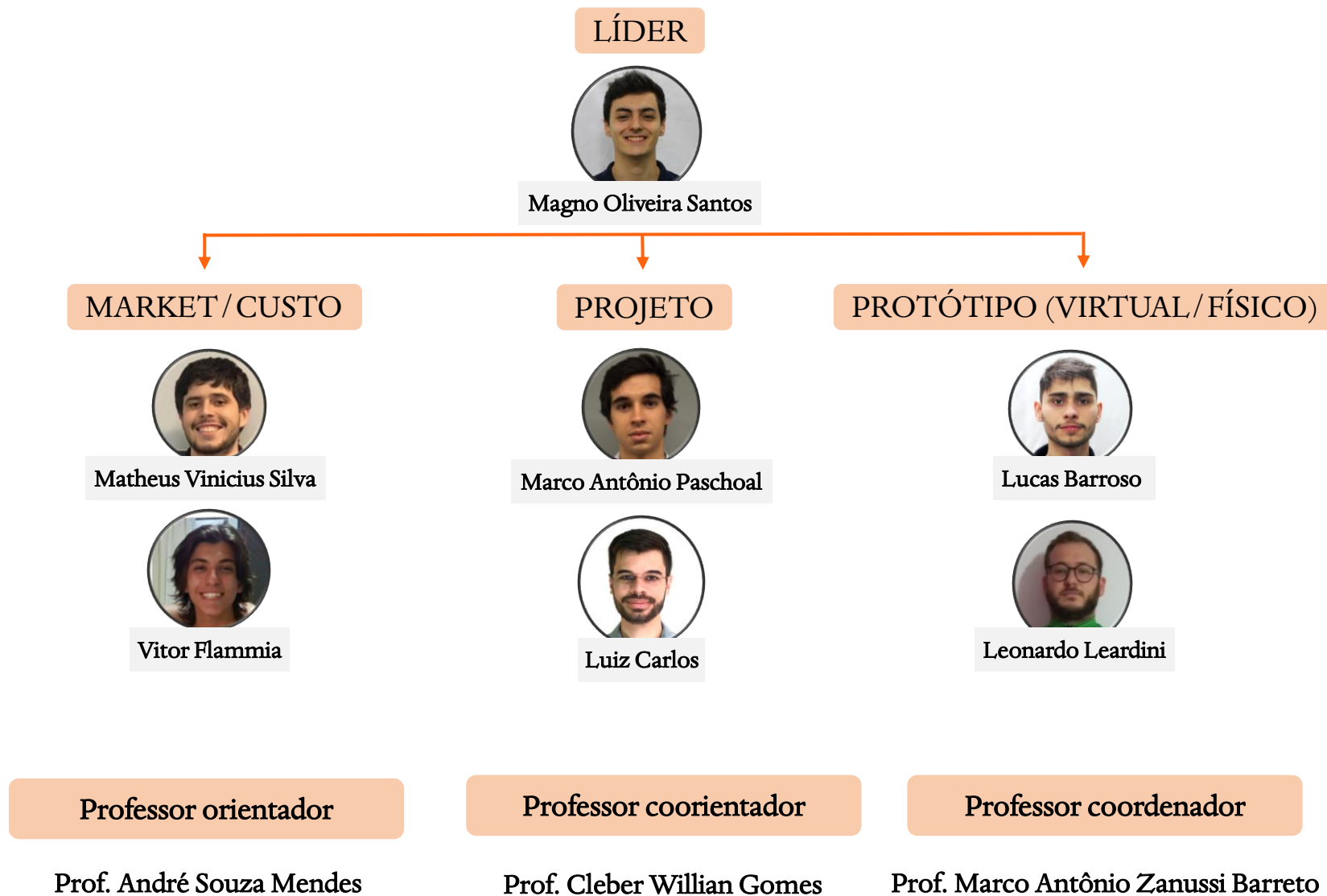


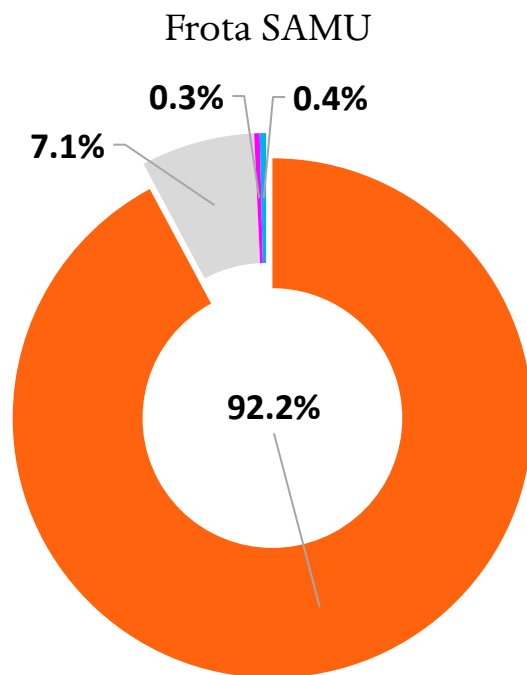


Sistema de amortecimento para veículos de atendimento emergencial terrestre.

SMOOTH SAVING



Fonte: Autores



■ Ambulâncias
■ Embarcações

■ Motocicletas
■ Helicópteros



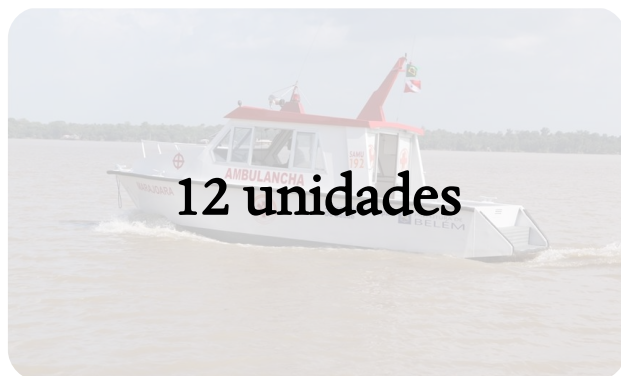
3.908 unidades

Fonte: boavontade.com



261 unidades

Fonte: jaciaranews.com



12 unidades

Fonte: aratuon.com



15 unidades

Fonte: jornaldebrasil.com



5570 municípios



Fonte: Wikipedia.com

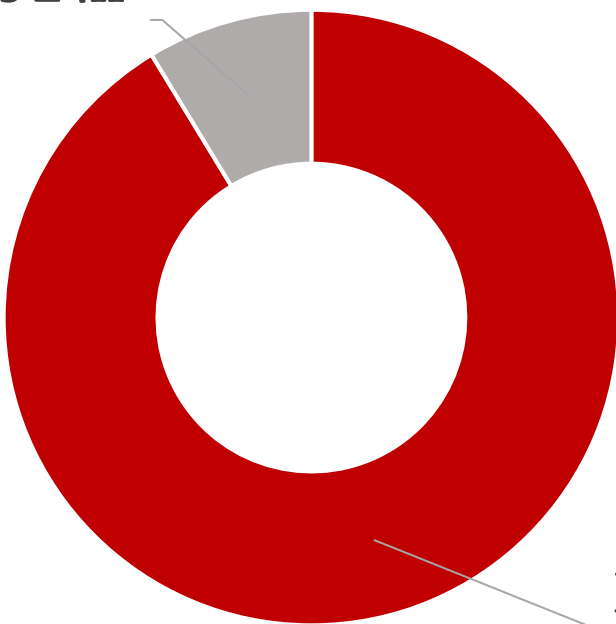


Cada veículo
atende, em média,
1,4
municípios



Distribuição de óbitos decorrentes de acidente de trânsito

Mortes após 24h
9%



Mortes em 24h
91%

Custo unitário por óbito decorrente de acidente de trânsito

R\$ 374.811,00



Custo total estimado em 2019

R\$ 15,3 bi



Resgate aéreo



Fonte: TV Globo

- ✓ Fácil acesso a regiões não pavimentadas;
- ✓ Melhores condições de trabalho da equipe médica;
- ✓ Melhores condições para estabilização do paciente.

VS

Resgate terrestre



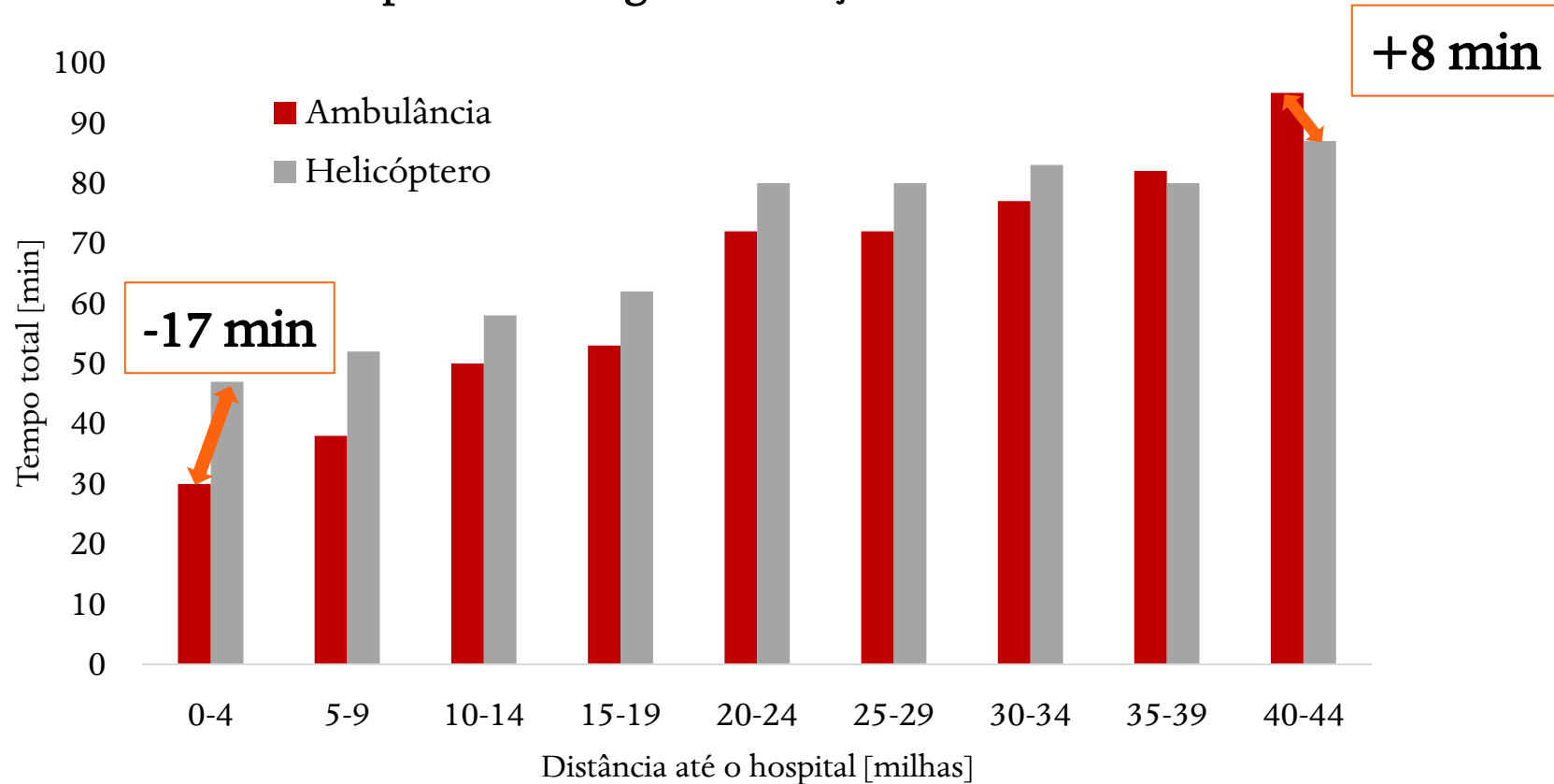
Fonte: soymotor.com

- ✓ Menor custo de operação;
 - ✓ Maior espaço interno;
 - ✓ Grande frota disponível;
- ✓ Atende todos os hospitais;
 - ✓ Menos suscetível às influências climáticas.

Fonte: MICHAELS, D. et. al. (2018) Helicopter versus ground ambulance: review of national database for outcomes in survival in transferred trauma patients in the USA.



Tempo total de resgate em função da distância



Fonte: "Adaptado de" the Journal of Trauma



Resgate aéreo



Fonte: pixabay.com

VS

Resgate terrestre



Fonte: soymotor.com

“pacientes com mesmas características e grau de risco, que foram transferidos de helicóptero, tiveram **57,0% menos probabilidade de morrer** do que aqueles transferidos por meio terrestre”. (MICHAELS, 2019)

“O **nível mais alto de atendimento capaz de ser oferecido pela equipe médica do helicóptero** (...) está associado a **melhores resultados** em comparação ao transporte terrestre”.

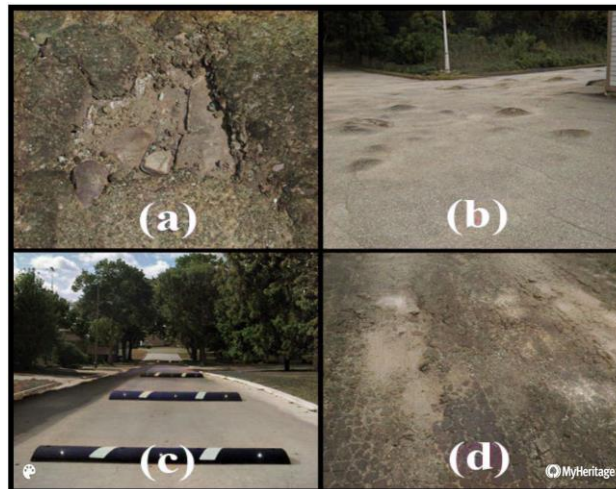
(MICHAELS, 2019)



- ❖ Porque a eficiência do resgate aéreo, quando se compara casos similares, é maior que a do resgate terrestre?
- ❖ Por que a equipe médica do resgate aéreo é capaz de oferecer melhor atendimento?
- ❖ É possível melhorar o atendimento terrestre?**



- ❖ (a) Ruas não pavimentadas;
- ❖ (b) Estradas secundárias pavimentadas;
- ❖ (c) Ruas pavimentadas da cidade;
- ❖ (d) Rodovias pavimentadas.

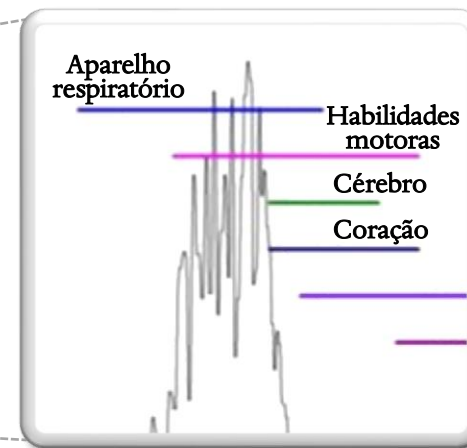
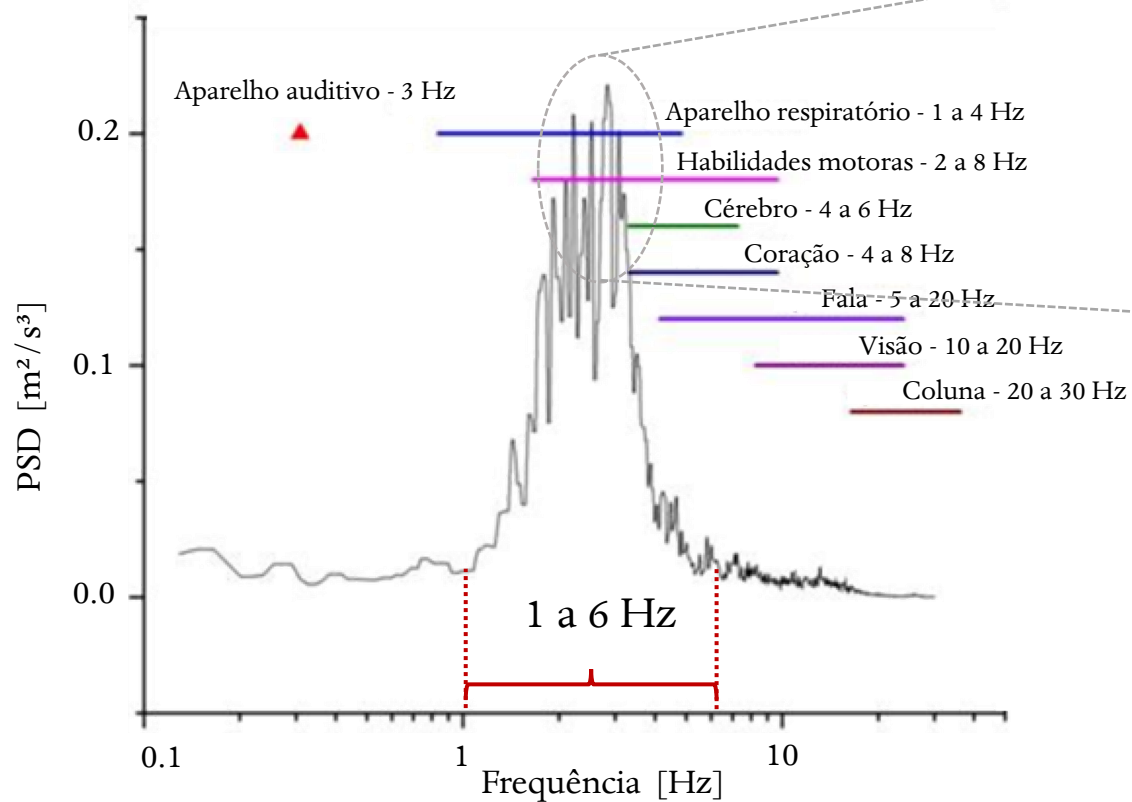


- ❖ (a) Buracos;
- ❖ (b) Ondulações;
- ❖ (c) Redutores de velocidade;
- ❖ (d) Pavimento desgastado.

Fonte: Cotnoir, P. D. (2010). Ambulance Vibration Suppression via Force Field Domain Control



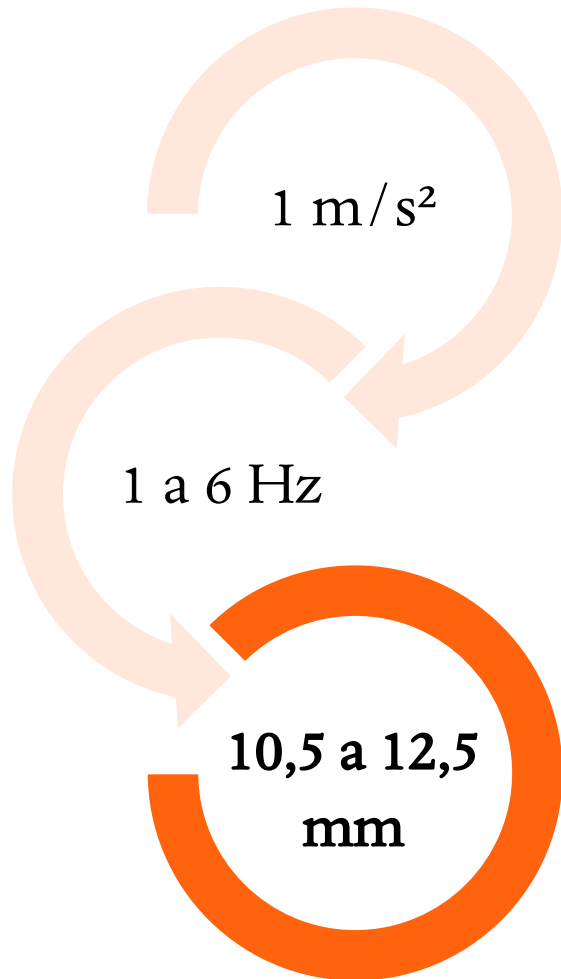
❖ Efeitos fisiológicos causados pela vibração:



Consequências:

- ✓ Aumento da pressão arterial;
- ✓ Aumento da frequência cardíaca;
- ✓ Hiperventilação;
- ✓ Náuseas;
- ✓ Dores abdominais.

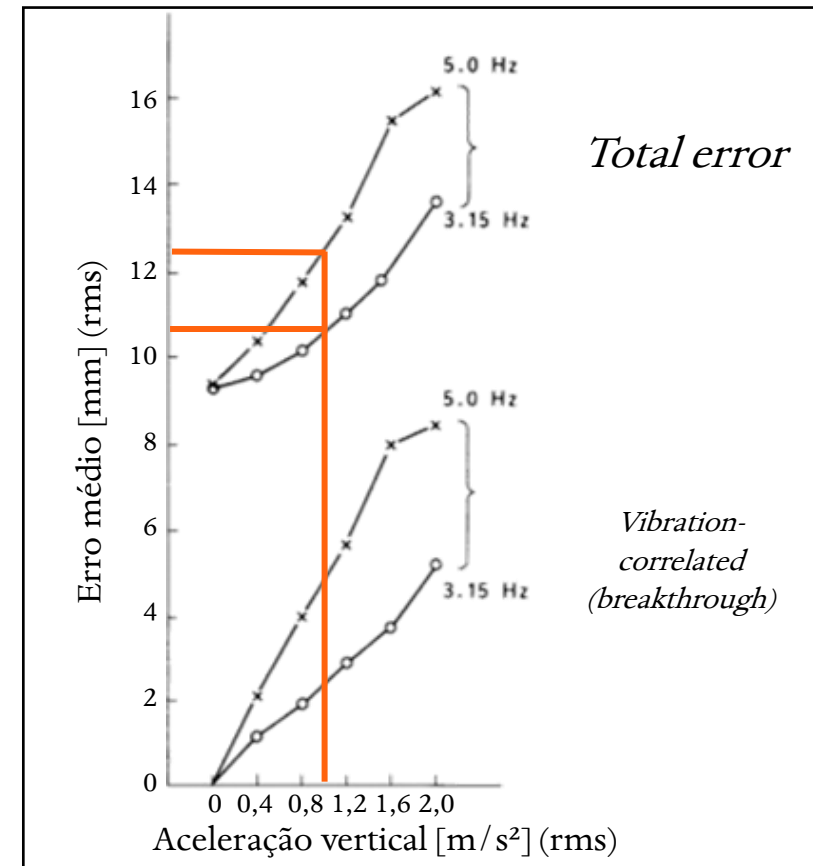
Fonte: "Adaptado de" Cotnoir, P. D. (2010). Ambulance Vibration Suppression via Force Field Domain Control



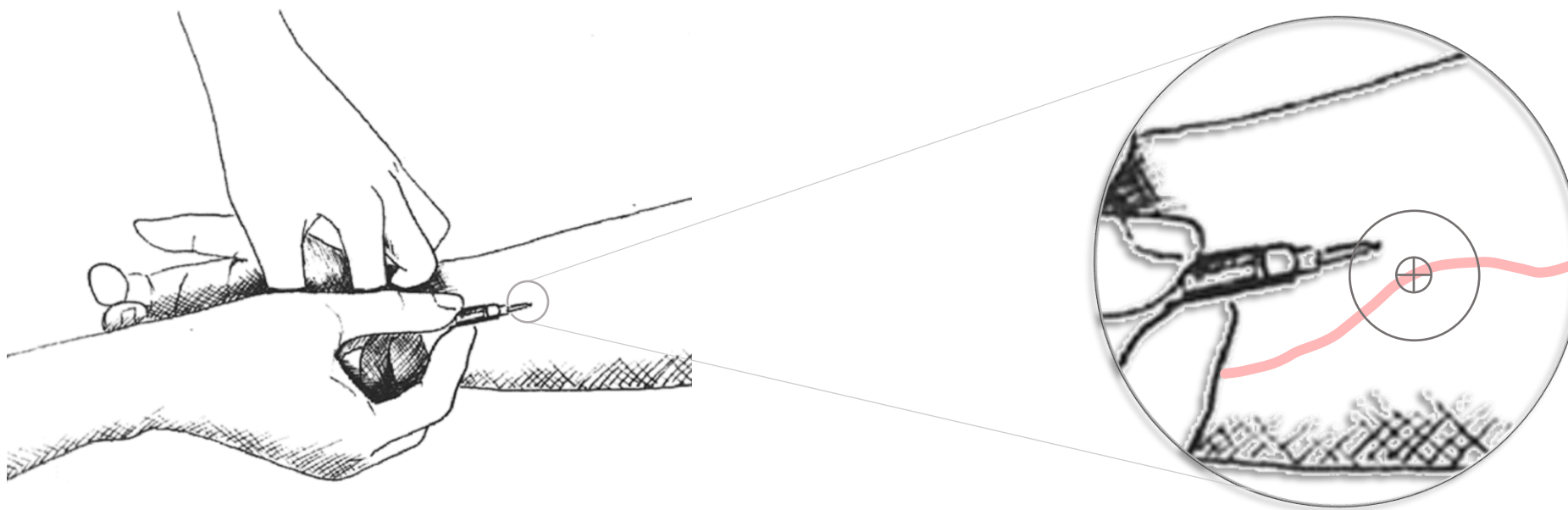
✓ Amplitude de acelerações predominante durante os testes.

✓ Faixa de frequência em que essas amplitudes foram observadas.

Erro médio na realização de tarefas manuais por influência da vibração e amplitude.



Fonte: "Adaptado de" Handbook of human vibration, Griffin, 1996



Fonte: “Adaptado de” Manual do Técnico de Enfermagem

“Na prática, um erro de 10,5 a 12,5 mm é um impedimento significativo para o desempenho de procedimentos médicos comumente realizados durante o transporte.” (COTNOIR, 2010)



PROBLEMA



Paciente e equipe médica estão submetidos a amplitudes de aceleração vertical de, em média, 1 m/s^2 , o que prejudica a realização de procedimentos médicos e pode agravar o quadro clínico do paciente.



PROPÓSITO



Desenvolver uma solução que atenuie a amplitude de acelerações verticais médias no interior da ambulância.



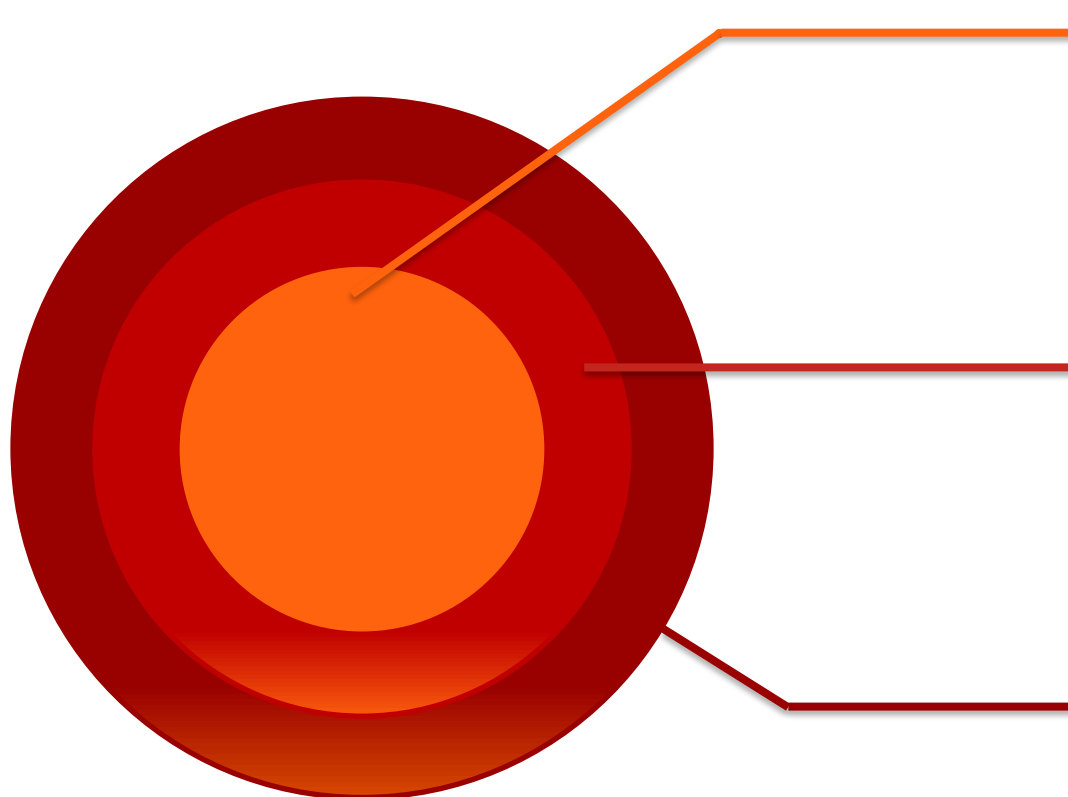
QUAIS PODERIAM SER OS GANHOS DE UM PROJETO COMO ESSE?

Paciente terá
maior conforto
durante o
resgate

A equipe médica
terá melhores
condições para
realizar os
procedimentos
necessários

A probabilidade
de agravar o
quadro clínico
do paciente
diminui

**A probabilidade
de salvar a vida
do paciente
aumenta**



POR QUÊ?

Acreditamos que os **recursos tecnológicos** devam ser utilizados para trazer **melhor qualidade de vida** para as pessoas.

COMO?

Por meio de uma solução que possa **reduzir o desconforto** e **melhorar a segurança** de pacientes **durante resgate** em veículos de atendimento emergencial.

O QUÊ?

Desenvolvimento de um sistema, para esse tipo de veículo, **capaz de atenuar a amplitude de acelerações verticais** médias recebida pelos **pacientes e profissionais de saúde**.



PROBLEMA

A amplitude de acelerações verticais médias encontrada em ambulâncias pode prejudicar o quadro clínico do paciente, colocando sua vida em risco, e a realização de procedimentos médicos.



CLIENTES

Entidades governamentais, hospitais públicos e privados, montadoras de furgões, adaptadoras e locadoras de ambulâncias.



DISPOSTO A PAGAR

O sistema deve ser capaz de proporcionar melhores condições de trabalho para a equipe médica e maior conforto ao paciente, sem exigir a compra de novas ambulâncias e representando um custo de 10 a 12% do preço de venda dos veículos.

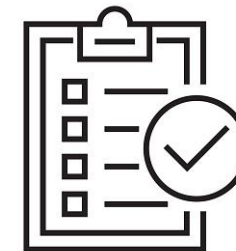
DANOS E DESCONFORTO
POR VIBRAÇÃO



SETOR DA SAÚDE
PÚBLICA E PRIVADA



MELHORES CONDIÇÕES
SEM EXIGIR A COMPRA DE
UMA NOVA AMBULÂNCIA



Reduzir a amplitude das acelerações verticais médias [m/s^2] transmitidas ao paciente e à equipe médica devido às irregularidades do solo, que atuam na faixa de 1 a 6 Hertz.



❖ Possíveis alternativas encontradas:



Amortecimento de maca

Plataforma com amortecimento

Suspensão com controle ativo

Pneus não pneumáticos

Suspensão de cabina



❖ Amortecimento de maca:



Fonte: Stem.it

VANTAGENS:

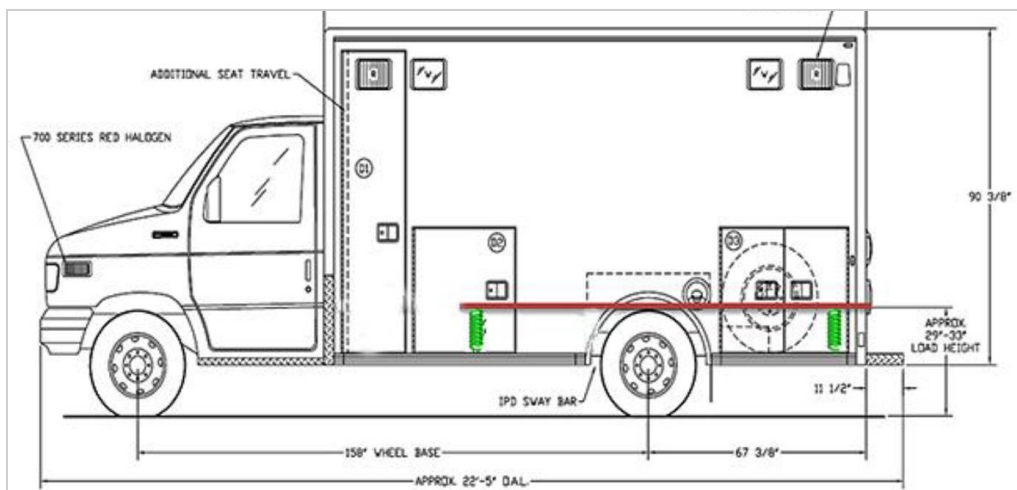
- ✓ Paciente é transportado com maior conforto e segurança;
- ✓ Não ocupa espaço extra no interior da ambulância;
- ✓ Não exige treinamento da equipe para utilização.

DESVANTAGENS:

- ✓ Não proporciona melhores condições de trabalho aos profissionais de saúde;
- ✓ Exige modificações severas ao assoalho da ambulância;



❖ Plataforma com amortecimento:



Fonte: Cotnoir (2010)

VANTAGENS:

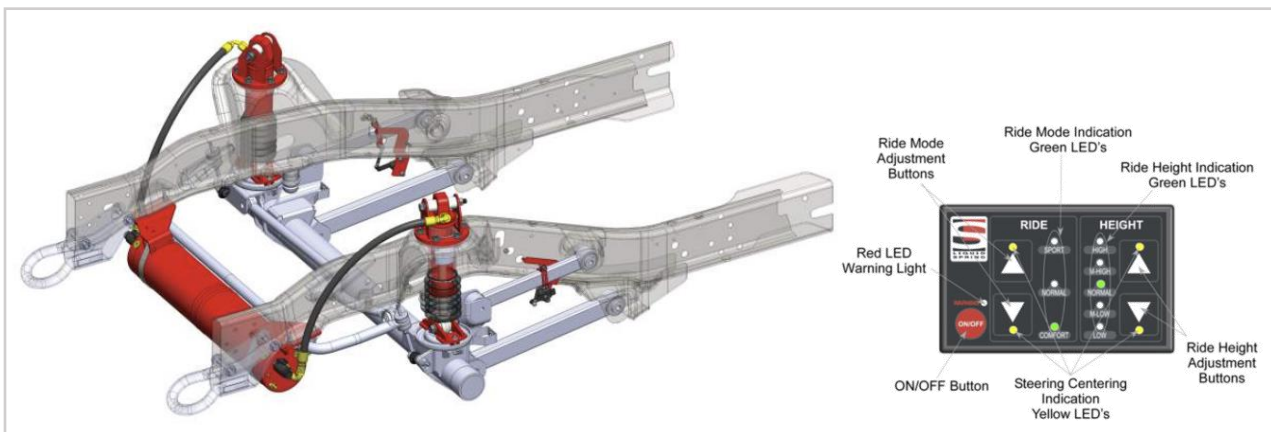
- ✓ Proporciona maior conforto e segurança tanto para o paciente, quanto para os profissionais de saúde;
- ✓ Possível adaptação aos veículos já existentes;
- ✓ Sistema totalmente automatizado, independe de interação com a equipe médica.

DESVANTAGENS:

- ✓ Compromete o espaço interno da cabine, devido à altura necessária para instalar as molas e amortecedores;
- ✓ Promove movimento relativo entre os equipamentos no interior da ambulância, podendo ferir os passageiros;
- ✓ Exige modificações severas ao assoalho da ambulância;
 - ✓ Alta complexidade de projeto.



❖ Suspensão com controle ativo:



Fonte: LiquidSpring

VANTAGENS:

- ✓ Capacidade de proporcionar maior conforto e segurança tanto para o paciente, quanto para a equipe médica;
- ✓ Possível adaptação aos veículos já existentes;
- ✓ Não compromete o espaço interno da cabine;

DESVANTAGENS:

- ✓ Exige sistema de controle;
- ✓ Elevado número de componentes.

Fonte: Autores



❖ Pneus não pneumáticos:



Fonte: Michellin

Pneus não pneumáticos podem oferecer melhor desempenho ao transpassar pequenos obstáculos, pois devido a sua geometria interna complacente, as oscilações transmitidas à carroceria podem ser reduzidas.

VANTAGENS:

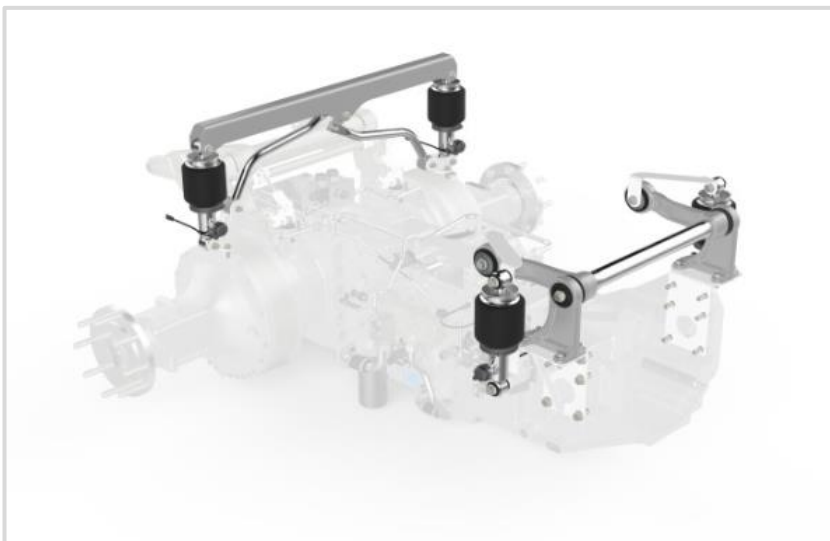
- ✓ Facilidade de instalação;
- ✓ Facilidade de substituição;
- ✓ Aplicável aos veículos já existentes;
- ✓ Baixo número de componentes.

DESVANTAGENS:

- ✓ Alta complexidade de projeto;
- ✓ Alta complexidade de manufatura;
- ✓ Não se adequa a diferentes condições de operação;
- ✓ Confiabilidade e segurança ainda desconhecidas.



❖ Suspensão de cabina:



Fonte: ZF Sachs

VANTAGENS:

- ✓ Capacidade de proporcionar maior conforto e segurança tanto para o paciente, quanto para a equipe médica;
- ✓ Não compromete o espaço interno;

DESVANTAGENS:

- ✓ Demanda mudanças severas em toda a carroceria do veículo;
- ✓ Não aplicabilidade a veículos já existentes;
 - ✓ Eleva o centro de gravidade;
 - ✓ Alta complexidade de projeto.



Critério	Peso	Ambulancia comum	Amortecimento da maca	Amortecimento do assoalho	Suspensão com controle ativo	Pneu não pneumático	Amortecimento da carroceria
Capacidade de reduzir a amplitude de acelerações no paciente	25%	0	2	2	2	1	2
Capacidade de melhoria na precisão do serviço médico	25%	0	0	2	2	1	2
Complexidade de implementação	10%	0	-1	-2	-1	0	-2
Complexidade do projeto	10%	0	-1	-1	-1	-1	-2
Espaço interno	10%	0	0	-2	0	0	0
Adaptabilidade	10%	0	-1	-1	-1	0	-2
Número de componentes	5%	0	-1	-1	-1	0	-1
Custo de implementação	2.5%	0	-1	-2	-2	-1	-2
Custo de manutenção	2.5%	0	-1	-2	-1	-1	-1
Total	100%	0	0.1	0.25	0.575	0.35	0.275

Legenda	
-2	muito pior
-1	pior
0	igual
1	melhor
2	muito melhor



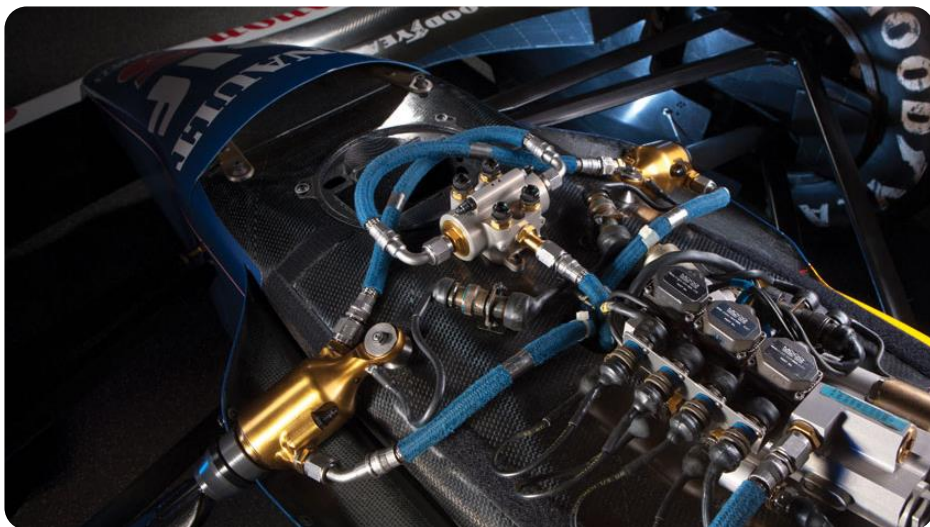
Critério	Peso	Suspensão com controle ativo	Amortecimento da maca	Amortecimento do assoalho	Pneu não pneumático	Amortecimento da carroceria
Capacidade de reduzir a amplitude de acelerações no paciente	25%	0	0	0	-1	0
Capacidade de melhoria na precisão do serviço médico	25%	0	-2	0	-1	0
Complexidade de implementação	10%	0	0	-1	1	-2
Complexidade do projeto	10%	0	1	1	-1	-1
Espaço interno	10%	0	0	-2	0	0
Adaptabilidade	10%	0	1	0	2	-2
Número de componentes	5%	0	0	0	2	0
Custo de implementação	2.5%	0	0	0	1	-1
Custo de manutenção	2.5%	0	1	-1	0	0
Total	100%	0	-0.275	-0.225	-0.175	-0.525

Legenda	
-2	muito pior
-1	pior
0	igual
1	melhor
2	muito melhor

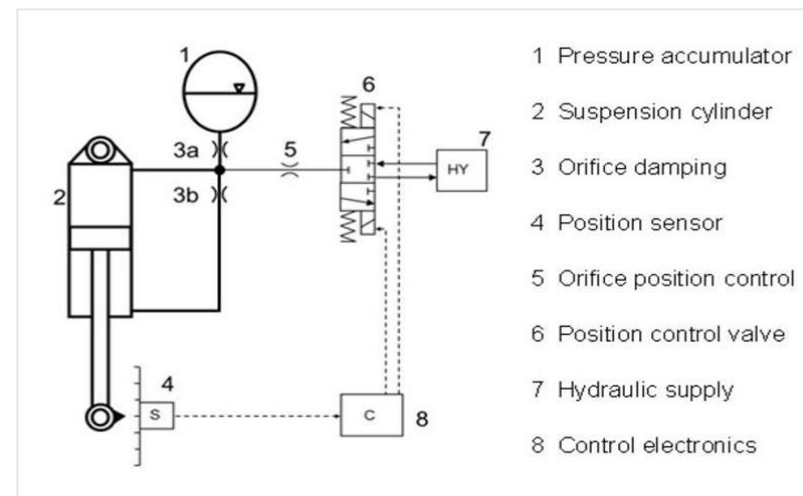


SUSPENSÃO COM CONTROLE ATIVO

Amortecedor com atuador hidráulico



Fonte: VETR



Fonte: Argo-Hytos

- ❌ Poucas opções de kits pré-fabricados;
- ❌ Sistema pesado e pouco compacto;
- ❌ Dificil adequação ao envelopamento do sistema.

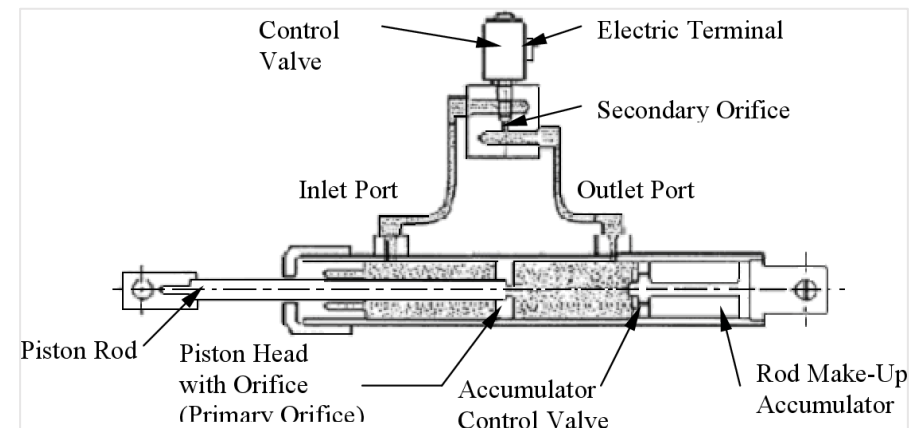


SUSPENSÃO COM CONTROLE ATIVO

Amortecedor com orifício variável



Fonte: Monroe



Fonte: Semantic Scholar

- ❌ Poucas opções de kits pré-fabricados;
- ✅ Simples, leve e compacto;
- ✅ Facilidade de adequação ao envelopamento do sistema.

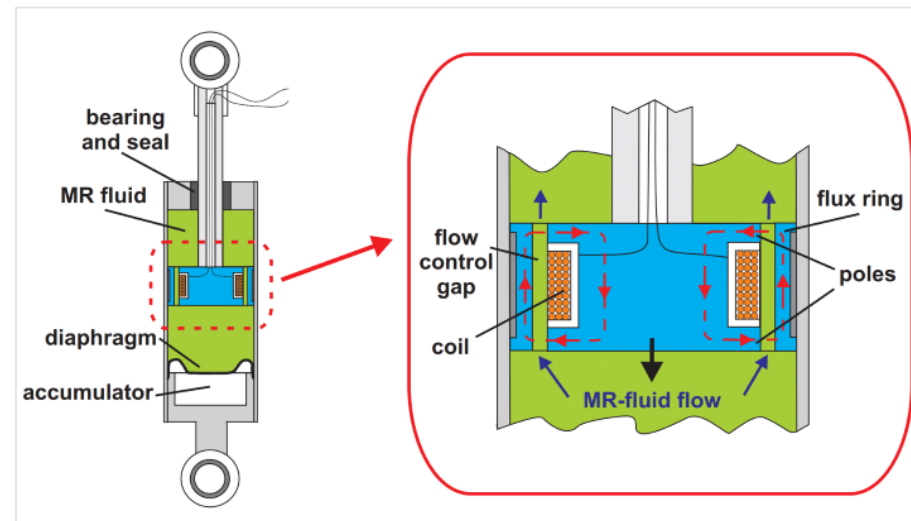


SUSPENSÃO COM CONTROLE ATIVO

Amortecedor Magnéto Reológico (MR)

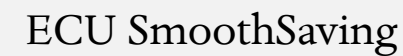
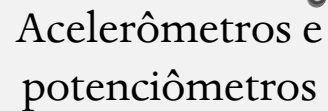


Fonte: Magneride

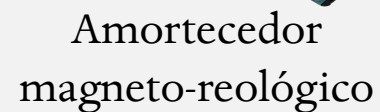


Fonte: Purandare

- ✓ Maior disponibilidade de opções pré-fabricadas;
- ✓ Simples, leve e compacto;
- ✓ Facilidade de adequação ao envelopamento do sistema.

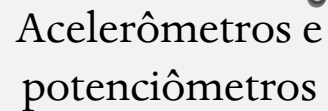


Alteração do amortecimento

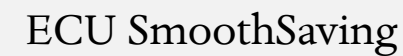


Modulação da corrente elétrica





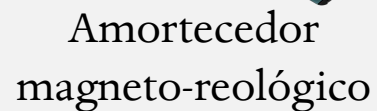
Transmissão dos dados à ECU



Redução das acelerações verticais



Alteração do amortecimento



Modulação da corrente elétrica



Cálculo do amortecimento ótimo

```

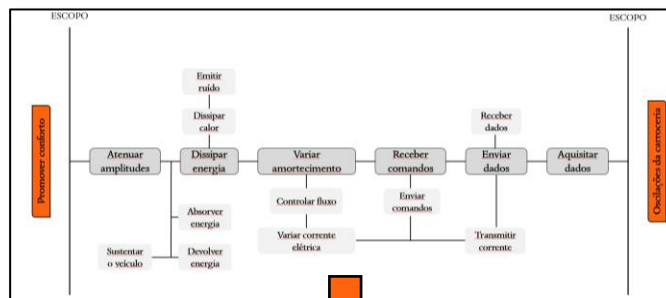
        "name": "description", "response": {} description
        "name": "name", "response": {} name
        "name": "latitude", "response": {} latitude
        "name": "highLat", "response": {} highLat <"/>
    }
    B1.value["changeFunction"] = {
        "species": B1.value
    }
}
B1.name()

var queryObj = {
    method: "GET"
}
done(function(response) {
    for (var i = 0; i < response.length; i++) {
        var layer = B1.layer(i)
        response[i].latitude, response[i].longitude
        response[i].highLat
        layer.addTo(map);
    }
    layer.addTo(map);
    "name": "description", "response": {} description
    "name": "name", "response": {} name
    "name": "latitude", "response": {} latitude
    "name": "highLat", "response": {} highLat <"/>
}
B1.value["changeFunction"] = {
    "species": B1.value
}

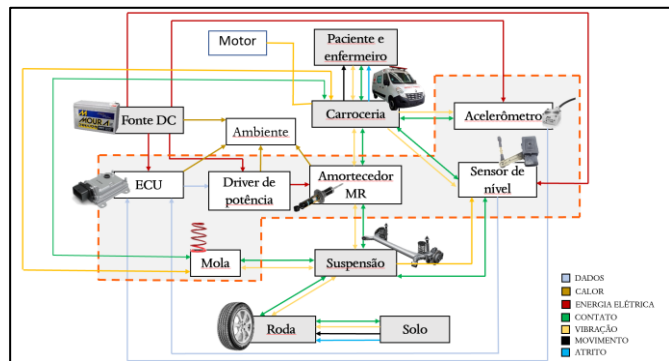
```



Diagrama FAST

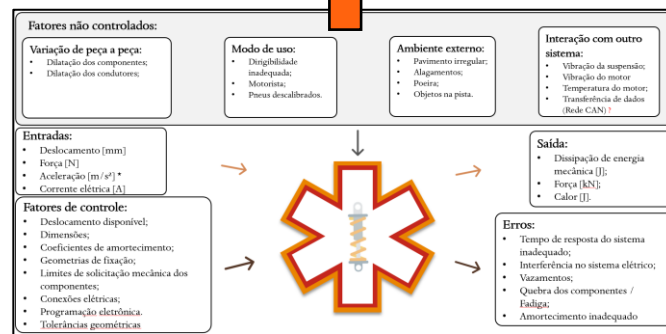


Boundary Diagram



DFMEA

Engenharia Reversa



P-diagram

SMOOTH SAVING



ITEM	COMPONENTE	FUNÇÕES	FALHAS POSSÍVEIS		ÍNDICES		Ocorrência	Gravidade	Deteção	RPN		
			MODO	EFETO(S)	CAUSA(S)	CONTROLE PREVENÇÃO	CONTROLE DETECÇÃO					
1	Amortecedor MR	Dissipar energia	Vazamento	Redução da capacidade de amortecimento	Ressecamento dos retentores Deterioração do retentor por poeira acumulada na haste	Manutenção periódica Limpeza periódica	Homologação dos retentores Homologação dos retentores à abrasividade	1 3	7 4	4 84		
			Ruptura do ponto de ancoragem	Vibração excessiva; desmontagem do amortecedor	Esforços acima do especificado Instalação inadequada	Selecionar os fixadores de acordo com normas internacionais Desenvolvimento do padrão de serviço	Simulação estrutural Inspeção dos pontos de ancoragem no final da montagem	1 3	9 9	2 27		
			Quebra de componente interno	Vibração excessiva; redução da capacidade de amortecimento; ruído; aumento de temperatura;	Esforços acima do especificado Instalação inadequada	Respeitar limite de carga Verificação dos procedimentos de instalação	Simulação estrutural Inspeção dos pontos de ancoragem no final da montagem	1 3	8 8	2 24		
			Manter contato	Coefficiente de amortecimento não adequado	Frequência de oscilação fora da vocação do veículo	Dimensionamento incorreto	Manutenção periódica	1 1	8 8	1 8		
			Manter contato	Ruptura do chicote	Incapacidade de variar o coeficiente de amortecimento	Fixação inadequada do chicote; Conexão inadequada entre os conectores dos chicotes na linha de montagem	Verificação dos procedimentos de instalação	1 1	8 8	1 8		
		Variar coeficiente de amortecimento	Quebra do conector	Incapacidade de variar o coeficiente de amortecimento	Impactos Superaquecimento	Encapsulamento dos chicotes Montagem e vedação corretas	Ensaio de impacto no conector Simulação de transferência de calor	1 4	8 5	1 20		
					Oxidação	Vedação correta	Inspeção amostral de estanqueidade	2 2	5 5	3 30		
					Incapacidade de processamento	Escolha correta do processador com o fornecedor	Medição da velocidade de processamento	3 3	8 8	3 72		
					Programação incorreta	Programação correta	Validação / calibração	5 5	5 9	225		
					Curto circuito por enches	Posicionamento estratégico	Não há modos de detecção (evento aleatório de campo)	2 2	5 5	10 100		
2	BCU	Analisar dados	Super-aquecimento	Interrupção do envio de comandos	Troca de calor inadequada	Posicionamento em regiões de melhor troca de calor	Simulação computacional	2 2	5 5	2 20		
					Quebra do conector e ruptura do chicote	Verificação dos procedimentos de instalação	Ensaio de tração e impacto	1 1	5 5	1 5		
					Sensor de nível inoperante	Manutenção do sensor de nível	Inspeção dos parâmetros requisitados para o fornecedor	3 3	7 7	7 147		
					Acelerômetro inoperante	Manutenção do acelerômetro	Inspeção dos parâmetros requisitados para o fornecedor	3 3	7 7	7 147		
					Envio de comandos	Não enviar comandos	Incapacidade de variar o coeficiente de amortecimento	Quebra do conector e ruptura do chicote	Verificação dos procedimentos de instalação	Ensaio de tração e impacto	1 1	5 5
		Absorver energia	Transição para regime plástico	Mudança de rigidez	Esforços acima do especificado	Atentar aos dados experimentais e de simulação, bem como seguir as normas regulamentadoras	Ensaio mecânico e simulação estrutural	1 1	9 9	1 9		
			Atingir fim de curso	Impacto agressivo na massa suspensa	Dimensionamento incorreto	Atentar aos dados experimentais e de simulação, bem como seguir as normas regulamentadoras	Ensaio mecânico e simulação estrutural	1 1	8 8	1 8		
			Manter contato	Curso insuficiente de mola descarregada	Apoio em apenas 3 rodas (Carro desequilibrado)	Verificação incorreta de projeto	Atentar aos dados experimentais e de simulação, bem como seguir as normas regulamentadoras	Ensaio e simulação de deformação	1 1	9 9	1 9	
			Devolver energia	Rigidez da mola inadequado	Frequência de oscilação fora da vocação do veículo	Dimensionamento incorreto	Garantir qualidade técnica dos projetistas	Simulação computacional	1 1	7 7	1 7	
			Devolver energia	Transição para regime plástico	Veículo desequilibrado	Dimensionamento incorreto	Atentar aos dados experimentais e de simulação, bem como seguir as normas regulamentadoras	Ensaio mecânico e simulação estrutural	1 1	9 9	1 9	
3	Mola	Sustentar veículo	Obstrução de curso	Veículo desequilibrado	Objeto preso entre as espiras da mola	Limpeza periódica e proteção contra entrada de objetos	Não há modos de detecção (evento aleatório de campo)	1 1	8 8	10 80		
					Fratura da mola	Massa suspensa não é mais sustentada	Esforços acima do especificado	Atentar aos dados experimentais e de simulação, bem como seguir as normas regulamentadoras	Ensaio mecânico e simulação estrutural	1 1	9 9	1 9
			Enviar dados	Envio incorreto de dados	Varição incorreta do coeficiente de amortecimento	Calibração incorreta na instalação	Desenvolvimento do padrão de serviço	Inspeção da calibração no final da montagem	2 2	7 7	1 14	
					Impacto contra objetos	Posicionamento em locais estratégicos	Nenhum	2 2	7 7	10 140		
					Calibração incorreta	Desenvolvimento do padrão de serviço	Inspeção da calibração no final da montagem	2 2	7 7	1 14		
		Aquisitar dados	Aquisição incorreta de dados	Varição incorreta do coeficiente de amortecimento	Folga devido à fixação incorreta	Desenvolvimento do padrão de serviço	Inspeção da fixação no final da montagem	3 3	7 7	1 21		
					Impacto contra objetos	Posicionamento em locais estratégicos	Nenhum	2 2	7 7	10 140		
			Enviar dados	Envio incorreto de dados	Varição incorreta do coeficiente de amortecimento	Fixação inadequada	Verificação dos procedimentos de instalação	Inspeção da fixação no final da montagem	3 3	5 5	1 15	
					Não enviar dados	Incapacidade de variar o coeficiente de amortecimento	Soldagem incorreta	Verificação da capacidade do operador de realização da soldagem	Homologação através de ensaios não destrutivos	2 2	5 5	2 20
					Aquisitar dados	Aquisição incorreta de dados	Varição incorreta do coeficiente de amortecimento	Fixação inadequada	Verificação dos procedimentos de instalação	Inspeção da fixação no final da montagem	1 1	5 5
4	Sensor de nível	Variar corrente elétrica	Não variar a corrente	Incapacidade de variar o coeficiente de amortecimento	Soldagem incorreta	Verificação da capacidade do operador de realização da soldagem	Inspeção amostral	2 2	5 5	1 10		
					Oxidação excessiva	Isolamento à umidade	Medição do nível máximo de oxidação	1 1	5 5	2 10		
					Oxidação	Isolamento à umidade	Medição do nível máximo de oxidação	1 1	5 5	2 10		
					Variar de forma inadequada	Diminuição da capacidade de variar o coeficiente de amortecimento	Temperatura excessiva	Posicionamento em regiões de melhor troca de calor	Simulação computacional de troca de calor	1 1	5 5	2 10
					Receber comandos	Não receber comandos	Incapacidade de variar o coeficiente de amortecimento	ECU e Driver de potência não se "conversam"	Validação da programação	2 2	5 5	2 20
		Enviar dados	Não enviar dados	Incapacidade de variar o coeficiente de amortecimento	Rompimento	Proteção contra esforços excessivos	Homologação através de ensaios de tração	1 1	5 5	2 10		
					Envio de dados incorretos	Coefficiente de amortecimento variado de forma incorreta	Oxidação	Isolamento à prova de água	Medição do nível máximo de oxidação	3 3	5 5	3 45
							Temperatura excessiva	Posicionamento em regiões de melhor troca de calor	Simulação computacional	2 2	5 5	2 20
							Amolecimento do material devido ao efeito Joule	Posicionamento em regiões de melhor troca de calor	Simulação computacional	1 1	5 5	2 10
							Encaixe "macho-fêmea" inadequado	Atentar às características técnicas do produto	Inspeção amostral	1 1	5 5	5 25

84

225

100

147

147

140

140



FALHA DE COMPONENTES ELÉTRICOS

ITEM	COMPONENTE	FUNÇÕES	FALHAS POSSÍVEIS			ÍNDICES					
			MODO	EFEITO(S)	CAUSA(S)	CONTROLE PREVENÇÃO	CONTROLE DETECÇÃO	Ocorrência	Gravidade	Deteção	RPN
2	ECU	Analisar dados	Programação incorreta	Resposta inadequada do sistema; redução do conforto	Análise incorreta das condições de contorno	Programação correta	Validação/calibração	5	5	9	225
			Super-aquecimento	Interrupção do envio de comandos	Curto circuito por enches	Posicionamento estratégico	Não há modos de detecção (evento aleatório de campo)	2	5	10	100
		Receber dados	Não receber dados	Incapacidade de variar o coeficiente de amortecimento	Sensor de nível inoperante	Manutenção do sensor de nível	Inspeção dos parâmetros requisitados para o fornecedor	3	7	7	147
					Acelerômetro inoperante	Manutenção do acelerômetro	Inspeção dos parâmetros requisitados para o fornecedor	3	7	7	147
4	Sensor de nível	Enviar dados	Envio incorreto de dados	Variação incorreta do coeficiente de amortecimento	Impacto contra objetos	Posicionamento em locais estratégicos	Nenhum	2	7	10	140
		Aquisitar dados	Aquisição incorreta de dados	Variação incorreta do coeficiente de amortecimento	Impacto contra objetos	Posicionamento em locais estratégicos	Nenhum	2	7	10	140

SENSOR DE NÍVEL



Fonte: Braintech

ECU



Fonte: Canal da Peça

Potenciais de falha:

- Análise incorreta das condições de contorno (inputs) na programação;
- Perda de comunicação com os sensores do sistema.

Consequências:

- Resposta inadequada do sistema;
- Incapacidade de variar a condição de amortecimento;
- Escolha da configuração de amortecimento inadequada;
- **Redução do conforto.**

Ações recomendadas:

- Elaboração de procedimentos de validação do protótipo;
- Elaboração de planos de manutenção;
- Posicionamento dos componentes de forma estratégica.



FALHA DE COMPONENTES MECÂNICOS

ITEM	COMPONENTE	FUNÇÕES	FALHAS POSSÍVEIS			ÍNDICES					
			MODO	EFEITO(S)	CAUSA(S)	CONTROLE PREVENÇÃO	CONTROLE DETECÇÃO	Ocorrência	Gravidade	Deteção	RPN
1	Amortecedor MR	Dissipar energia	Vazamento	Redução da capacidade de amortecimento	Deterioração do retentor por poeira acumulada na haste	Limpeza periódica	Homologação dos retentores à abrasividade	3	7	4	84

AMORTECEDOR MR



Fonte: BWI Group

VAZAMENTO



Fonte: ZF Aftermarket

Potenciais de falha:

- Excesso de material acumulado entre retentor e haste (atrito e desgaste);
- Alta temperatura (degradação acelerada).

Consequências:

- Diminuição da capacidade de reduzir as amplitudes de aceleração vertical;
- **Redução do conforto.**

Ações recomendadas:

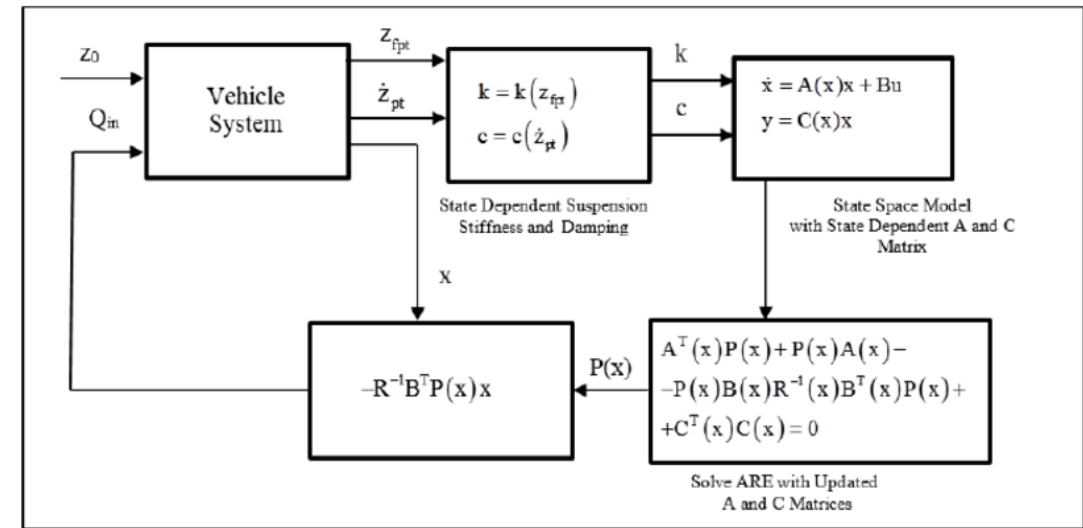
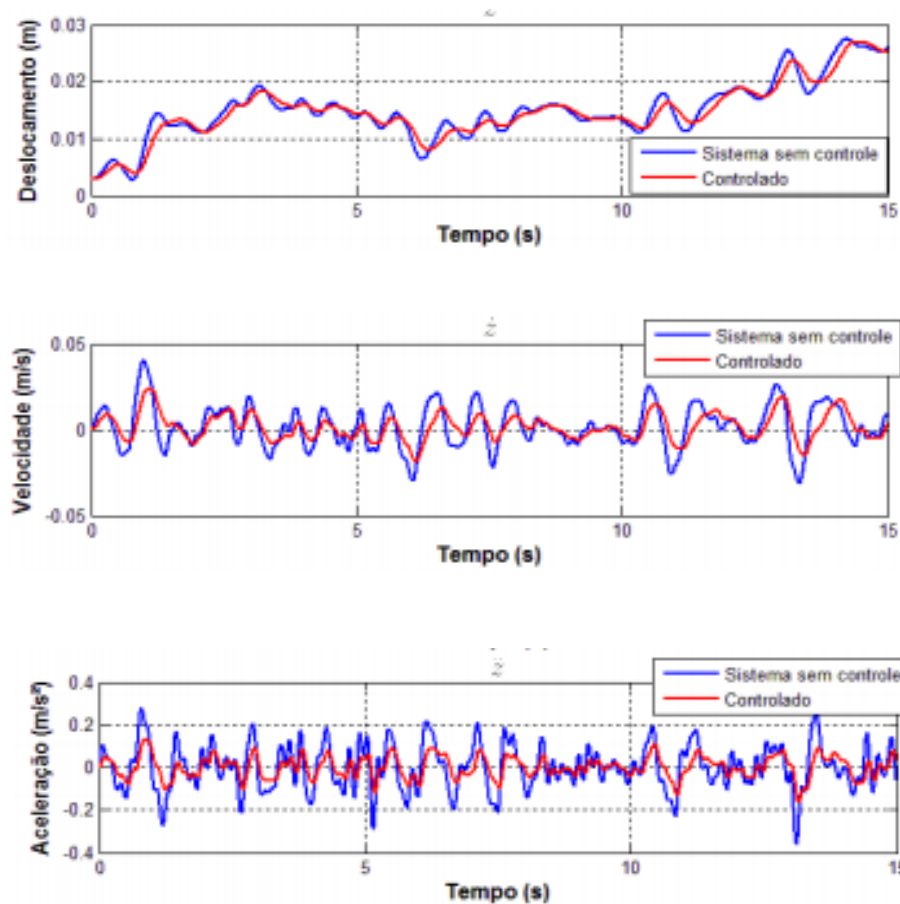
- Seleção de materiais que possuam resistência ou isolamento térmico;
- Elaboração de planos de manutenção.



SCAMPER

- S** **Substituir**
Substituir os amortecedores magneto-reológicos por amortecedores ativos.
- C** **Combinar**
Combinar amortecedores magneto-reológicos a molas pneumáticas.
- A** **Adaptar**
Adaptar amortecedor semi ativo commercial aos veículos já existentes.
- M** **Modificar**
Modificação da central de controle para acrescentar controle de rigidez através de molas pneumáticas.
- P** **Por para outro uso**
Utilizar em furgões que transportam cargas frágeis.
- E** **Eliminar**
Eliminar o conjunto de amortecedores magneto-reológicos dianteiros.
- R** **Reverter**
Ler o percurso para adaptar a suspensão antes do obstáculo.

Fonte: Autores



Fonte: Saglam, F.

Golçalves, M. **CONTROLE SDRE APLICADO EM SUSPENSÃO VEICULAR COM AMORTECEDOR MAGNETO-REOLÓGICO**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2017.

Moretti, E. **MODELAGEM E PROJETO DE UM SISTEMA DE CONTROLE ÓTIMO DA SUSPENSÃO SEMI-ATIVA DE UM AUTOMÓVEL**. Universidade de São Paulo, 2015.



Reduzir em **50%** a amplitude de aceleração vertical média no interior das ambulâncias, em relação aos valores iniciais.

Moretti, E.(2015)
Gonçalves, M. (2017)



CÁLCULO DA FREQUÊNCIA NATURAL

$$f_n = \frac{1}{2 * \pi} * \sqrt{\frac{k}{m}}$$

- ✓ f_n : Frequência natural da massa não suspensa
- ✓ k : Rigidez de mola equivalente
- ✓ m : Massa do veículo no eixo

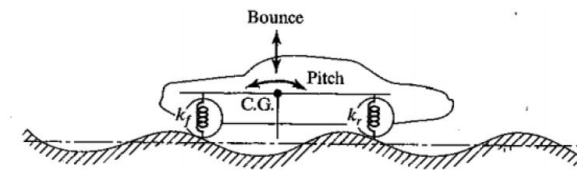
GILLESPIE

Massa suspensa: $1 \text{ Hz} < f_{n_{ms}} < 2 \text{ Hz}$

Massa não suspensa: $10 \text{ Hz} < f_{n_{mns}} < 20 \text{ Hz}$

OLLEY

$$f_n, f = (0,7 \leftrightarrow 0,9) * f_{n,r}$$



OLLEY, M. **Independent Wheel Suspensions-Its Whys and Wherefores**. SAE, 1934

GILLESPIE, T. D. **Fundamentals of Vehicle Dynamics**. SAE, 1992

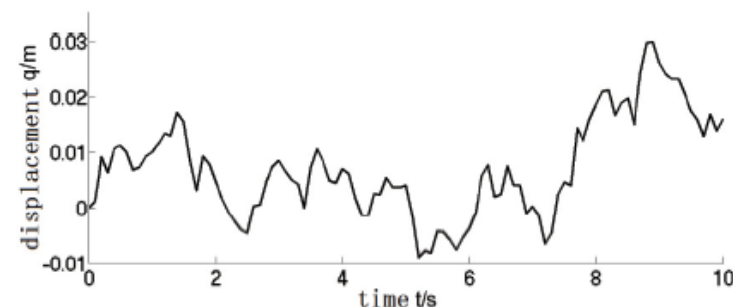


Fonte: Frotas e Cia

Table C.2 — Road classification

Road class	Lower limit	Degree of roughness		Geometric mean
		Geometric mean	Upper limit	
		Spatial frequency units, n		
		$G_d(n_0)^a$		$G_v(n)$
		10 ⁻⁶ m ³		10 ⁻⁶ m
A	—	16	32	6,3
B	32	64	128	25,3
C	128	256	512	101,1
D	512	1 024	2 048	404,3
E	2 048	4 094	8 192	1 617
F	8 192	16 384	32 768	6 468
G	32 768	65 536	131 072	25 873
H	131 072	262 144	—	103 490

Fonte: Norma ISO8608



Fonte: Adaptado de WANG e QIANG, 2017

$$q(t) = \sqrt{k} \int_0^t w(t) dt$$

$$\sqrt{k} = 2\pi n_0 \sqrt{G_q(n_0) v}$$

RAJ, A. et. al. **Modelling and Analysis of Skyhook and Fuzzy Logic Controls in Semi-Active Suspension System**. International Conference on Industrial Instrumentation and Control, 2015.

XIMENES, D. et al. **AVAS: sistema de suspensão pneumático com rigidez ajustável para veículos de resgate**. CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI, 2017

ISO 8606:2016. **Mechanical vibration — Road surface profiles — Reporting of measured data**. 2016.

WANG, J. e QIANG, B. **Road simulation for four-wheel vehicle whole input power spectral density**. AIP CONFERENCE . 2017.



SUSPENSÃO TRASEIRA

$$k_{mola} = \frac{\left(2 + \frac{1}{6}\right) * 210000 * 6 * 100 * 6^3}{6 * 538,59^3}$$

$$k_{mola} = \mathbf{62,91 \text{ N/mm}}$$



$$f_{n,suspensa} = 1,501 \text{ Hz}$$

$$f_{n,n\grave{a}o \text{ suspensa}} = 10,045 \text{ Hz}$$

SUSPENSÃO DIANTEIRA

$$f_{n, \text{massa suspensa (D)}} = 0,9 * 1,501$$

$$f_{n, \text{massa suspensa (D)}} = 1,351 \text{ Hz}$$

$$f_{n, \text{n\grave{a}o suspensa}} = 10,605 \text{ Hz}$$



$$k_{mola} = \mathbf{66,41 \text{ N/mm}}$$



AMBULÂNCIA COMUM

$$k_{mola(T)} = 120 \text{ N/mm}$$

$$f_{n,suspensa(T)} = 1,88 \text{ Hz}$$

$$k_{mola(D)} = 96 \text{ N/mm}$$

$$f_{n,suspensa(D)} = 1,75 \text{ Hz}$$

SMOOTH SAVING

$$k_{mola(T)} = 62,91 \text{ N/mm}$$

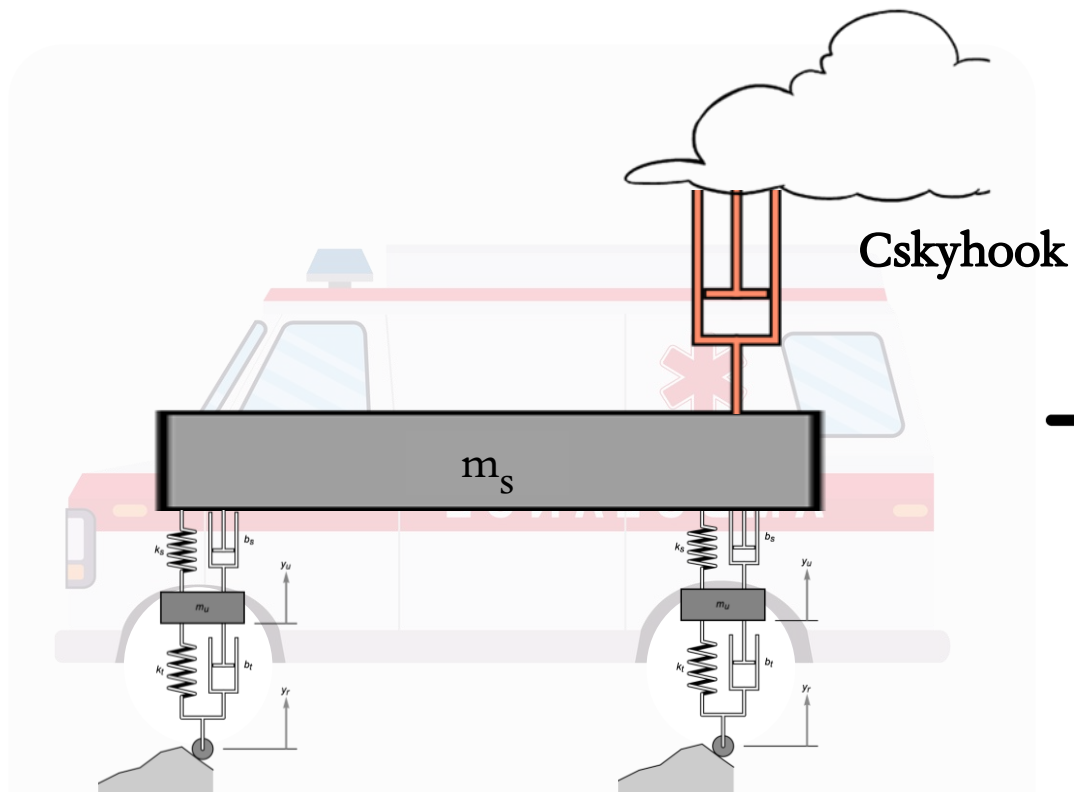
$$f_{n,suspensa(T)} = 1,501 \text{ Hz}$$

 21%

$$k_{mola(D)} = 66,41 \text{ N/mm}$$

$$f_{n,suspensa(D)} = 1,351 \text{ Hz}$$

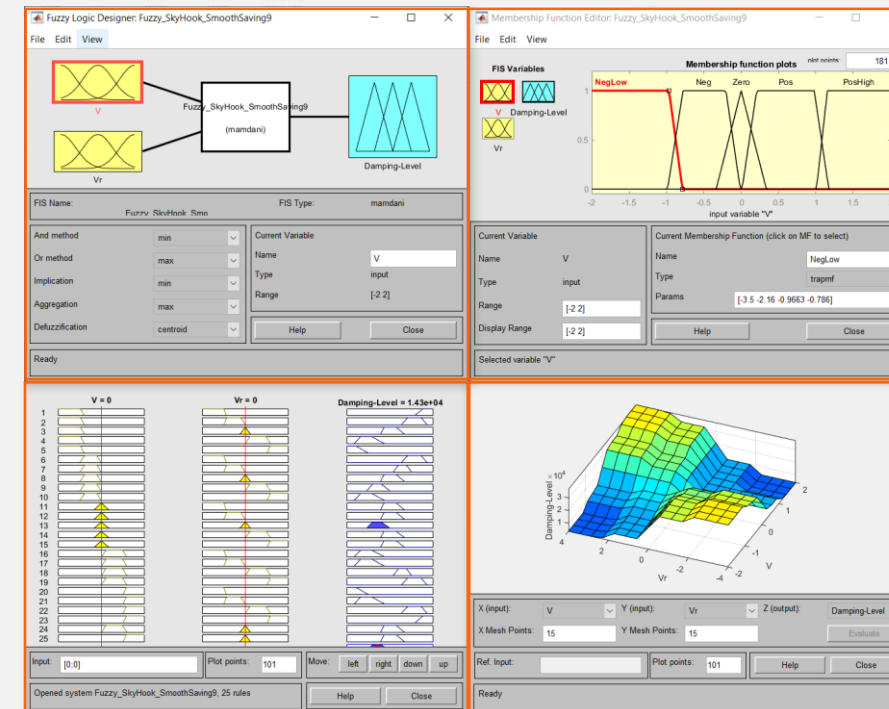
 23%



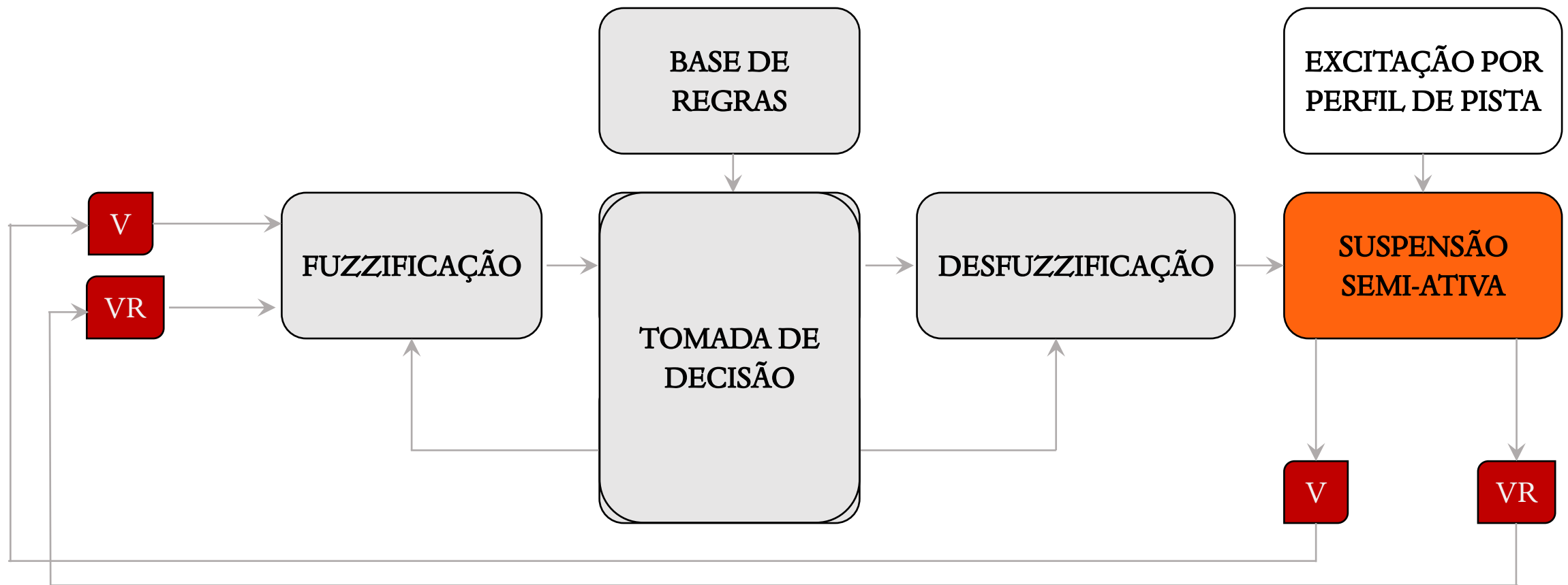
Fonte: Autores



Lógica de gerenciamento Fuzzy



Fonte: Autores

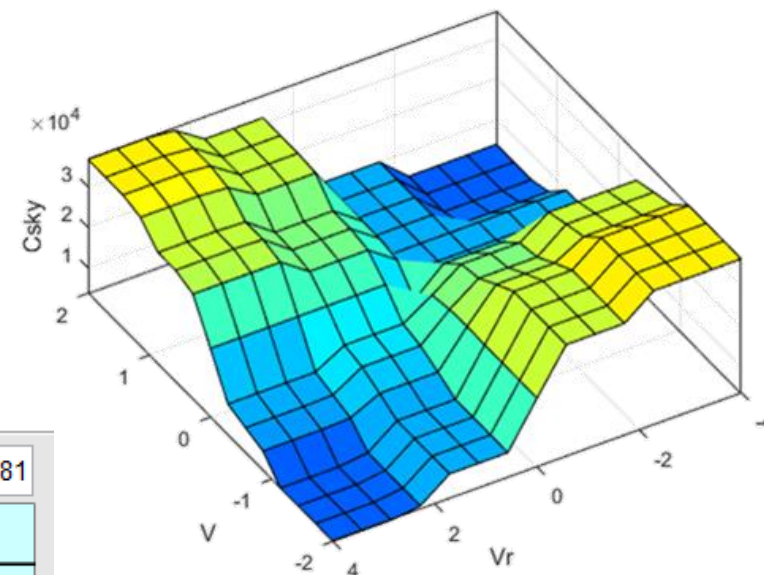




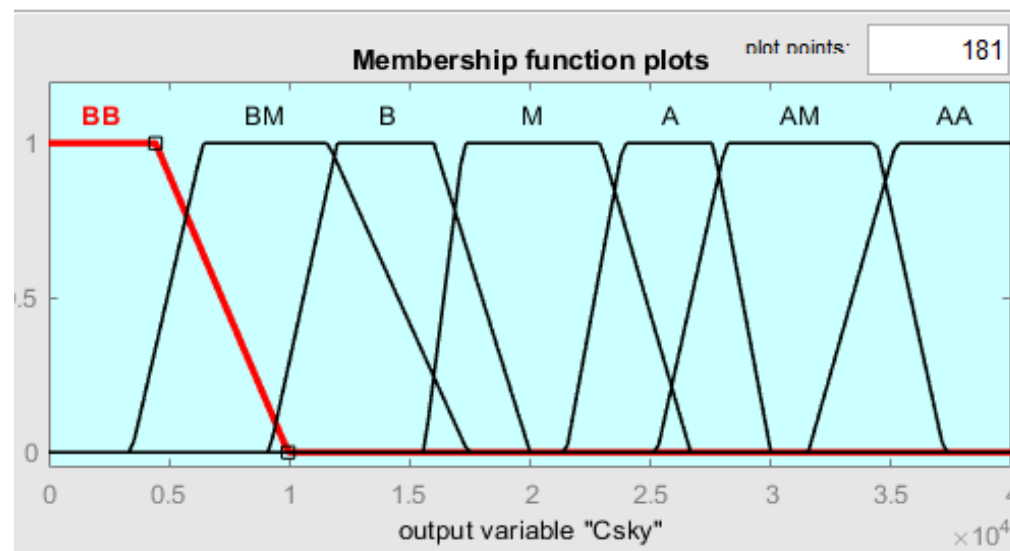
DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Velocidade da massa suspensa						
Velocidade Relativa		NegLow	Neg	Zero	Pos	PosHigh
	NegLow	AA	AM	M	BM	BB
	Neg	AM	A	M	B	BM
	Zero	M	M	B	M	M
	Pos	BM	B	M	A	AM
	PosHigh	BB	BM	M	AM	AA

Fonte: Autores



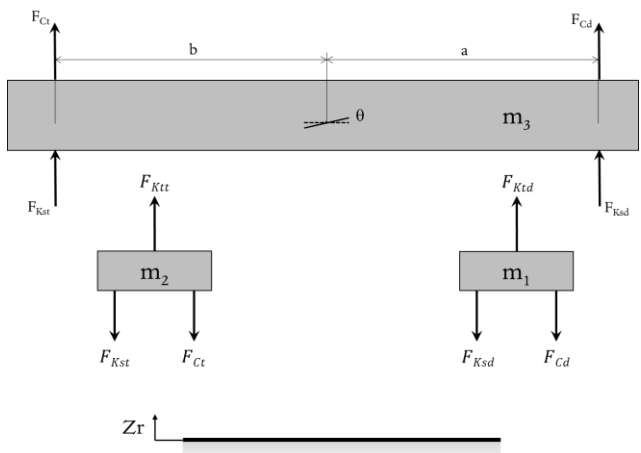
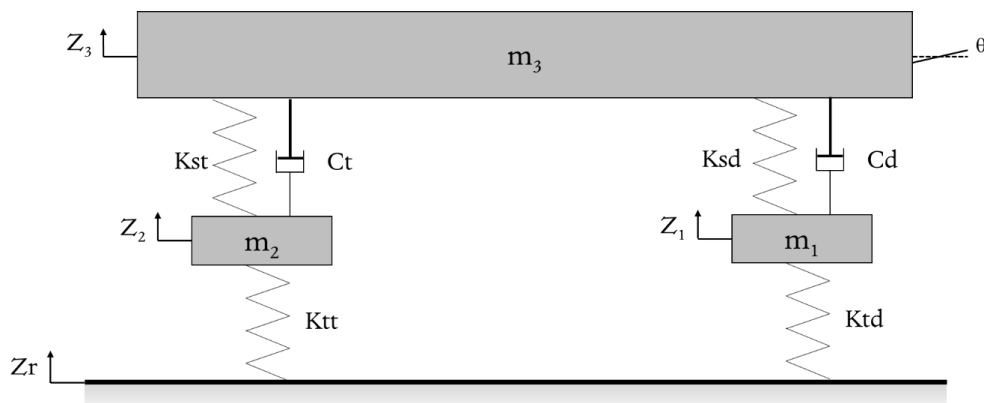
Fonte: Autores



Fonte: Autores



RAJ, A. et. al. **Modelling and Analysis of Skyhook and Fuzzy Logic Controls in Semi-Active Suspension System.** International Conference on Industrial Instrumentation and Control, 2015.



$$\ddot{Z}_3 = \frac{-Kst * (Z_3 - Z_2 - b * \theta) - Ksd * (Z_3 - Z_1 + a * \theta) - Cd * (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_1 + a * \dot{\theta}) - Ct * (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_2 - b * \dot{\theta})}{m_3}$$

$$\dot{Z}_1 = \frac{Cd * (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_1 + a * \dot{\theta}) + Ksd * (Z_3 - Z_1 + a * \theta) - Ktd * (Z_1 - Z_r)}{m_1}$$

$$\ddot{Z}_2 = \frac{Ct * (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_2 - b * \dot{\theta}) + Kst * (Z_3 - Z_2 - b * \theta) - Ktt * (Z_2 - Z_r)}{m_2}$$

$$\ddot{\theta} = \frac{Kst * (Z_3 - Z_2 - b * \theta) - Ksd * (Z_3 - Z_1 + a * \theta) - Cd * (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_1 + a * \dot{\theta}) + Ct * (\dot{Z}_3 - \dot{Z}_2 - b * \dot{\theta})}{I}$$

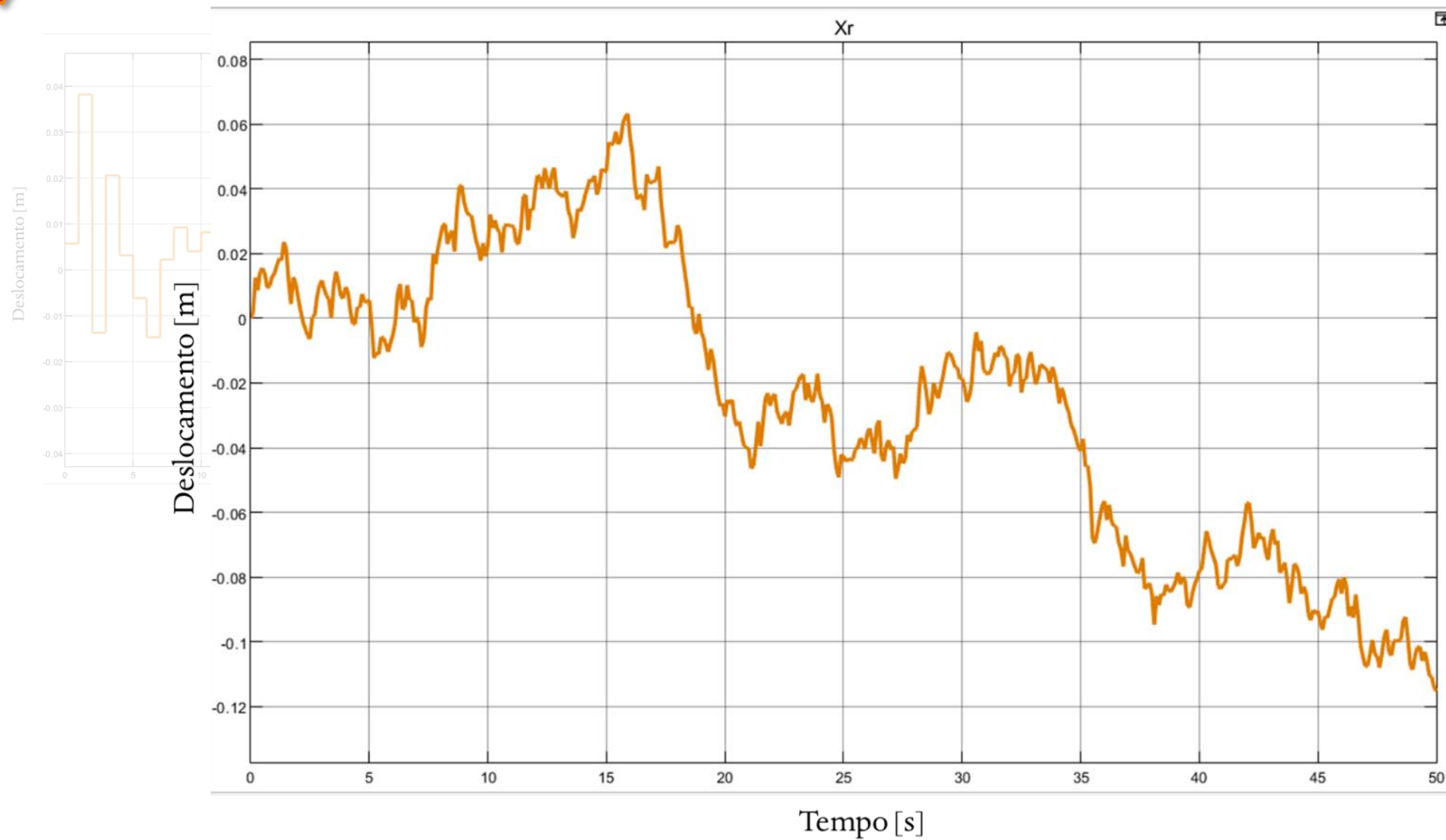


Table C.2 — Road classification

Road class	Degree of roughness			
	Lower limit	Geometric mean	Upper limit	Geometric mean
	Spatial frequency units, n $G_d(n_0)^a$ 10^{-6} m^3			$G_v(n)$ 10^{-6} m
A	—	16	32	6,3
B	32	64	128	25,3
C	128	256	512	101,1
D	512	1 024	2 048	404,3
E	2 048	4 094	8 192	1 617
F	8 192	16 384	32 768	6 468
G	32 768	65 536	131 072	25 873
H	131 072	262 144	—	103 490



DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

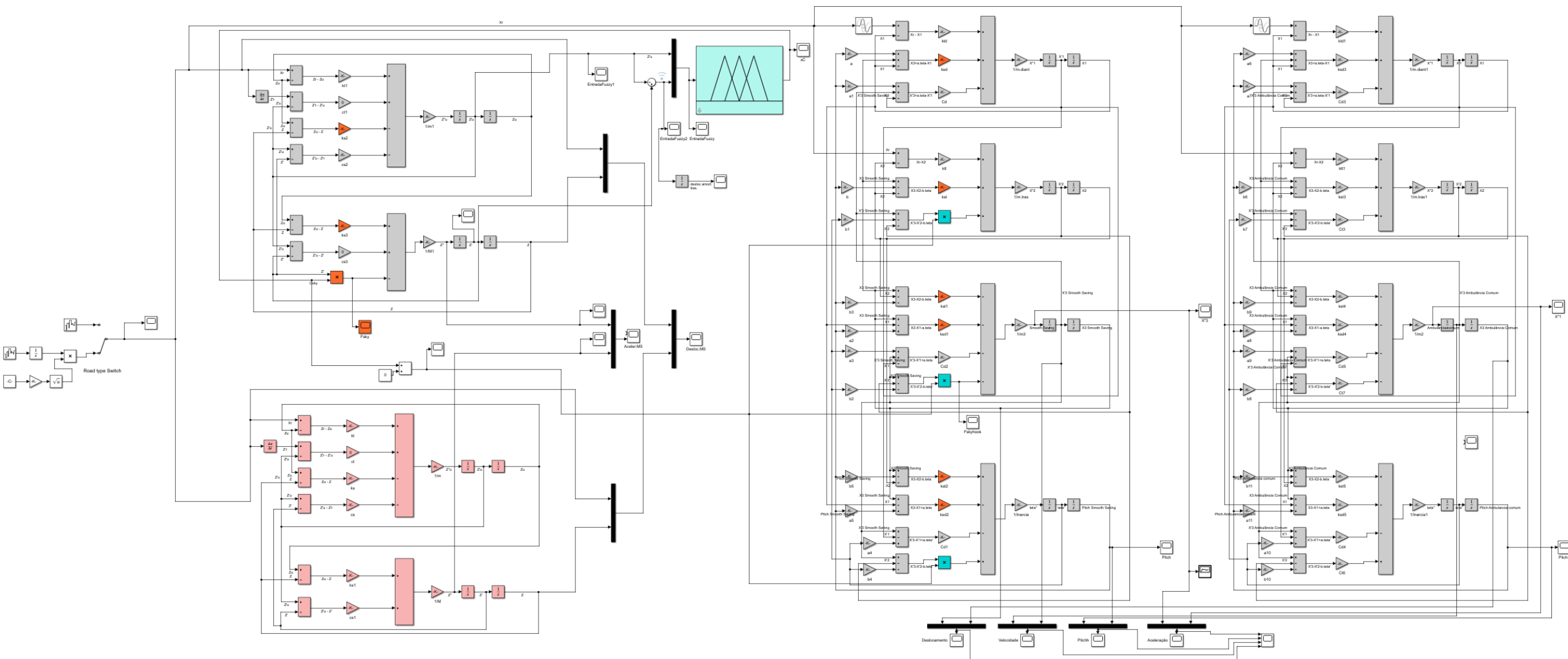


WANG, J. e QIANG, B. Road simulation for four-wheel vehicle whole input power spectral density. AIP CONFERENCE . 2017.

SMOOTH SAVING



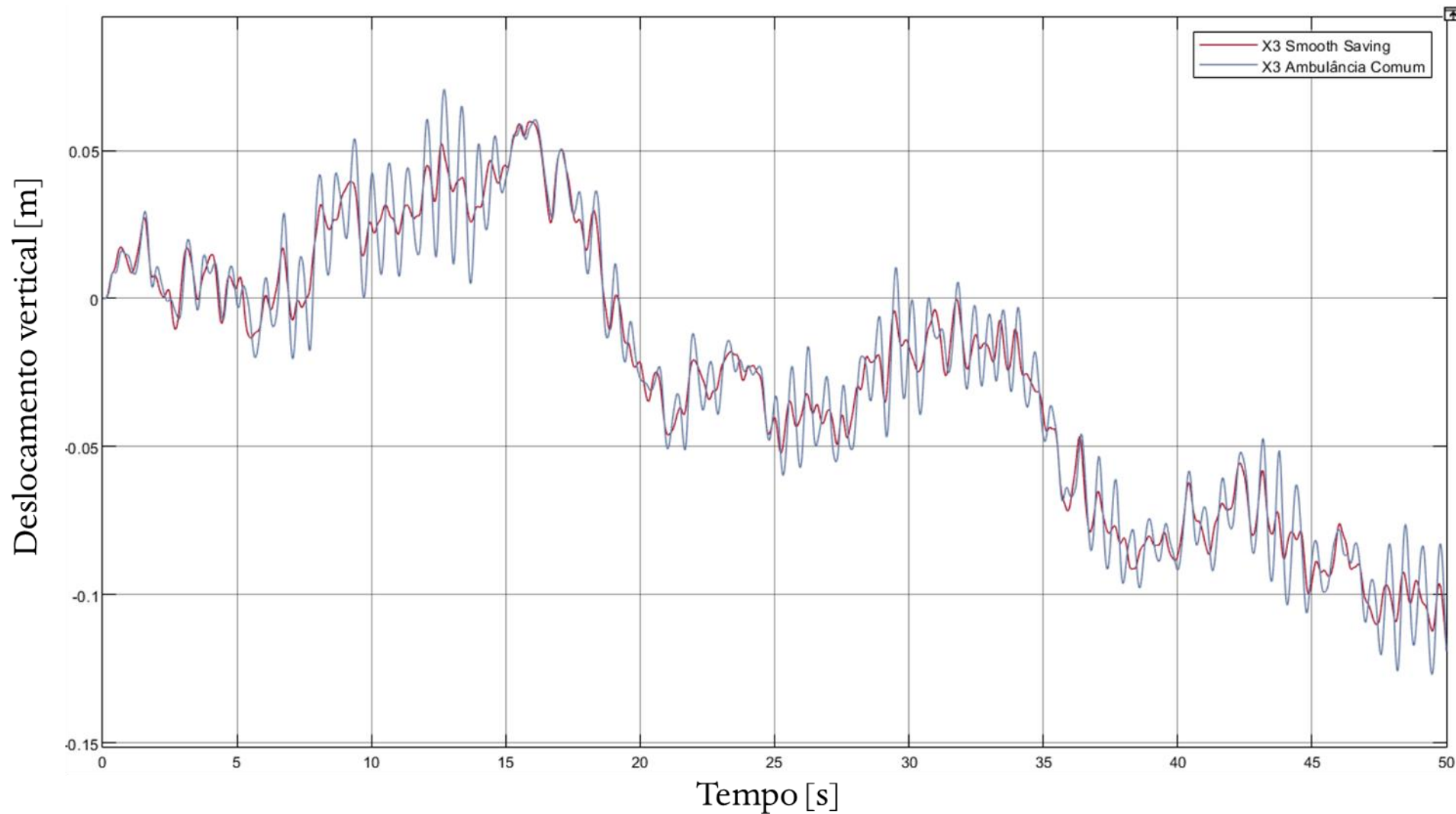
DESENVOLVIMENTO DO PROJETO



Fonte: Autores



DESENVOLVIMENTO DO PROJETO



Trace Selection		
X3 Ambulância Comum		

Signal Statistics		
	Value	Time
Max	7.064e-02	12.710
Min	-1.271e-01	49.460
Peak to Peak	1.977e-01	
Mean	-2.445e-02	
Median	-2.108e-02	

RMS 5.211e-02

Trace Selection		
X3 Smooth Saving		

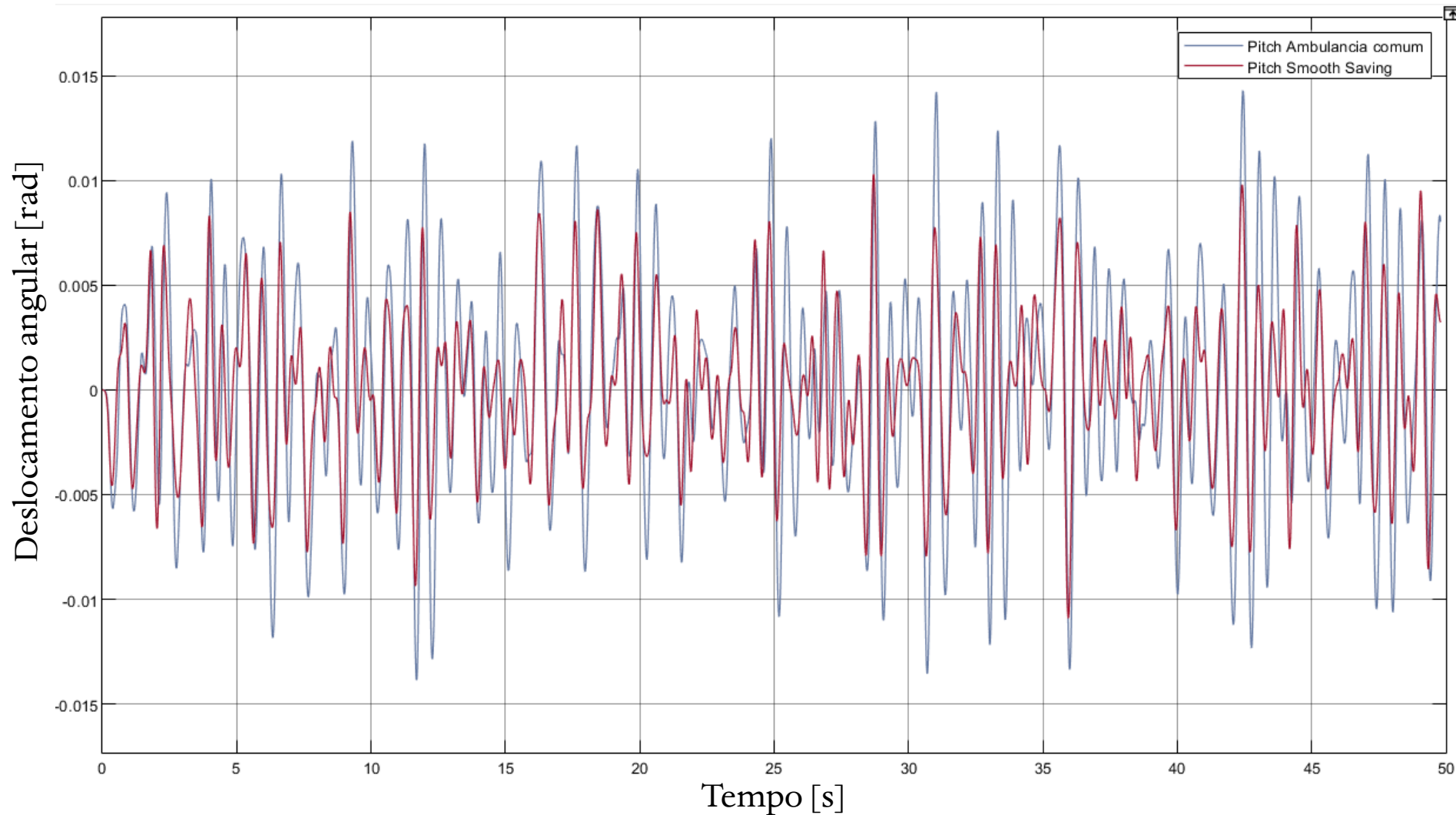
Signal Statistics		
	Value	Time
Max	5.977e-02	15.890
Min	-1.178e-01	50.000
Peak to Peak	1.776e-01	
Mean	-2.462e-02	

RMS 5.150e-02

↓ 2%

Fonte: Autores

SMOOTH SAVING



Trace Selection		
Pitch Ambulancia comum		

Signal Statistics		
	Value	Time
Max	1.430e-02	42.450
Min	-1.386e-02	11.700
Peak to Peak	2.816e-02	
Mean	1.950e-04	

RMS 5.290e-03

Trace Selection		
Pitch Smooth Saving		

Signal Statistics		
	Value	Time
Max	1.031e-02	28.700
Min	-1.090e-02	35.950
Peak to Peak	2.121e-02	
Mean	1.447e-04	

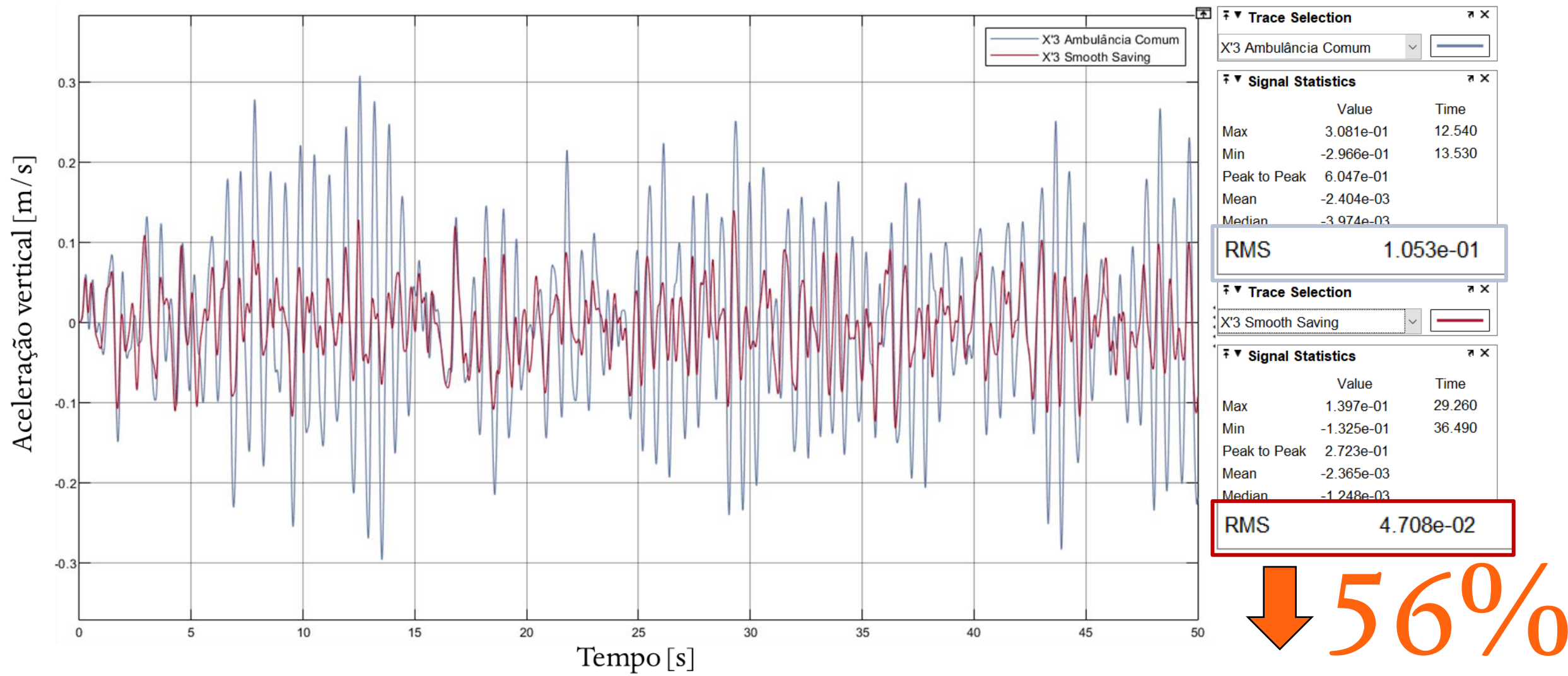
RMS 3.566e-03

↓ 33%

Fonte: Autores



DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

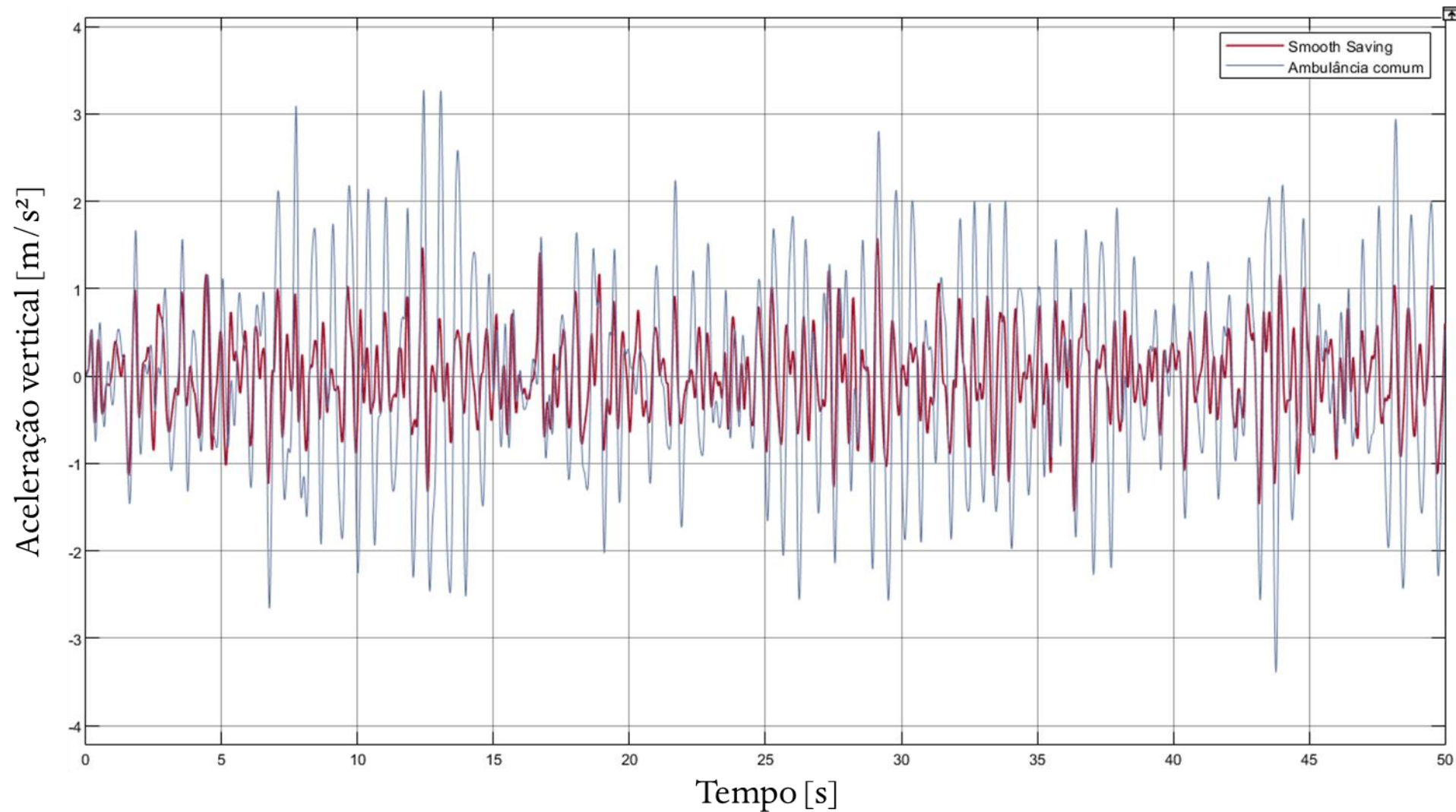


Fonte: Autores

SMOOTH SAVING



DESENVOLVIMENTO DO PROJETO



Trace Selection		
Ambulância comum		

Signal Statistics		
	Value	Time
Max	3.276e+00	12.430
Min	-3.390e+00	43.780
Peak to Peak	6.666e+00	
Mean	-4.328e-03	

RMS 1.076e+00

Trace Selection		
Smooth Saving		

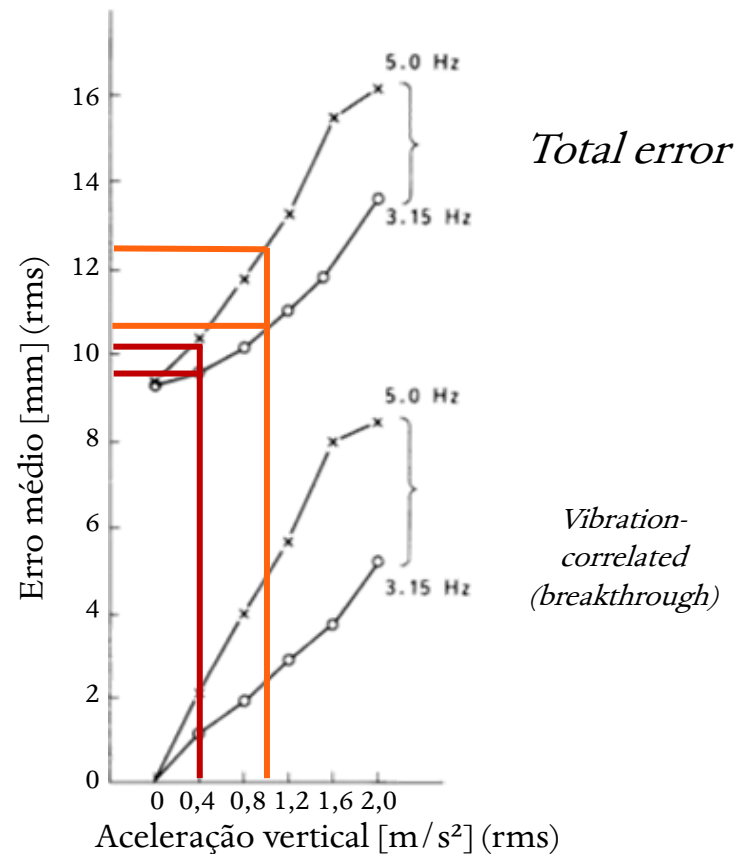
Signal Statistics		
	Value	Time
Max	1.579e+00	29.120
Min	-1.549e+00	36.360
Peak to Peak	3.127e+00	
Mean	-1.796e-03	

RMS 4.844e-01

↓ 55%

Fonte: Autores

SMOOTH SAVING

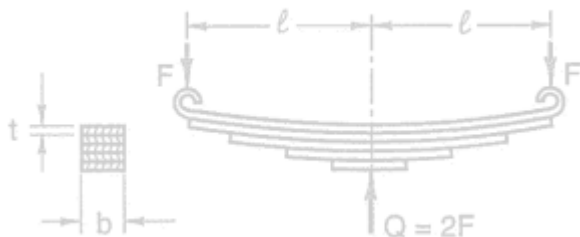


↓ $\approx 20\%$

Fonte: "Adaptado de" Handbook of human vibration, Griffin, 1996



FEIXE DE MOLAS TRASEIRO

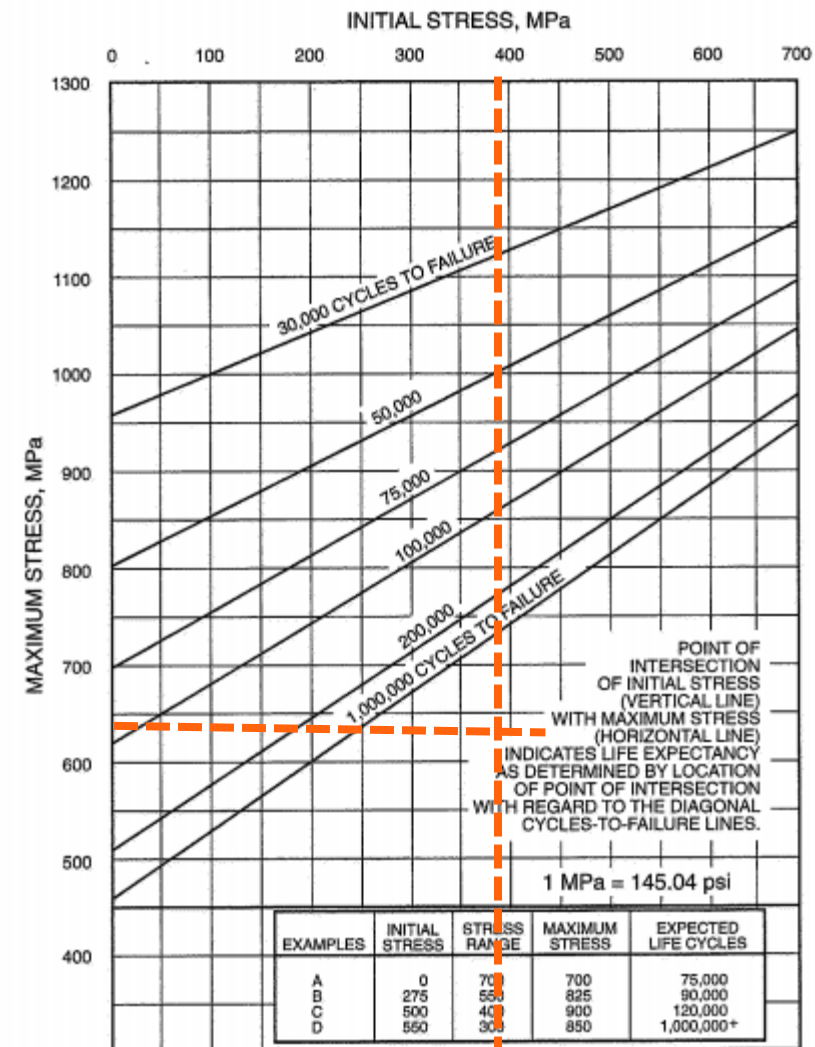


Dados do Feixe de Molas	
E (MPa)	210000
w (mm)	100
h (mm)	6
l (mm)	538,59
n	6
n'	1
Dados das massas	
Suspensa (T) (kg)	538
Suspensa (D) (kg)	692
Não suspensa (D) (kg)	60
Não suspensa (T) (kg)	66
Dados do Pneu	
k pneu (N/mm)	200

$$\sigma_{s,m\acute{a}x} = \delta_{m\acute{a}x} * \frac{\left(2 + \frac{n'}{n}\right) * E * t}{2 * l^2}$$

$$\sigma_{s,m\acute{a}x} = 658,79 \text{ MPa}$$

$$CS = \frac{\sigma_e}{\sigma_{s,m\acute{a}x}} = \frac{1330}{658,79} = 2,02$$



MILLIKEN, W. F.; MILLIKEN, D. L. **Race car vehicles Dynamics**, Warrendale: SAE International, 1995.



MOLAS HELICOIDAIS DIANTEIRAS

Dados de Projeto	
D interno (mm)	130,000
d (mm)	20,00
D externo (mm)	170,000
D (mm)	150,000
C	7,500
Ks	1,067
Ka	1,197
δ máx (mm)	160,000
G aço (MPa)	78400,0
Altura livre	410,0
k mola (N/mm)	66,413

Dados do material	
τ escoamento (MPa)	770
σ resistência (MPa)	1700
σ escoamento (MPa)	1330
C tam	0,898
τ resistência (MPa)	1360
Sn (MPa)	390

$$k_{mola} = \frac{G * d}{8 * N_a * C^3} = 66,41 \text{ N/mm}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{8 * F_{m\acute{a}x} * C * K_s}{\pi * d^2} = 541,2 \text{ MPa}$$

$$CS = \frac{\tau_{escoamento}}{\tau_{m\acute{a}x}} = 1,42$$

$$\tau_m = \frac{8 * F_m * C * K_s}{\pi * d^2} = 443,46 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = \frac{8 * F_a * C * K_a}{\pi * d^2} = 107,70 \text{ MPa}$$

$$S_{n,real} = S_n * C_{tam}$$

$$\frac{\tau_a}{S_{n,real}} + \frac{\tau_m}{\tau_e} = \frac{1}{n_s}$$

$$\frac{\tau_a}{S_{n,real}} + \frac{\tau_m}{\tau_r} = \frac{1}{n_G}$$

$$n_s = 1,125$$

$$n_G = 1,565$$

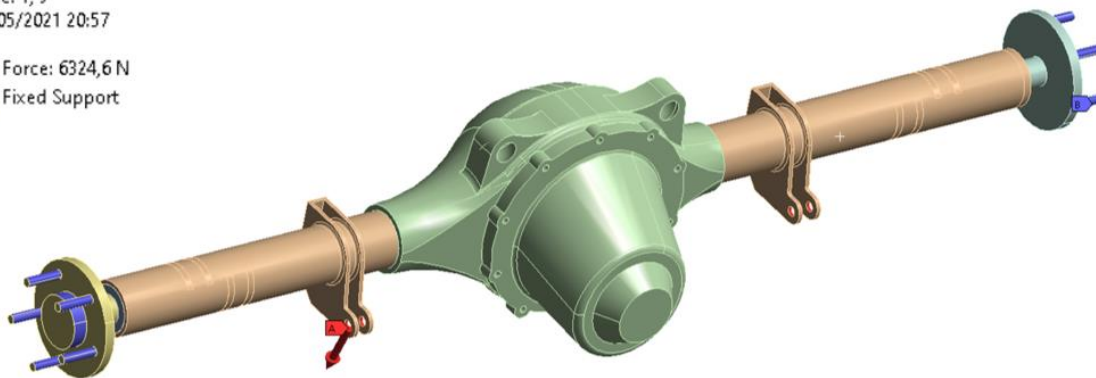


EIXO TRASEIRO

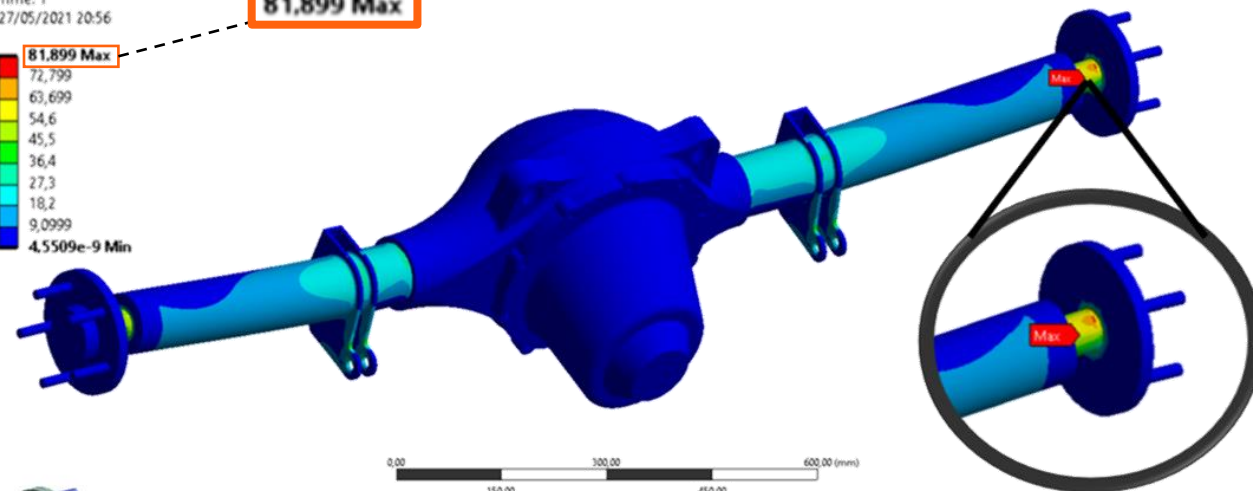
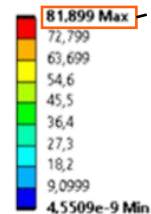
- ✓ Material: Aço ABNT 1020
- ✓ Limite de escoamento: 320 MPA
- ✓ Máxima força atuante: 6000 N

D: Static Structural
Static Structural
Time: 1, s
27/05/2021 20:57

A Force: 6324,6 N
B Fixed Support



Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
27/05/2021 20:56

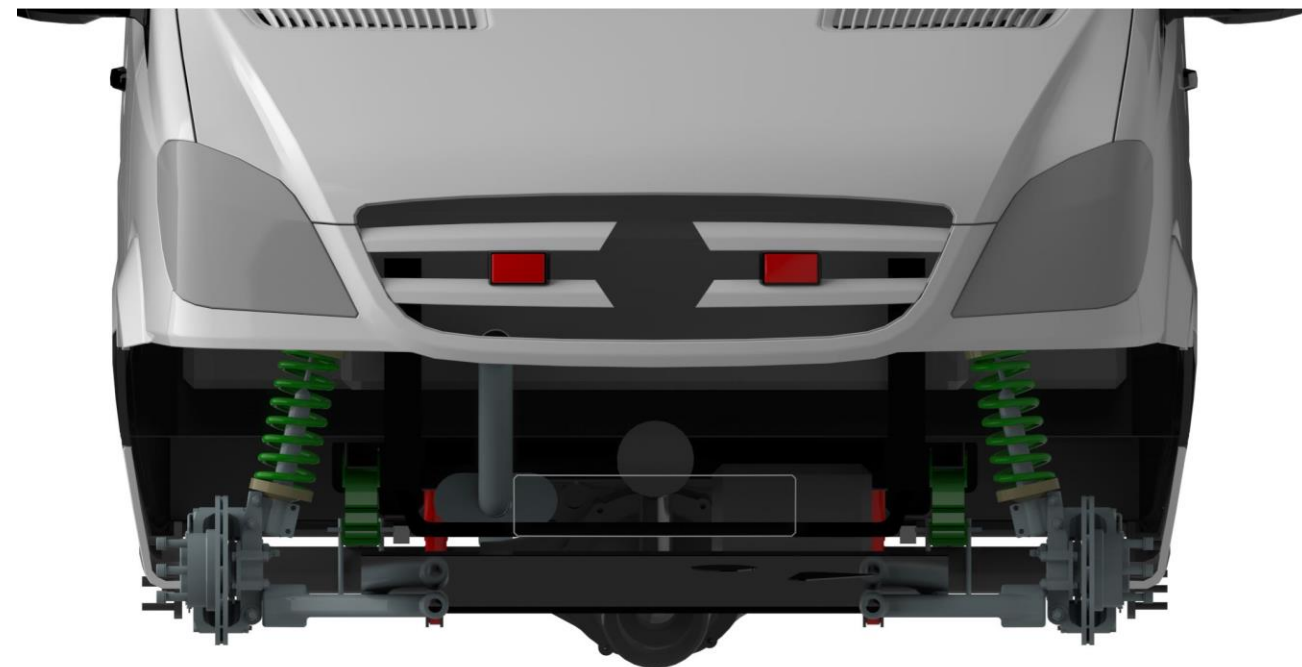
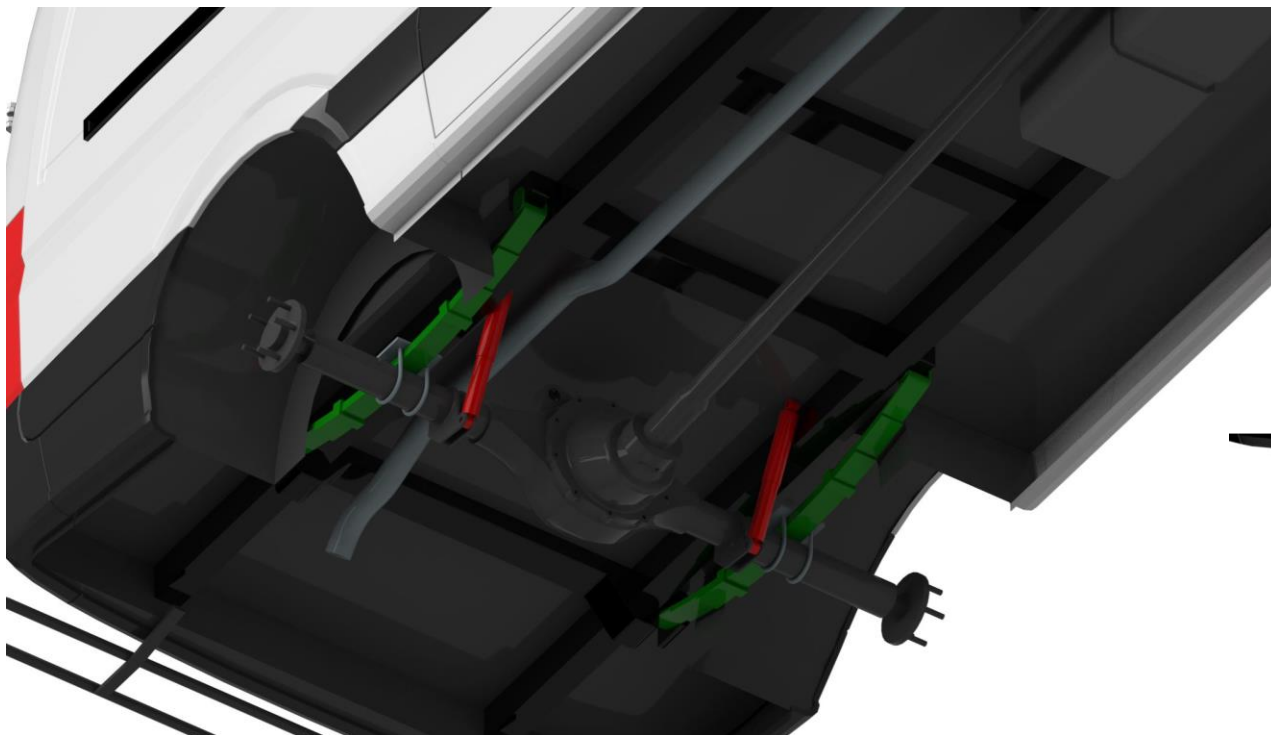


$$CS = \frac{\sigma_{LE}}{\sigma_{MAX}} = \frac{320}{81,89} = 3,91$$



Fonte: Autores

SMOOTH SAVING

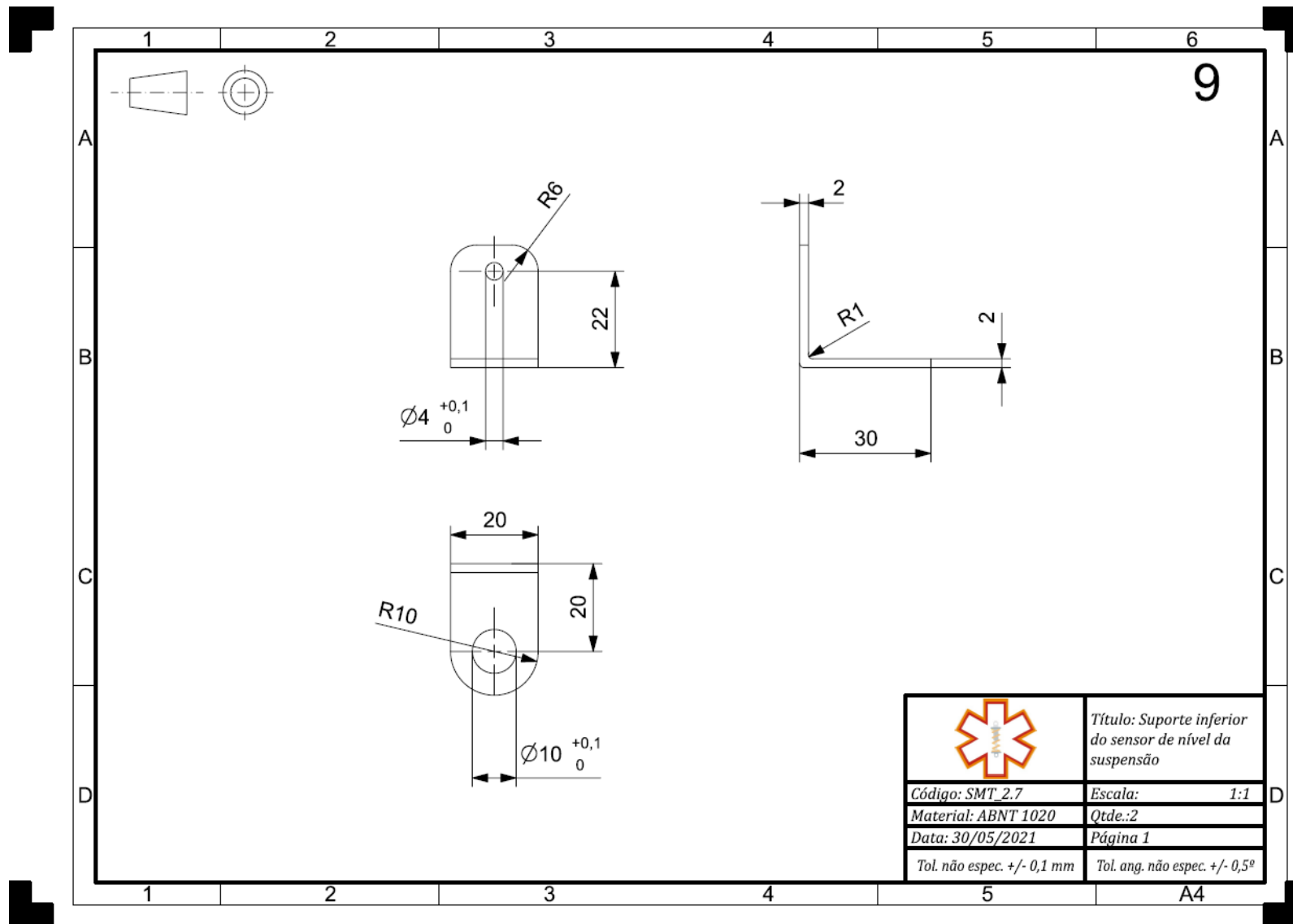


Fonte: Autores

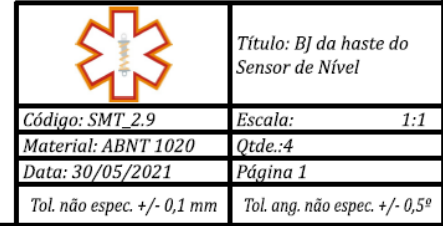
SMOOTH SAVING

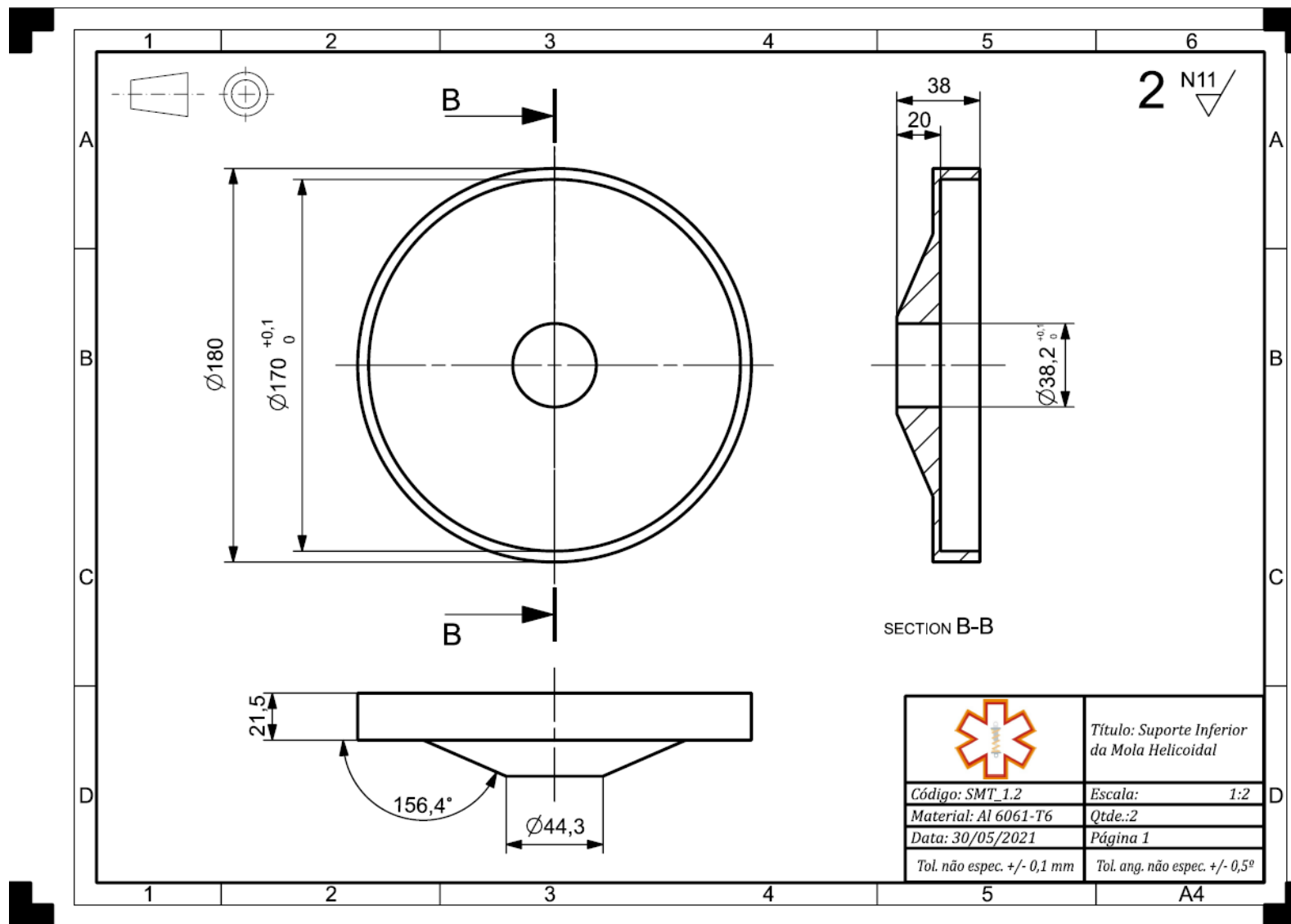


Fonte: Autores



Fonte: Autores





Fonte: Autores

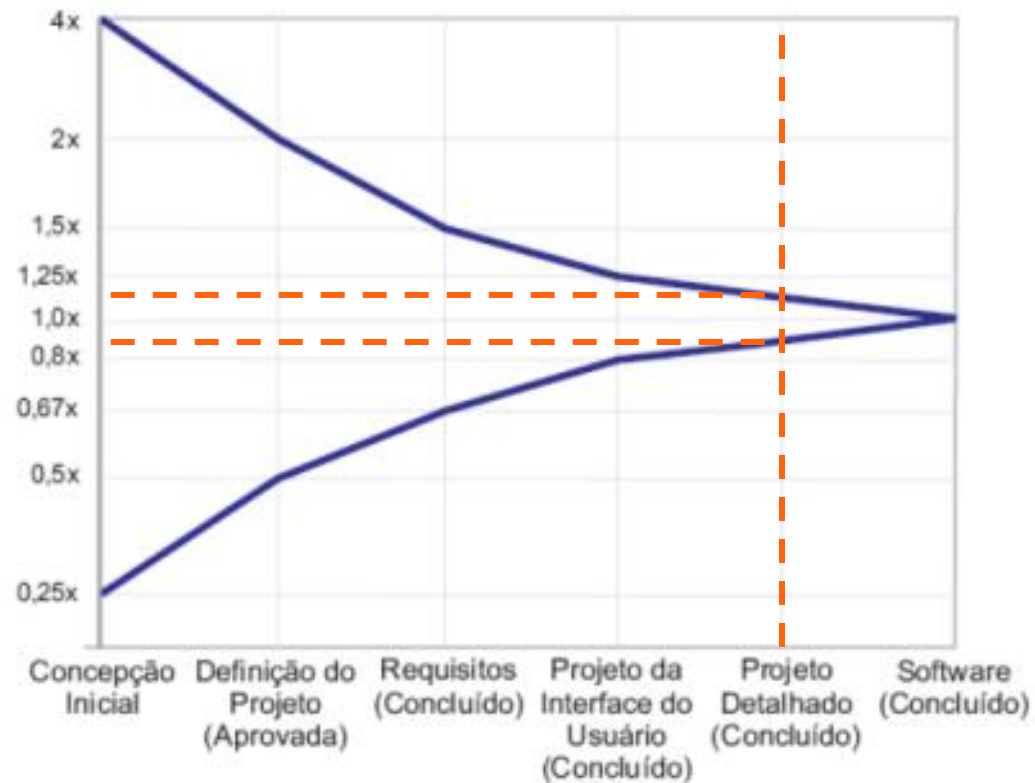


CUSTOS DO PRODUTO

COMPONENTES			
Item	Quantidade (unidade)	Custo (unitário)	Custo (Total)
Amortecedor magneto relógico	2	R\$ 1.402,50	R\$ 2.805,00
ECU programável veicular	1	R\$ 1.690,00	R\$ 1.690,00
Feixe molas dimensionada	2	R\$ 580,00	R\$ 1.160,00
Molas Helicoidais	2	R\$ 485,00	R\$ 970,00
Sensor de altura para suspensão	4	R\$ 232,00	R\$ 928,00
Acelerômetro	2	R\$ 1.699,00	R\$ 3.398,00
Driver de Potência pwm	2	R\$ 58,00	R\$ 116,00
Chicote elétrico veicular	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Conectores para o chicote	12	R\$ 2,50	R\$ 30,00
Parafuso Allen M12 x 80,0 mm	10	R\$ 4,54	R\$ 45,40
Arruela M12	20	R\$ 0,12	R\$ 2,40
Porca M12	20	R\$ 0,57	R\$ 11,40
Investimento total			R\$ 11.456,20

CUSTO DE DESENVOLVIMENTO			
Item	Quantidade (horas)	Custo (unitário)	Investimento
Desenvolvimento do Produto	700	R\$ 180,00	R\$ 126.000,00
Testes de Performance	200	R\$ 300,00	R\$ 60.000,00
Testes de Durabilidade	400	R\$ 250,00	R\$ 100.000,00
NVH	200	R\$ 300,00	R\$ 60.000,00
Testes em Veículo	200	R\$ 600,00	R\$ 120.000,00
Investimento total			R\$ 466.000,00

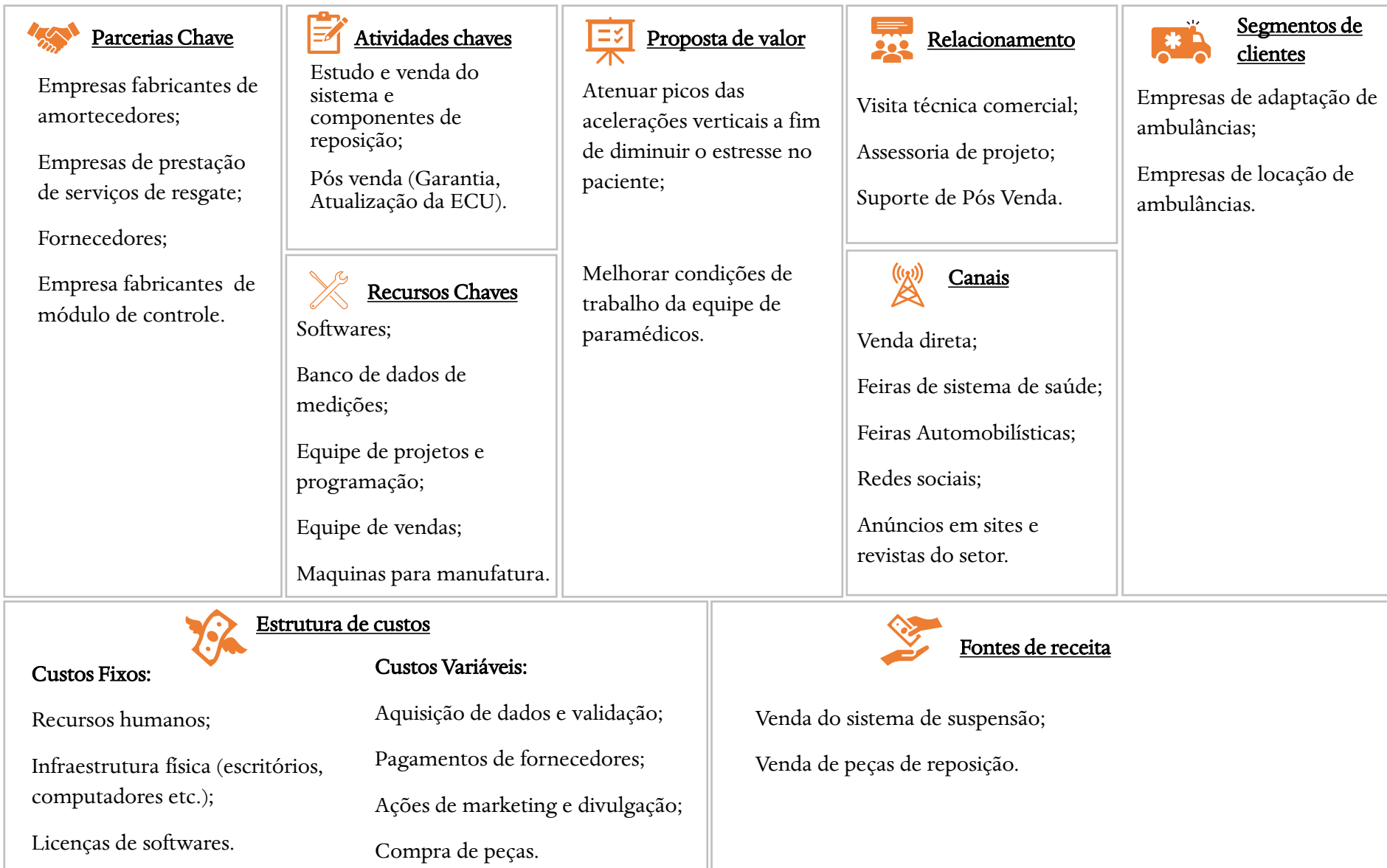
R\$ 11.456,20



Variação	Custo do produto	
0,90x	R\$	10.310,58
1,00x	R\$	11.456,20
1,125x	R\$	12.888,23



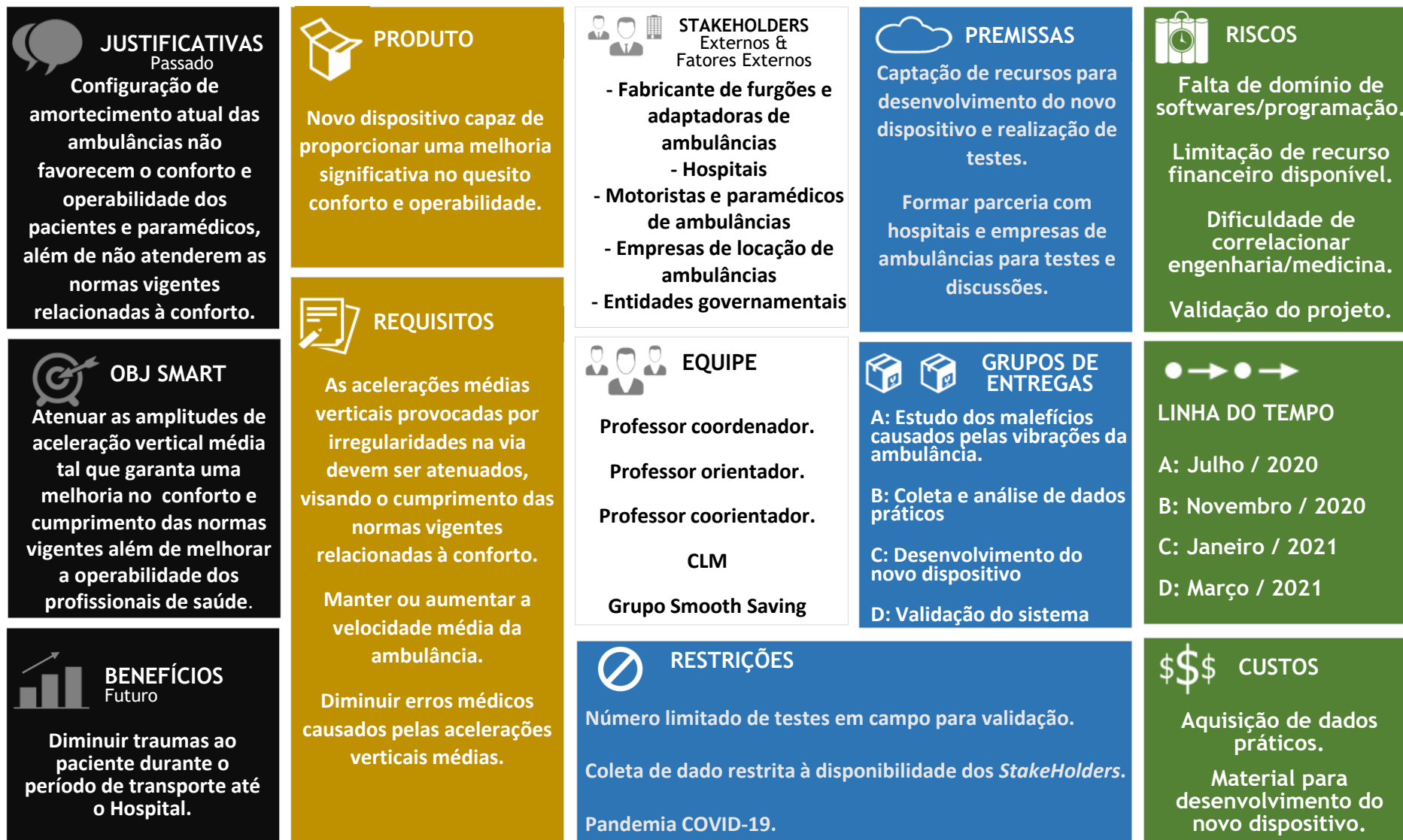
BUSSINESS MODEL CANVAS



Fonte: Autores



CANVAS DE PROJETO



Fonte: Autores



<https://smoothsaving2021.wixsite.com/smooth-saving>

Fonte: Autores



COTNOIR, P. D. **Ambulance Vibration Suppression via Force Field Domain Control**. 20 Abr. 2020. Worcester Polytechnic Institute

RAEMAEEKERS, A. **Active vibration isolator design for ambulance patients**. 2009 Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Holland.

CUNNINGHAM, P.; RUTLEDGE, R.; BAKER, C.C. and CLANCY, T.V. **A Comparison of the association of helicopter and ground ambulance transport with the outcome of injury in trauma patients transported from the scene**. Journal of Trauma. 1997

GILLESPIE, T. D. **Fundamentals of Vehicle Dynamics**. 3rd edition, Warrendale, SAE Inc

SILVA, L. M. N. e; MALVEZZI, P. **Análise dos movimentos e graus de liberdade requeridos para um sistema atenuador de vibrações em macas de ambulância**. Instituto Mauá de Tecnologia.

NICHOLL, J. et. al. **A Review of the costs and benefits of helicopter emergency ambulance services in England and Wales**. University of Sheffield, 2003.

ALMEIDA, P. et. al. **Análise dos atendimentos do SAMU 192: Componente móvel de atenção às urgências e emergências**. Universidade Estadual Paulista, 2016



DELGADO, M. et. al. **Cost-Effectiveness of Helicopter Versus Ground Emergency Medical Services for Trauma Scene Transport in the United States.** Annals of Emergency Medicine, 2013

MICHAELS, D. et. al. **Helicopter versus ground ambulance: review of national database for outcomes in survival in transferred trauma patients in the USA.** Trauma Surgery & Acute Care Open, 2018.

KENNEDY, J et. al. **Impact of road humps on vehicles and their occupants.** TRL Report, 2004.

MICHAELS, D. et. al. **Helicopter versus ground ambulance: review of national database for outcomes in survival in transferred trauma patients in the USA.** Trauma Surgery & Acute Care Open, 2018.

GRANLUND, J. **Whole-body vibration when riding on rough roads.** Vagverket, 2000.

DIAZ, M. et. al. **When Is the Helicopter Faster? A Comparison of Helicopter and Ground Ambulance Transport Times.** The Journal of trauma, 2005.

OLIVEIRA, F. et. al. **Prevalência dos atendimentos realizados pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU/GV) nos anos 2009-2013.** Universidade Vale do Rio Doce, 2014.

SECRETARIA DA SAÚDE. **Protocolo operacional padrão SAMU 192.**



SAIFUL, M. et. al. **Ride comfort evaluations on electric vehicle conversion and improvement using Magnetorheological semi active suspension system** . Universiti Teknologi Malaysia, 2011.

CRIVELLARO, C. **Controle robusto de suspensão semi-ativa para caminhonetes utilizando amortecedores magneto-reológicos**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

TANAKA, M. **Controle inteligente de vibrações utilizando amortecedor magneto reológico**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

TORRES, T. **Controle preditivo aplicado a um modelo não linear de suspensão automotiva semiativa com amortecedor magneto-reológico**. Universidade Federal da Bahia, 2016.

IEZZO, R. **Desenvolvimento de um Sistema de suspensão com amortecimento semi-ativo “Slow-active” com custo competitivo**. Universidade Estadual de Campinas, 2010.

GRIMSTAD, M. et al. **Design of MIMO Control Systems for Semi-Active Dampers combined with Active Anti-roll Bars**. Chalmers University of Technology, 2018.

MORETTI, E. et al. **MODELAGEM E PROJETO DE UM SISTEMA DE CONTROLE ÓTIMO DA SUSPENSÃO SEMI-ATIVA DE UM AUTOMÓVEL**. 2016.

SHIRAHATT, A. et al. **Optimal Design of Passenger Car Suspension for Ride and Road Holding**. 2008



- SOLIMAN, A. et al. **Semi-active suspension systems from research to mass-market – A review** . Journal of Low Frequency, Noise, Vibration and active control, 2019.
- YAO, J. **The dynamics analysis of a ferrofluid shock absorber**. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2016.
- CORBRIDGE, C. et al. **Vibration and comfort: vertical and lateral motion in the range 0.5 to 5.0 Hz**. North Carolina State University, 2007.
- SAVARESI, S. et al. **SEMI-ACTIVE SUSPENSIONS: AN OPTIMAL CONTROL STRATEGY FOR A QUARTER-CAR MODEL**. IFAC Advances in Automotive Control , 2004.
- MOURA, E. **Estudo de suspensões passiva, semitativa MR e ativa**. Universidade Estadual de Itajubá, 2003.
- GONÇALVES, M. **CONTROLE SDRE APLICADO EM SUSPENSÃO VEICULAR COM AMORTECEDOR MAGNETO-REOLÓGICO**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2017.
- ANFLOR, C. et al. **Estudo da transmissibilidade da vibração no corpo humano na direção vertical e desenvolvimento de um modelo biodinâmico de quatro graus de liberdade**. 1998.
- BOURMISTROVA, A. et al. **Multiobjective optimization of active and semi-active suspension system with application of evolutionary algorithm**. 2005



RAJ, A. et. al. **Modelling and Analysis of Skyhook and Fuzzy Logic Controls in Semi-Active Suspension System.** International Conference on Industrial Instrumentation and Control, 2015.

XIMENES, D. et al. **AVAS: sistema de suspensão pneumático com rigidez ajustável para veículos de resgate.** CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI, 2017

ISO 8606:2016. **Mechanical vibration — Road surface profiles — Reporting of measured data.** 2016.

WANG, J. e QIANG, B. **Road simulation for four-wheel vehicle whole input power spectral density.** AIP CONFERENCE . 2017.

MORLIN, F. **Análise da dinâmica vertical de um veículo fora de estrada.** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. 2017.

VASSAL, C. et al. **OPTIMAL SKYHOOK CONTROL FOR SEMI-ACTIVE SUSPENSIONS.** Laboratoire d'Automatique de Grenoble. 2006.

DHARANKAR, C. et al. **Numerical generation of road profile through spectral description for simulation of vehicle suspension.** The Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2016

PATEL, C. et al. **MODELLING AND VIBRATION ANALYSIS OF A ROAD PROFILE MEASURING SYSTEM.** Department of Mechanical Engineering Charotar Institute of Technology, 2010



SMOOTH SAVING