

**Nº176367**

**Aprimoramento de uma bancada de teste acelerado de durabilidade para máquinas agrícolas**

**Rynaldo Zanotele Hemerly de Almeida**

**Luiz Eduardo Lopes**

**João Carlos Savio Cordeiro**

**José Gabriel Vicente**

**Sergio Francisco Dela Antonio**

**Claudio Massumi Oda Nishimura**

*Palestra apresentada no Congresso SAE do Brasil, 2019.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.



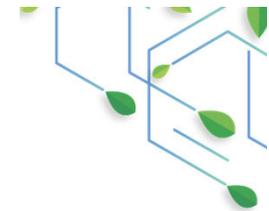
Congresso **2019**  
**SAE DDASIL**  
**SAE BRASIL**

VEÍCULOS E VIAS INTELIGENTES -  
O CAMINHO PARA A MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

HOST



**SCANIA**



## Aprimoramento de uma bancada de teste acelerado de durabilidade para máquinas agrícolas

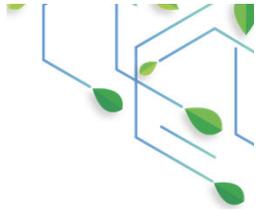


Rynaldo Z. H. de Almeida  
Luiz Eduardo Lopes\*  
João Carlos S. Cordeiro  
José Gabriel Vicente  
Sérgio F. Dela Antonio  
Cláudio Oda Nishimura

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
LEME – Laboratório de Equipamentos Mecânicos e Estruturas ([leme@ipt.br](mailto:leme@ipt.br))

\* POLI-USP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo





# Introdução

## Motivação

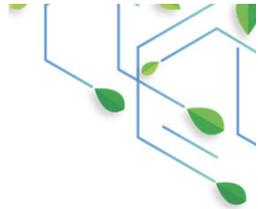
Aumentar a disponibilidade das máquinas em campo

- Área plantada em SP: 23% da área total do estado
- Safra (6 meses): 3000 a 4000 horas de operação das máquinas

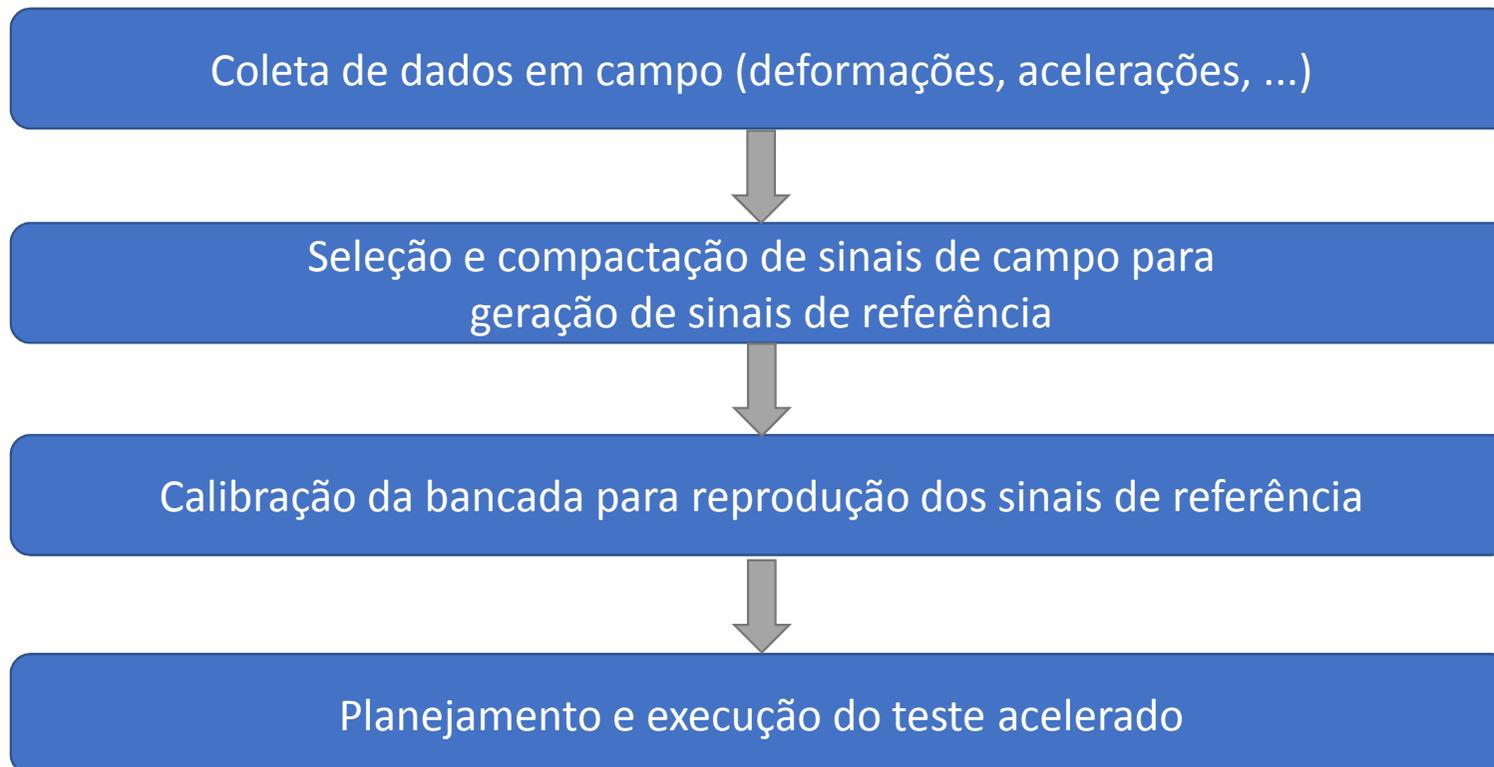
## Necessidade de teste de durabilidade

Ferramentas de projeto possuem limitações para predição de vida em fadiga, principalmente quanto a efeitos de processos de fabricação.



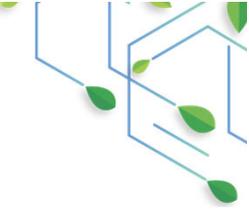


# Etapas do teste acelerado de durabilidade

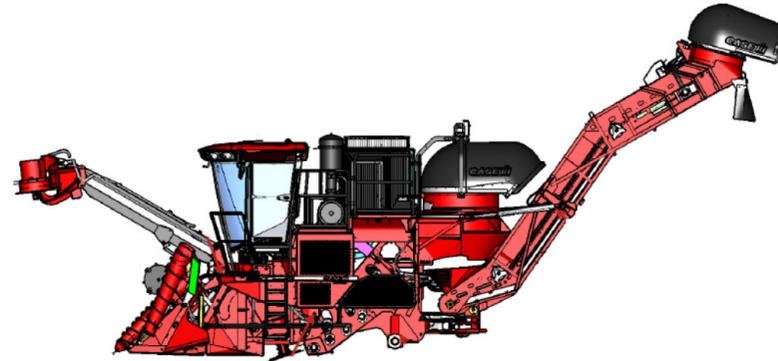


# Bancada calibrada





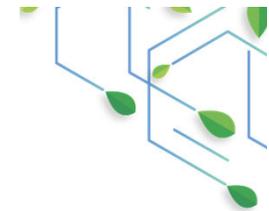
## Objeto de teste e requisitos para a bancada



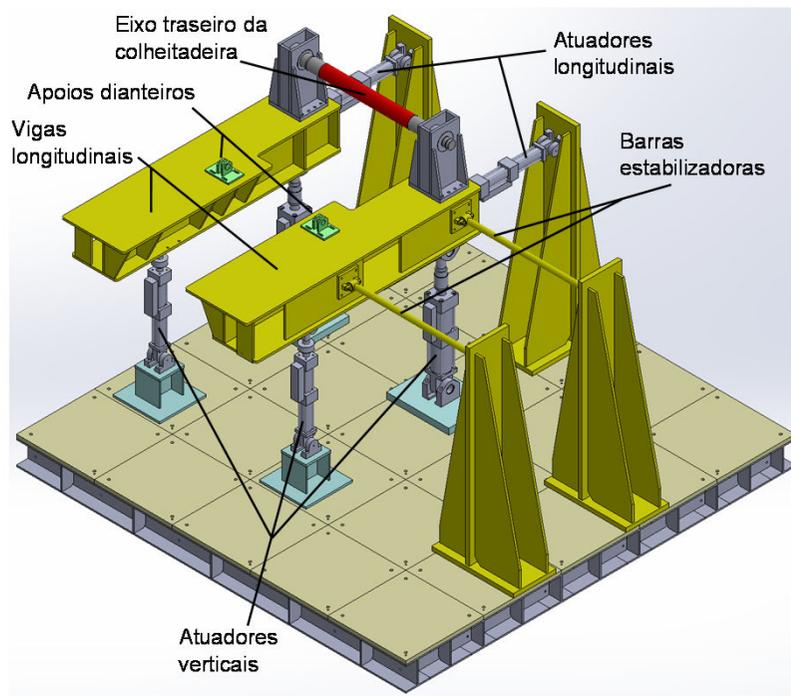
- Foco: **chassi**
- Máquina sobre esteiras (não sobre pneus);
- Massa total  $\approx 15.000$  kg;
- Concentração do peso nos apoios traseiros (aproximadamente 75 %);

- Acelerações (pico)  $\approx 2$  g;
- Velocidades (pico)  $\approx 1$  m/s;
- Deslocamentos verticais (curso total)  $\approx 200$  mm;
- Deslocamentos longitudinais (curso total)  $\approx 200$  mm;
- Deslocamentos laterais desprezíveis;
- Conteúdo em frequências  $\approx 0,5$  Hz a 30 Hz.



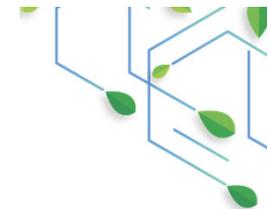


# Primeira versão do mecanismo da bancada

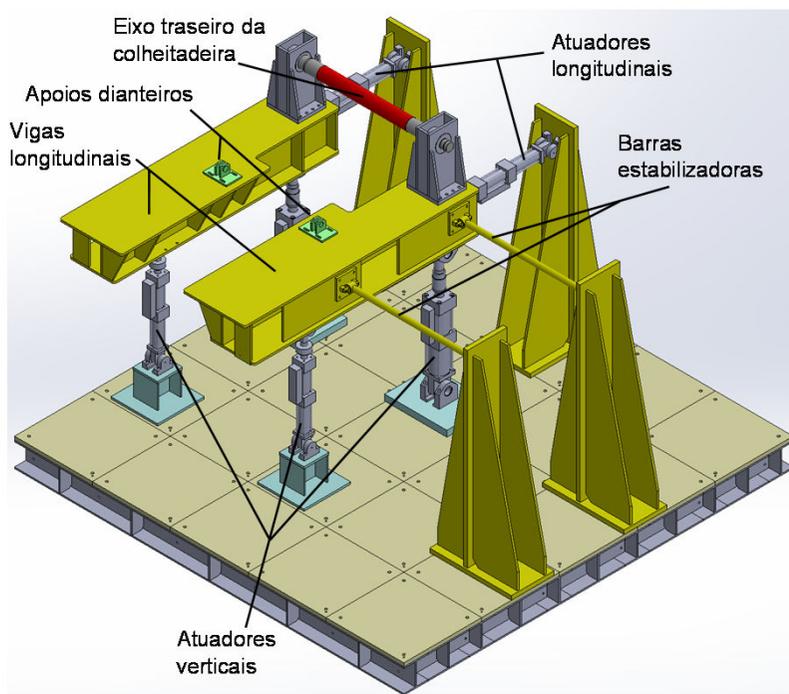


**Concepção** (não utilizada devido à torção e ao afastamento das vigas longitudinais)

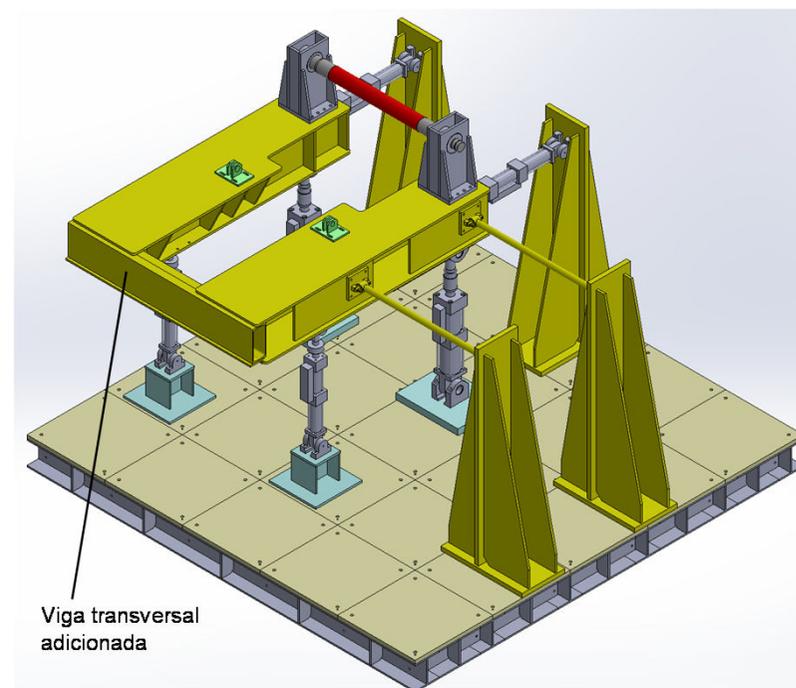




# Primeira versão do mecanismo da bancada

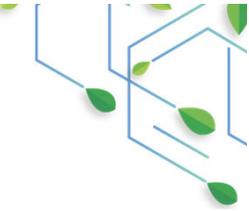


**Concepção** (não utilizada devido à torção e ao afastamento das vigas longitudinais)



**Primeira versão** (solução de compromisso entre representação e exequibilidade)

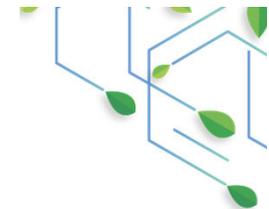




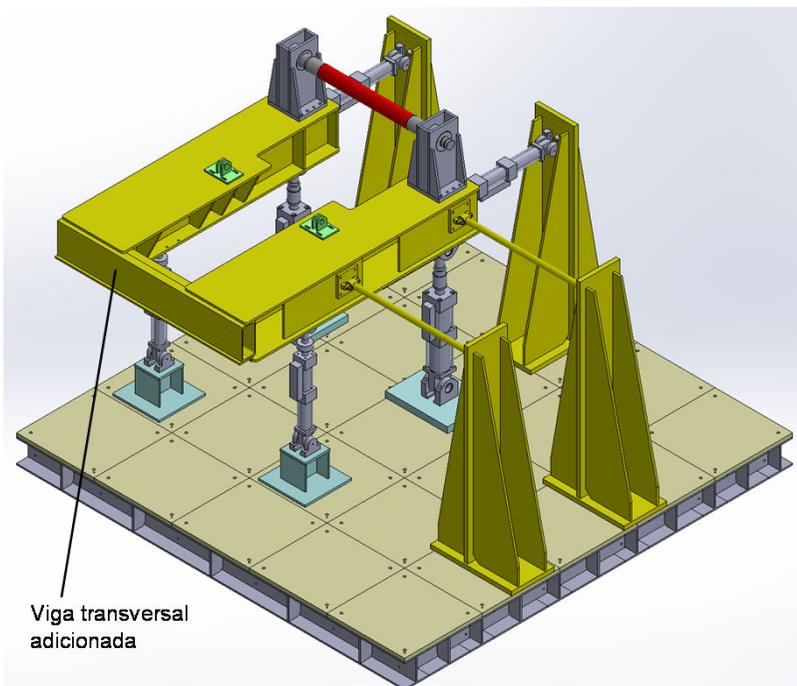
## Resumo de resultados da primeira versão

- Sucesso na execução da calibração da bancada e do teste acelerado de durabilidade
- Razoável uniformidade de dano estrutural ao longo do chassi, exceto por uma região específica com solicitações maiores que o desejado (causou falhas em acessório fora do foco da análise e aumentou tempo total de teste devido a paradas para manutenção corretiva)

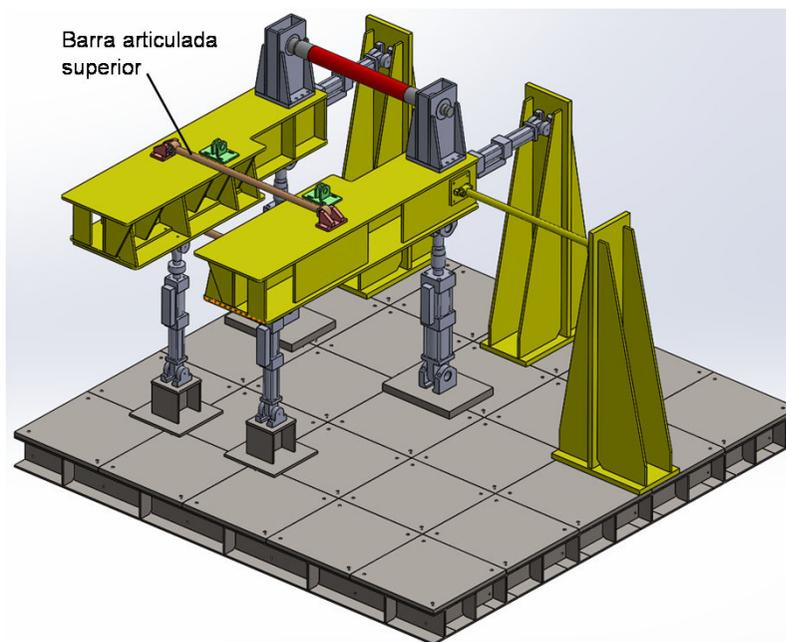




# Aprimoramento do mecanismo da bancada

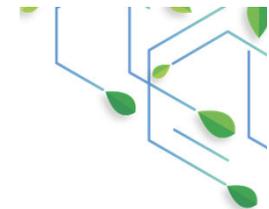


**Primeira versão** (solução de compromisso entre representação e exequibilidade)



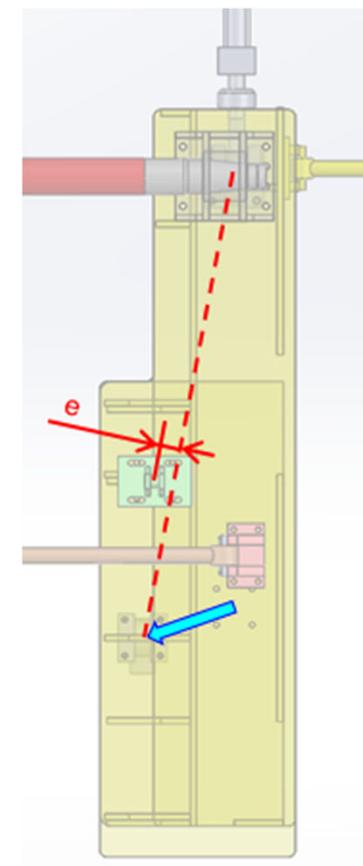
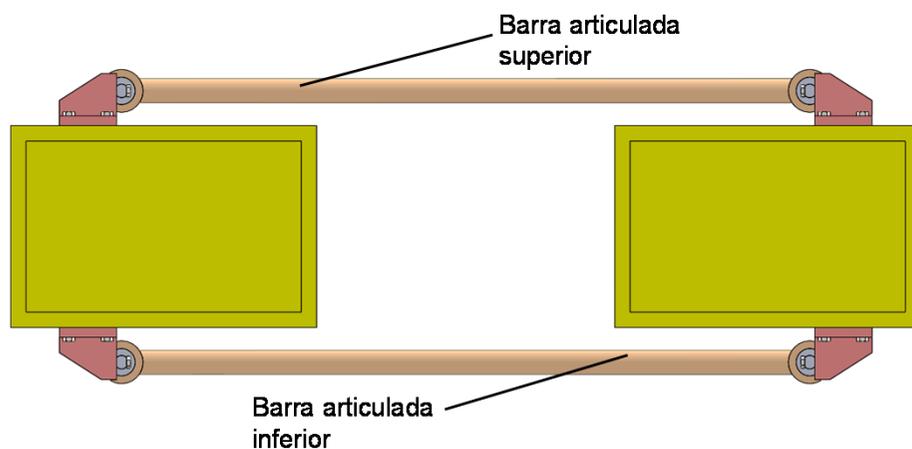
**Mecanismo aprimorado** (possibilidade de movimento relativo entre vigas longitudinais)

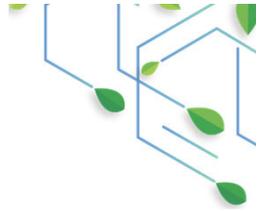




## Aprimoramento do mecanismo da bancada

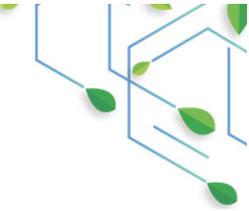
- Adição de barras articuladas formando paralelogramo articulado
- Reposicionamento de atuadores dianteiros
- Remoção de uma das barras estabilizadoras laterais





# Montagem final da bancada

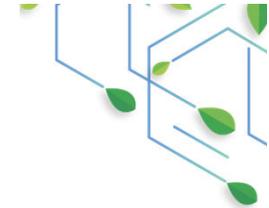




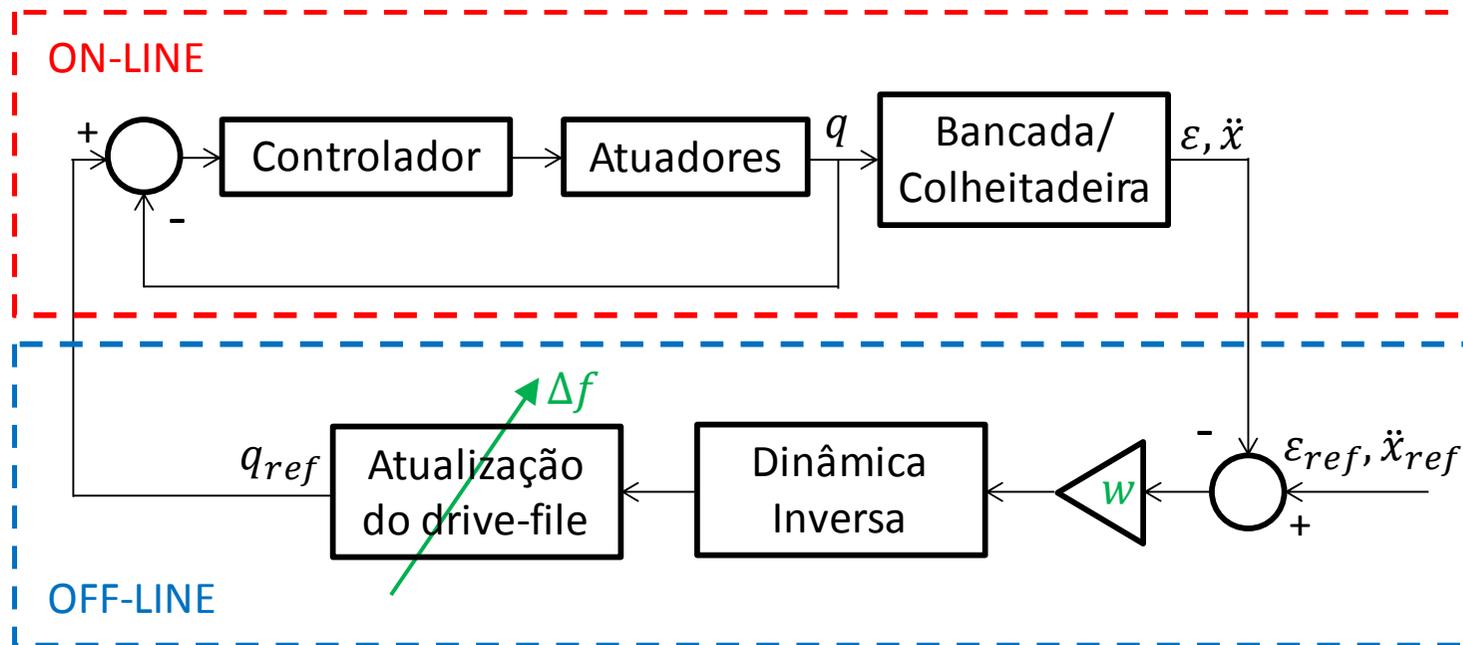
## Sistema de controle e processo de calibração da bancada

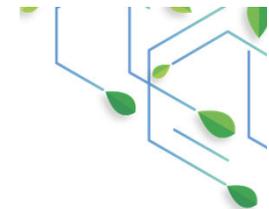
- **Objetivo:** obter deformações e acelerações mais próximas possíveis dos sinais de referência (sinais de campo compactados)
- **Problema:** fechamento da malha nessas variáveis pode resultar em solicitações estruturais não desejadas (complexidade dinâmica)
- **Calibração:** identificação dos deslocamentos dos atuadores (*drive-files*) necessários para se obter as respostas desejadas
  - 1ª Etapa: Identificação da dinâmica entre atuadores e sensores
  - 2ª Etapa: Execução de processo iterativo para obtenção dos *drive-files*





# Sistema de controle e processo de calibração da bancada





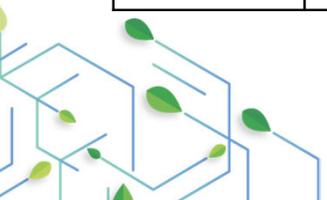
## Resultados - Razões entre RMS dos sinais obtidos e referências

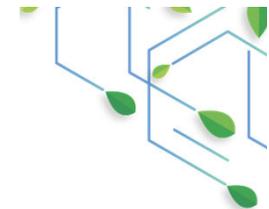
Strain Gage	Bancada Anterior $r_{RMS}$	Bancada Aprimorada $r_{RMS}$
G01	0,98	1,30
G02	0,93	1,19
G03	1,08	0,99
G04	1,80	1,06
G05	0,77	0,94
G06	0,83	0,90
G07	0,89	0,97
G08	0,75	1,01

Condição de Operação 1

Strain Gage	Bancada Anterior $r_{RMS}$	Bancada Aprimorada $r_{RMS}$
G01	0,83	0,66
G02	0,86	0,60
G03	1,14	1,12
G04	1,31	1,12
G05	0,97	1,20
G06	1,09	1,20
G07	0,89	1,28
G08	1,00	1,24

Condição de Operação 2





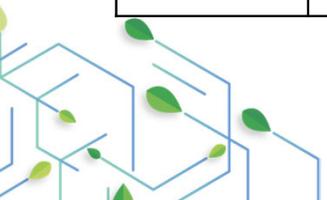
## Resultados - Razões entre RMS dos sinais obtidos e referências

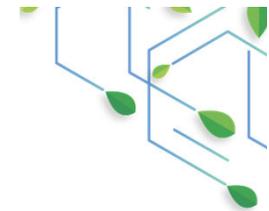
Strain Gage	Bancada Anterior $r_{RMS}$	Bancada Aprimorada $r_{RMS}$
G01	0,84	1,03
G02	0,83	1,08
G03	0,83	0,83
G04	1,80	0,37
G05	1,14	0,93
G06	1,32	0,91
G07	0,81	1,08
G08	0,72	1,03

Condição de Operação 3

Strain Gage	Bancada Anterior $r_{RMS}$	Bancada Aprimorada $r_{RMS}$
G01	1,11	1,05
G02	1,02	0,86
G03	1,15	0,97
G04	2,73	0,40
G05	0,99	1,07
G06	0,91	1,04
G07	0,64	0,90
G08	0,81	1,03

Condição de Operação 4

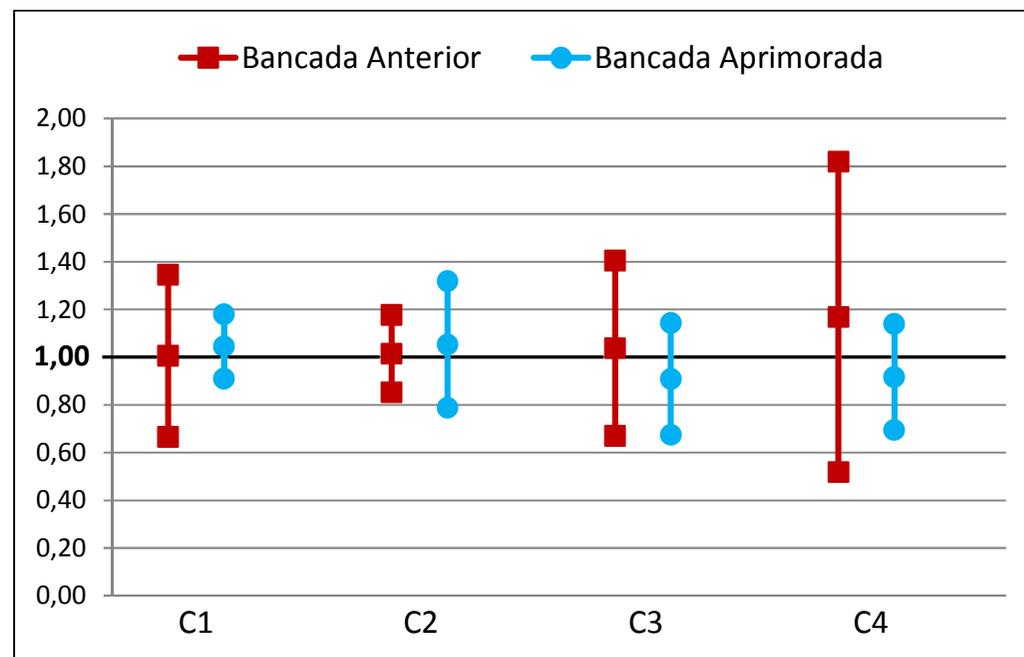


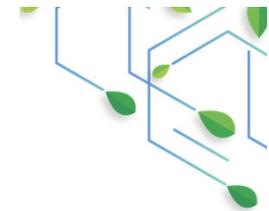


# Média e desvio padrão dos resultados

Condição	Bancada Anterior Média	Bancada Aprimorada Média
1	1,01	1,04
2	1,01	1,05
3	1,04	0,91
4	1,17	0,92

Condição	Bancada Anterior Desvio Padrão	Bancada Aprimorada Desvio Padrão
1	0,34	0,13
2	0,16	0,27
3	0,37	0,23
4	0,65	0,22

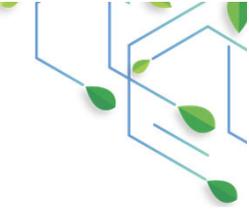




# Convergência do processo de calibração

Condição	Bancada Anterior Iterações	Bancada Aprimorada Iterações
1	10	24
2	9	64
3	7	14
4	7	13

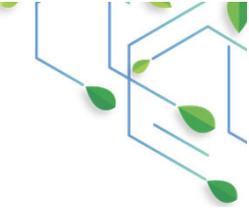




## Conclusões

- Mecanismo aprimorado melhor se aproxima das condições reais da máquina original
- Melhoria de resultados da bancada aprimorada:
  - Solicitações excessivas foram evitadas (menor tempo total de teste)
  - Obteve-se maior uniformidade nas solicitações estruturais ao longo do chassi
- Aumento da complexidade dinâmica → mais iterações no processo de calibração





Obrigado!

[rynaldo@ipt.br](mailto:rynaldo@ipt.br)

