, pretende-se projetar e validar uma solução técnica que atenda às

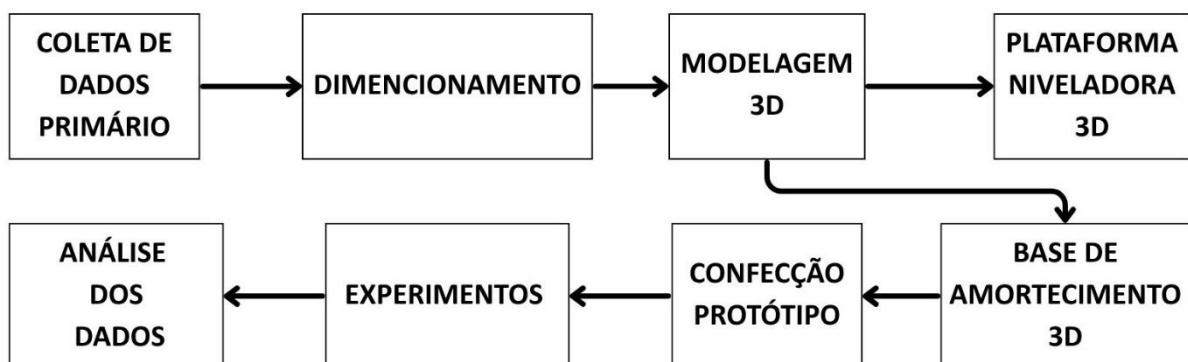
necessidades do setor de confeitaria, contribuindo para a redução de perdas e o aumento da satisfação dos clientes.

Este projeto visa analisar dados através de experimentos e aplicativos, modelar um protótipo 3D e construir um protótipo para dar mais estabilidade e segurança no transporte de bolos confeitados. Para realização de um protótipo é preciso primeiro obter dados de aceleração, força e ângulo. Sendo assim, utilizamos materiais como uma balança e o aplicativo PHYPHOX para obtermos as forças, aceleração, frequência e ângulo atuantes no bolo ao frear, acelerar o carro, passar em terrenos desnivelados, buracos, curvas, subidas e descidas ao decorrer do trajeto.

2 METODOLOGIA

O fluxograma a seguir ilustra as etapas percorridas deste trabalho, desde a coleta primária de dados até a análise final dos dados coletados do protótipo em experimentos em campo.

Figura 1 – Fluxograma



Fonte: Autoria própria (2025)

2.1 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Para analisar os dados primeiramente foi feito alguns trajetos de carro, passando por ruas com desniveis a 40km/h, dispositivos de redução de velocidade (quebra-molas) e catadióptrico (olho de gato) a uma velocidade de 20km/h. Para medição foi colocado no chão do carro, na frente do banco do carona, lugar onde é de costume se realizar o transporte, uma balança com um corpo de massa de 1kg em cima, filmando as oscilações com os desniveis ao andar com o carro.

Também foi feito os mesmos trajetos com o celular no aplicativo PHYPHOX medindo as acelerações, ângulo e frequência em X, Y e Z. Sendo medido tanto no chão do carro quanto nas mãos do carona simulando o amortecimento quando o transporte é suavizado sendo mais seguro e com menos acidente.

2.1.1 Aplicativo PHYPHOX

A escolha pelo PHYPHOX se deu devido à sua precisão, em 1 segundo registra cerca de 478 dados de tempo e aceleração utilizando escalas nanométricas, facilidade de uso e por ser uma solução de baixo custo para a coleta de dados experimentais. Os dados são mostrados instantaneamente em gráficos nos três eixos, podendo ser avaliados no próprio aplicativo, ser visualizado de modo remoto através do navegador de um computador através de um URL protocolo http, guardados para uma análise posterior ou até exportados em diversos formatos para posteriormente serem analisados.

No Phyphox, o eixo z é perpendicular à tela, apontando para fora dela. O eixo x aponta para a direita ao segurar o dispositivo em sua posição padrão. Para celulares, isso significa que ele aponta para a direita da tela na orientação retrato (vertical). O eixo y aponta para cima, ao longo do lado mais longo do telefone.

Nos experimentos sempre será adotado uma posição do celular, para haver um padrão. O celular sempre estará com a parte superior apontado para a frente do veículo, com a tela virada para cima, logo o eixo z irá medir as acelerações no sentido de subida e descida do veículo como desníveis e quebra-molas. O eixo y será as acelerações e frenagens do carro. O eixo x refere-se as curvas.

2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Ao realizar o trajeto foi filmado com um celular a balança, com o editor de vídeo foi colocado em slow motion e pausado nos valores máximos e mínimos mostrados. Os seguintes dados foram obtidos sendo o mínimo 710g e o máximo 1229g.

2.2.1 Dados do Aplicativo

Ao ser colocado o celular na mesma posição e repetindo o mesmo trajeto, o acelerômetro no eixo z marcou as medias de $\pm 3\text{m/s}^2$ e picos entre $\pm 5\text{m/s}^2$ e 4m/s^2 .

Os ângulos obtidos através do aplicativo com o carro parado, em lugares comumente transportados no banco traseiro: $11,42^\circ$, e no assoalho traseiro: $\approx 5^\circ < x < 7^\circ$. Ao analisar as inclinações de algumas rampas e ladeiras, a inclinação máxima obtida foi de $20,60^\circ$.

2.3 DIMENSIONAMENTO DE AMORTECEDOR

Um fator importante para o controle das oscilações da suspensão é o fator de amortecimento (ζ), que é uma relação entre o coeficiente de amortecimento C [Ns/m] e o coeficiente de amortecimento crítico C_c [Ns/m]. O amortecimento crítico é definido como nível de amortecimento que permite que uma massa, ao ser liberada de uma posição diferente da original, retorne à sua posição em estado permanente sem ultrapassá-la.

O fator de amortecimento caracteriza a resposta do veículo no tempo durante uma perturbação inicial e serve de importante ferramenta para analisar o comportamento das oscilações no domínio do tempo.

Diversas fontes da literatura afirmam que $\zeta = 0.7$ é o fator de amortecimento ideal para o deslocamento vertical, pois proporciona o melhor tempo de resposta evitando oscilações excessivas durante o tempo de estabilização.

2.4 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para o desenvolvimento do protótipo de amortecimento e nivelamento, foi realizada a modelagem tridimensional inicial do dispositivo utilizando o software Solidworks, porém a versão gratuita só deixa uma hora disponível e não podendo gravar o arquivo, perdendo todo o trabalho posteriormente. Sendo assim a modelagem foi desenvolvida no **Onshape**, uma plataforma de CAD baseada em nuvem. A escolha deste software se deu pela sua acessibilidade e pelas ferramentas de modelagem paramétrica disponíveis.

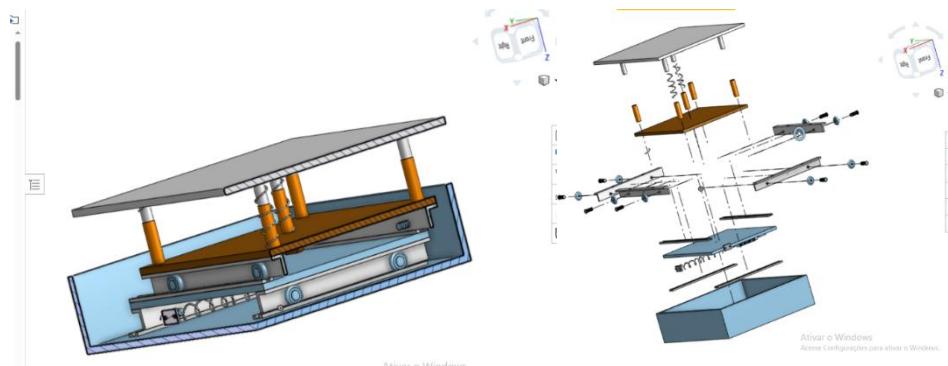
O modelo 3D foi construído com base nos cálculos de força e rigidez das molas previamente obtidos, visando garantir a estabilidade da carga transportada durante o deslocamento. Na modelagem, foram considerados os seguintes componentes principais:

- **Base inferior de apoio:** responsável pelo contato ao veículo de transporte;
- **Estrutura móvel primária:** uma base deslizante de sentido horizontal (eixo y) aceleração e frenagem do veículo;
- **Estrutura móvel secundária:** uma base deslizante de sentido horizontal (eixo x) responsável pelas curvas;
- **Estrutura de topo:** base superior destinada ao posicionamento da carga (bolo confeitado);
- **Conjunto de molas:** posicionadas nas extremidades da estrutura para proporcionar a função de amortecimento vertical e nivelamento (eixo z);
- **Guias lineares com roldanas:** para limitar os graus de liberdade indesejados e direcionar os movimentos.

A visualização do modelo permitiu avaliar aspectos como o centro de massa, distribuição de carga e possíveis interferências mecânicas. Foram geradas imagens em diferentes ângulos e uma vista explodida para melhor representação das partes constituintes.

Embora o projeto não tenha sido submetido a uma simulação estrutural computacional (como análise de elementos finitos), a modelagem 3D serviu como base para a definição das dimensões finais e seleção dos materiais a serem utilizados na construção física do protótipo.

Figura 2 - Protótipo modelado no ONSHAPE.



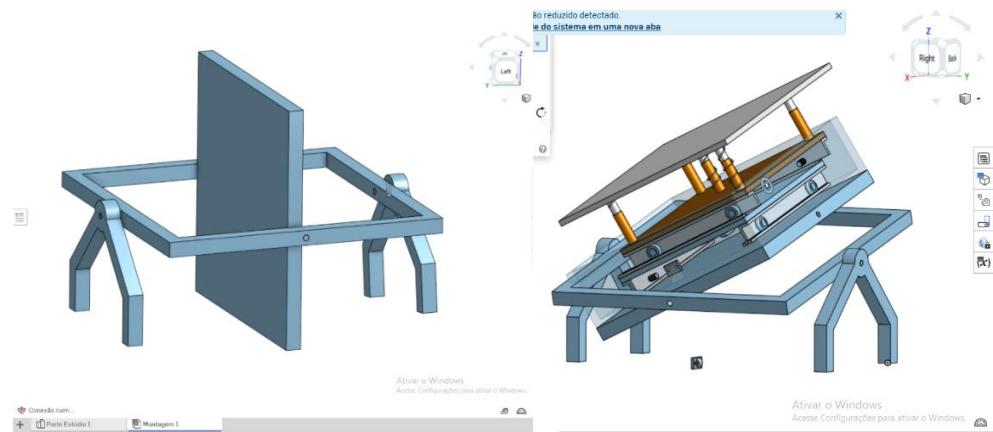
Fonte: Autoria própria (2025)

2.4.1 Modelagem Plataforma Niveladora

A plataforma foi projetada com base no princípio do **Gimbal**, um suporte articulado que permite a rotação em torno de eixos ortogonais. Essa configuração permite que a base da carga se mantenha nivelada, mesmo com inclinações do veículo durante o transporte.

Neste projeto, será utilizado apenas o conjunto de dois eixos (X e Y), permitindo que a base se mantenha nivelada e estável mesmo em terrenos irregulares. A estrutura será composta por armações concêntricas de alumínio, capazes de girar em torno de eixos perpendiculares entre si.

Figura 3 – Nivelador modelado no Onshape



Fonte: Autoria própria (2025)

2.5 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Foi utilizado uma balança de plástico da marca LEHAVI capacidade de 40kg, 02 pilhas AA marca RAYOVAC Alcalinas de 1.5V, saco de 1Kg de farinha de mandioca GRANFINO, veículo Volkswagen modelo Gol 1.0 fabricação ano 1998, aplicativo **PHYPHOX** Versão 1.1.16, aparelho celular marca SAMSUNG modelo SM-M356B, software de modelagem 3D ONSHAPE, 1 Tabua de madeira de 35x35cm, 2 Tabuas de madeira 30x30cm, 4 Trilhos para roldanas de 30cm, 8 Roldanas de 3cm de diâmetro, 4 Cantoneiras de 30cm, 1 Caixa de madeira com 40x40x10cm, 4 Molas de 10cm, 01 Furadeira e 8 parafusos M6.

Durante a construção do protótipo de amortecimento e nivelamento, foi necessário adaptar o dimensionamento inicial. O projeto previa molas de 10 cm com constante de rigidez de 296,2 N/m, mas, devido à indisponibilidade comercial, optou-se por uma configuração alternativa: uma mola central de 7 cm (446 N/m) e quatro molas periféricas de 6,2 cm (188,65 N/m cada), totalizando um sistema com rigidez equivalente de aproximadamente 1200 N/m. Essa configuração foi validada por novas análises, considerando possíveis forças superiores às inicialmente medidas.

Como não foi encontrado um amortecedor comercial adequado, optou-se por amortecimento por atrito, utilizando duas seringas de 3 ml: uma sem modificações e outra com o êmbolo lixado para reduzir o atrito e permitir comparação entre diferentes resistências ao movimento.

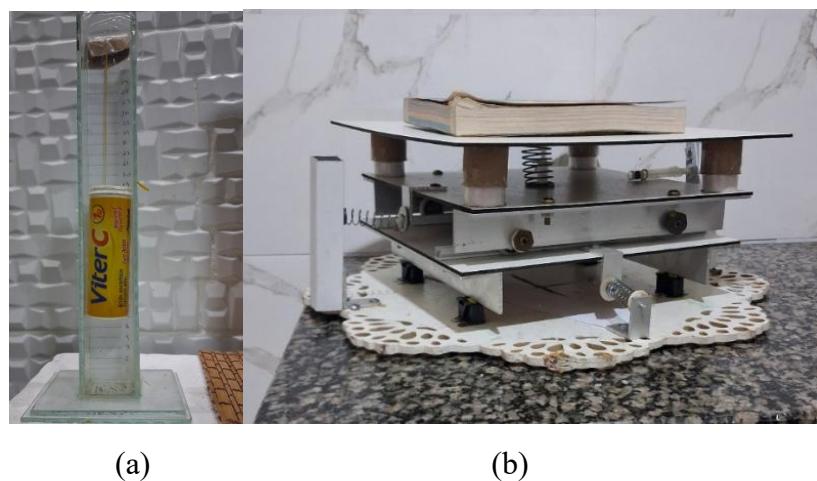
A validação prática buscou verificar a eficácia do protótipo na redução de oscilações e acelerações transmitidas à carga. Os testes replicaram as condições experimentais iniciais, com

trajetos compostos por trechos com pavimentação irregular, quebra-molas e curvas, simulando o transporte urbano.

O aplicativo *Phyphox* foi utilizado em dois celulares posicionados simultaneamente: um sobre a base do protótipo com massa simulando o bolo e outro diretamente no piso do veículo. A balança, inicialmente utilizada, foi descartada por apresentar atraso na leitura. Um segundo método de análise foi adotado com um oscilador visual (peso suspenso por elástico diante de uma escala graduada).

Os dados coletados foram comparados aos obtidos sem o sistema de amortecimento, conforme discutido na próxima seção. O protótipo também passou por ajustes estruturais, substituindo a base inferior original por uma estrutura vazada com duas hastas (eixo X) e duas cantoneiras (eixo Y), melhorando a visualização dos movimentos.

Figura 4 - Oscilador para análise visual do deslocamento (a) e protótipo físico finalizado para testes em campo (b)



Fonte: Autoria própria (2025)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados diversos experimentos para conseguir ser comparado os resultados, foram alternados os celulares, repetindo experimentos para descarte de uma possível má calibração ou divergência de coleta do aplicativo. E dentre eles foram separados 5 experimentos para o eixo z e 2 para o eixo x.

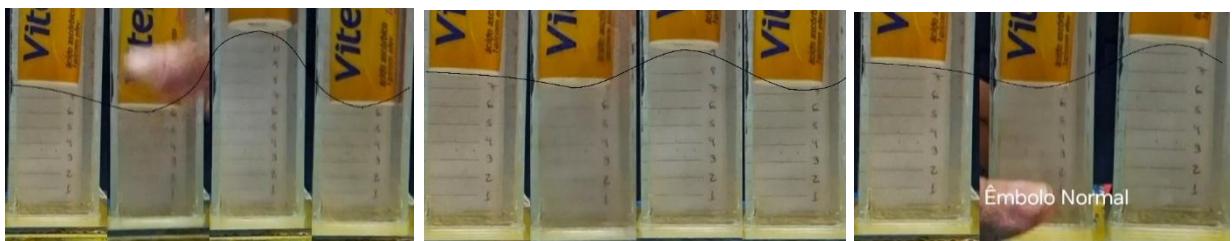
O oscilador utilizado conforme a figura 11 tem uma graduação feita de linhas de caderno, e entre cada linha há uma distância de 7,7mm. Em repouso a marcação fica próximo do 8, iremos adotar 7.7 L (Linha). Ao achar o Δx (Diferença entre os pontos), foi aplicado a Lei de Hooke, para saber a força.

Para saber a constante elástica do elástico que segura o peso da base de vidro com graduação, foi marcado a posição inicial, adicionado massa até chegar na próxima linha e aplicar a lei de Hooke.

3.1 ANALISE DE DADOS

O primeiro experimento foi realizado em ambiente controlado, onde a base com o vidro graduado foi comprimida manualmente sobre o chão e, em seguida, liberada repentinamente. A movimentação resultante foi registrada por filmagem, permitindo a análise do deslocamento. O teste foi repetido três vezes, cada uma com uma configuração distinta do sistema: inicialmente com apenas as molas, depois com molas combinadas a um amortecedor de menor coeficiente de atrito, e por fim com molas associadas a um amortecedor de maior resistência.

Figura 5 – Oscilador nos 3 sistemas



Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 1 – Marcações Primeiro experimento.

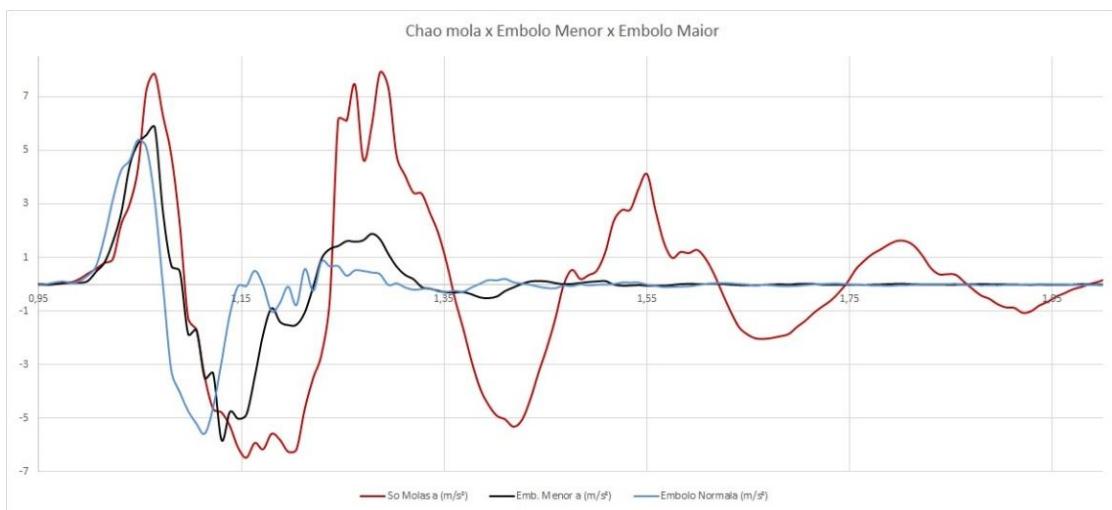
Configuração	1º Marcação	2º Marcação	3º Marcação	Δx Máximo	Força (N)
Somente mola	6,2 L	11,2 L	6,7 L	5 L = 0,0385m	F = 0,8828 N
Êmbolo menor	7 L	9,3 L	7,3 L	2,3 L = 0,0177m	F = 0,406 N
Êmbolo maior	7 L	8,5 L	-	1,5 L = 0,0115m	F = 0,2648 N

Fonte: Autoria própria (2025)

Os dados obtidos indicam uma redução de 54% no deslocamento e força com o uso do êmbolo menor em relação ao sistema com apenas molas, 70% com o êmbolo normal e 34% entre os dois êmbolos. O sistema com apenas molas apresentou maior número de oscilações e amplitudes. O êmbolo menor gerou atrito moderado, dissipando energia e reduzindo a aceleração. Já o êmbolo normal, com atrito mais elevado, proporcionou o melhor desempenho entre as configurações testadas.

Segundo experimento foi repetindo os procedimentos do primeiro, mas substituindo o graduador pelo celular com o aplicativo.

Figura 6 - Gráfico segundo experimento



Fonte: Autoria própria (2025)

Ao passar os três dados para o Excel e plotar em um gráfico é possível ver o mesmo comportamento do sistema como no experimento anterior, que o sistema somente com mola (em vermelho) tem uma aceleração maior e leva muito mais tempo para estabilizar. O sistema com o êmbolo menor (em preto) há uma diminuição da aceleração e estabiliza próximo a metade do anterior. O êmbolo normal (em azul) é o que tem a menor aceleração, mas a estabilização é próxima do anterior.

Tabela 2 – Análise da variação da aceleração e redução no segundo pico (Queda)

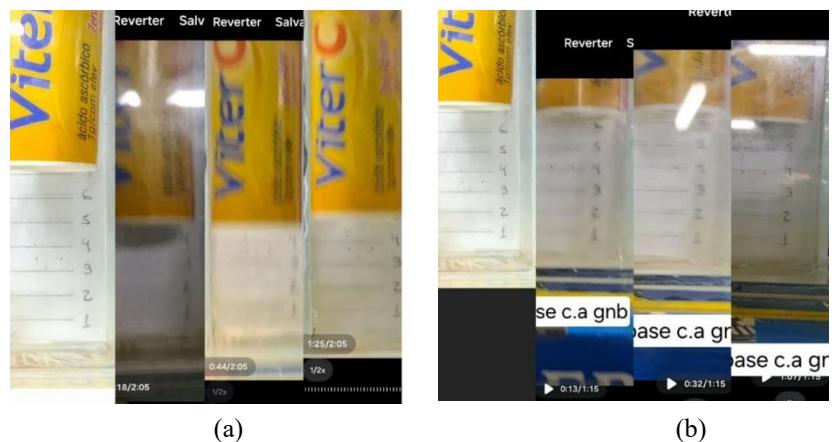
	Δa	2º Pico
Somente Molas	17,3801 m/s ²	7,9107 m/s ²
Êmbolo Menor	11,6547 m/s ²	1,8812 m/s ²
Redução	18,60%	76%
Êmbolo Maior	10,9638 m/s ²	0,8634 m/s ²
Redução	23%	89,07%

Fonte: Autoria própria (2025)

Assim foi adotado o êmbolo maior (normal) para os experimentos seguintes, que se demonstrou melhor desempenho comparado ao êmbolo menor.

Terceiro experimento foi realizado em campo com o vidro com graduação sendo colocado em uma base fixa e depois na base com amortecimento, sendo filmada e o veículo passando em três quebra-molas. Posteriormente em um editor de vídeo pausando em máximos e mínimos obtidos.

Figura 7 – Oscilador fixo (a), base (b)

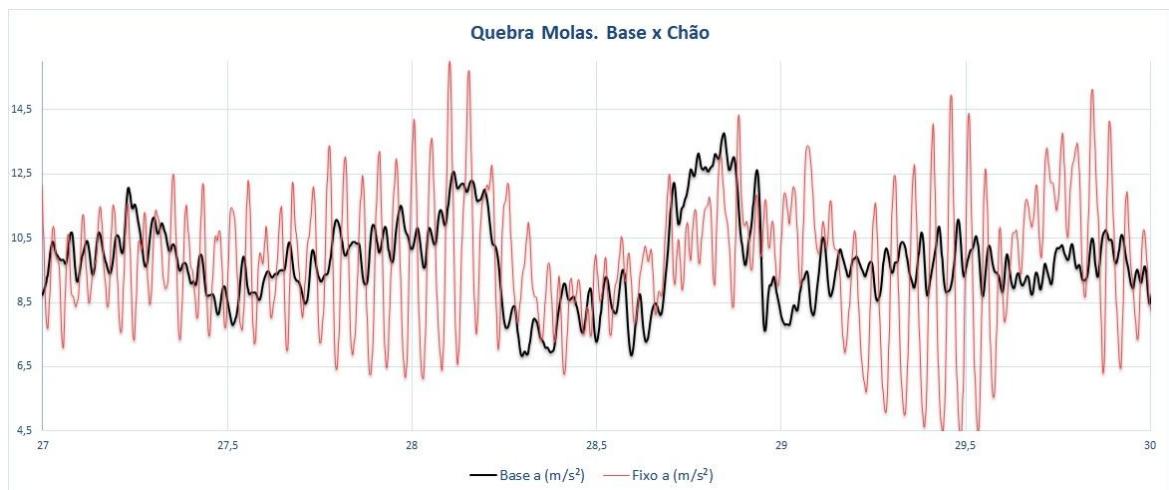


Fonte: Autoria própria (2025)

É possível ver que inicialmente estava na marca de 7 L e ao passar nos três quebra-molas foi visto que, quando estava na base fixa alcançou a marca da linha 5 L nas três vezes e na base amortecida foi antes do 6 L \approx 6,3 L. Assim tendo uma variação Fixo $\Delta L = 2$ L e na Base $\Delta L = 0,7$ L havendo uma redução de 65%.

Quarto experimento os dois celulares com o aplicativo, sendo colocado um na base e outro no chão, passando por um quebra-molas em condições normais de um transporte tradicional, quando se está carregando um bolo.

Figura 8 - Gráfico Base x Chão no Quebra-molas



Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 3 – Marcações obtidas no quarto experimento

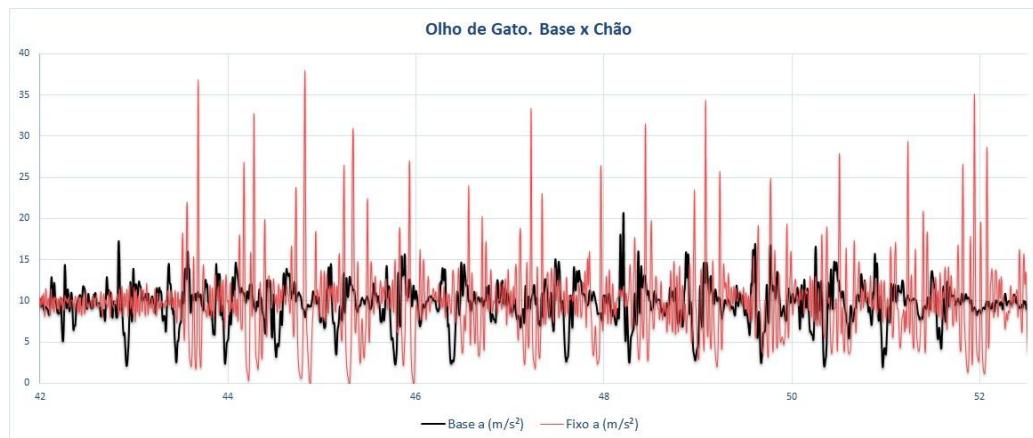
	Máximo	Mínimo	Δa
Base	13,68m/s ²	6,83m/s ²	11,61m/s ²
Assoalho	15,88 m/s ²	4,27 m/s ²	6,85m/s ²
Redução	13,89%		40,99%

Fonte: Autoria própria (2025)

Neste experimento em campo pode ver que houve uma redução da quantidade de oscilações, amplitudes de oscilações e dos picos de aceleração.

Quinto experimento foi realizado em campo, simulando uma condição mais extrema, passando com o veículo por uma sequência catadióptrico (olho de gato), com os celulares como o experimento anterior.

Figura 9 – Gráfico referente a uma sequência de catadióptrico (olho de gato)



Fonte: Autoria própria (2025)

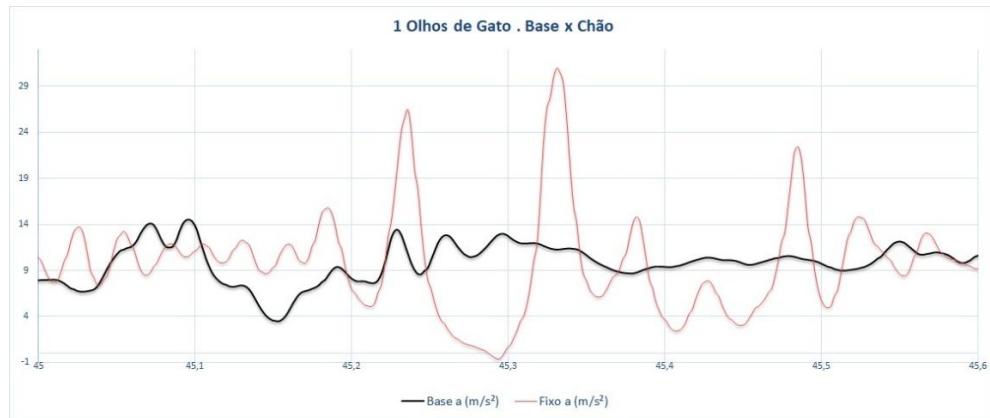
Tabela 4 – Medias do quinto experimento

	Média Máximas	Média Mínimas	Δa
Base	15,40 m/s ²	2,80 m/s ²	12,60m/s ²
Assoalho	28,56 m /s ²	1,86 m/s ²	26,76m/s ²
Redução	46,00%		52,91%

Fonte: Autoria própria (2025)

Nesta sequência somam 15 ondulações, que geraram grandes oscilações, com picos chegando próximo dos 40m/s^2 no assoalho. Já na base obtivemos um amortecimento e estabilidade maior. Quando comparado a média dessas 15 acelerações teve metade dos esforços sofridos.

Figura 10 - Gráfico com um catadióptrico (olho de gato)



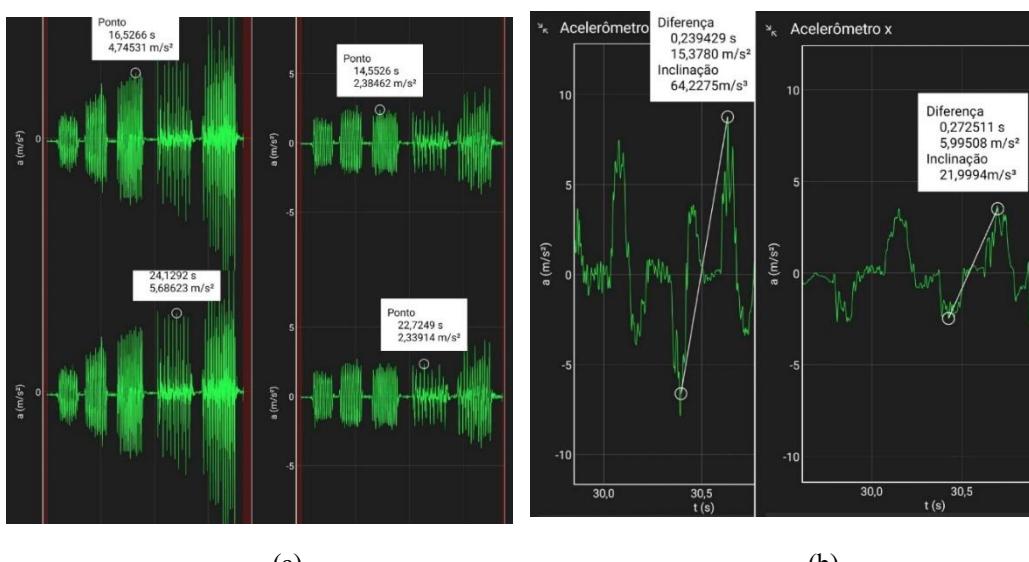
Fonte: Autoria própria (2025)

Este gráfico é a representação de apenas um catadióptrico, sendo possível ver a diferença de máximas acelerações entre os dois sistemas com mais clareza, analisando uma ondulação mais forte separadamente temos. Nela podemos verificar que atingiu um pico com o sistema Fixo de $30,98\text{m/s}^2$, já na Base $14,50\text{m/s}^2$. Chegando a uma redução de 53,19%.

Experimento realizado no eixo x, foi constituído em realizar balanços em uma mesa na direção do eixo x, com algumas frequências diferentes, com um celular na base e outro na parte fixa, com o aplicativo medindo as acelerações.

Figura 11 – Resultados das Oscilações no Eixo X (a) Dados do experimento do eixo x. (b)

Dados de uma oscilação



Fonte: Autoria própria (2025)

Na figura 11 (a), podemos ver do lado esquerdo as medidas do celular que ficou na parte fixa e do lado direito na base. Conseguimos notar uma absorção significativa, similar ao que vimos nos experimentos no eixo x. No primeiro ponto de aceleração máxima de 50% e no segundo de 58,86%.

Na Figura 11 (b), foi separado apenas uma oscilação, na parte esquerda estão os dados da parte fixa e da direita da base. Com esses dados temos uma redução de 61% na amplitude da aceleração, já na inclinação uma redução de 65,74%.

Os testes demonstraram que o protótipo reduziu em média 40% das forças transmitidas em ondulações leves e mais de 50% em desníveis acentuados. Em um caso extremo, a força sobre um bolo de 1 kg caiu de 30,98 N no transporte convencional para 14,50 N com o dispositivo, representando uma redução superior a 50%. Mesmo em condições severas, os esforços registrados na base amortecida se mantiveram comparáveis aos de situações normais no assoalho, comprovando a eficácia do sistema proposto.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do protótipo ter apresentado êxito nos experimentos, há algumas alterações futuras possíveis como:

Troca das roldanas por rolos de esfera, com isso sendo possível a base ser feita com uma plataforma a menos, continuando com uma plataforma de topo para forças no eixo z e uma plataforma única com rolos de esfera para as forças x e y. sendo assim havendo uma redução de peso da estrutura ou guias verticais cilíndricas com bloco de rolamento de esferas, garantindo melhor deslizamento.

As guias da plataforma de topo feitas com outro material, diminuindo a folga e atrito e assim minimizando pequenas vibrações de baixa intensidade.

Um revestimento antiderrapante no topo entre a base e o transportador do bolo, para evitar um possível deslizamento.

Por ser um protótipo, somente para coleta de dados, não foi pensado em uma aparência agradável. Com isso podendo haver um planejamento de melhoria na aparência visual com acabamento e designer.

Dar continuidade a Plataforma niveladora construindo-a com configurações dos apoios para ajustar em diferentes alturas e posições, podendo ser preso no assento dianteiro, traseiro, assoalho, ou no porta-malas.

REFERÊNCIAS

ALVES, Lorena da Silva. **Controle de vibrações em edifícios altos sujeitos a ventos e terremotos.** Trabalho de conclusão de curso, em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 2015.

AMORIM, Kliftom Costa. **O uso de softwares livres na graduação em engenharia mecânica.** Universidade Federal de Minas Gerais- Graduação em Engenharia Mecânica. Belo Horizonte, 2023.

CELANI, G; Ph.D. PUPO. **Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no brasil.** Regiane Trevisan Campinas, 2008

FELIPE, Gabriel Richtic. **Avaliação da atenuação das vibrações transmitidas do motor para o chassi de um veículo baja utilizando isoladores de vibrações.** Trabalho de conclusão de curso de graduação para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2023.

GILLESPIE, Thomas D. **Fundamentals of Vehicle Dynamics.** Warrendale: Society Of Automotive Engineer, 1992

JUNQUEIRA, Caio Souza. **Projeto e construção de um dispositivo para medição dos coeficientes de amortecedores automotivos.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Juiz de Fora, 2018.

MORAES, Yuri Jose Oliveira. **Controle passivo de vibrações em sistema estrutural utilizando molas superelásticas : comparação entre técnicas e análise da influência de variáveis** Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba: João Pessoa, 2021.

OLIVEIRA, Victor H.S. **Absorvedor Dinâmico de Vibrações.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2015.

SARABANDO, Felipe D' Oliveira. **Projeto de um amortecedor para protótipo de veículo fora-de-estrada.** Projeto de Graduação UFRJ Escola Politécnica, Engenharia Mecânica. Rio de Janeiro, 2014.

SILVA, Gustavo Winter. **Modelagem, simulação e projeto de absorvedores passivos de vibrações em pontes.** Projeto Final em Engenharia Mecânica, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro, 2015.

SOUZA, Fábio Pezzin. **Coleta e análise de dados de amortecimento do sistema de suspensão de um veículo baja.** Monografia (graduação) - Instituto Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, de Engenharia Mecânica. São Mateus, 2023.

SOUZA, Juliano. *Transporte de carga frágil: melhores práticas para evitar danos e prejuízos.* Gestão Logística, 2024.

SOUZA, T; QUIRINO, J. **O uso da prototipagem por impressão 3d e seus benefícios na engenharia mecânica para indústria ou graduação.** Doutorado Engenharia Mecânica - Universidade Santa Úrsula. Rio de Janeiro, 2020.

VITOR, Pedro Uchima. **Análise do projeto de suspensão no transporte de pacientes em um veículo hospitalar.** Trabalho para obtenção do título de bacharel no Curso de Graduação em Engenharia Automotiva, Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, 2023.