

Relatório Final da Comparação Interlaboratorial
de Emissões Veiculares – Emissões em
Motociclos - Ciclo PROMOT M4



Inmetro
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

PEP-Inmetro

Programa de Ensaios de Proficiência do Inmetro

**COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL DE EMISSÕES VEICULARES
EMISSÕES EM MOTOCICLOS – CICLO PROMOT M4**

Período de inscrição: 21/05/13 a 24/05/13

RELATÓRIO FINAL N°009/13

ORGANIZAÇÃO PROMOTORA DO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro
Diretoria de Metrologia Científica e Industrial - Dimci
Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias
RJ - Brasil - CEP: 25250-020
E-mail para contato: pep-inmetro@inmetro.gov.br

COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO

Adelcio Rena Lemos (Inmetro/Dimci/Dicep)
Damares da Silva Santos (Inmetro/Dimci/Dicep)
Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci/Dicep)
Paulo Roque Martins Silva (Inmetro/Dimci/Dquim/Lamoc)
Valnei Smarçaro da Cunha (Inmetro/Dimci/Dquim)

COMITÊ TÉCNICO

Gabriel Fonseca Sarmanho (Inmetro/Dimci/Dquim)
Joyce Costa Andrade (Inmetro/Dimci/Dicep)
Luiz Henrique da Conceição Leal (InmetroDplan/Dgcor)
Marcello Depieri (AEA)
Marcelo Lima Alves (Inmetro/Dimci/Dquim)
Paulo Roque Martins Silva (Inmetro/Dimci/Dquim)
Raimundo Alves de Rezende (Inmetro/Dimci/Dquim)
Valnei Smarçaro da Cunha (Inmetro/Dimci/Dquim)
Werickson Fortunato de Carvalho Rocha (Inmetro/Dimci/Dquim)

Data de emissão: 17/Janeiro/2014

SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Materiais e Métodos	4
2.1. Item de Comparação.....	4
2.2. Metodologia	5
2.3. Análise Estatística.....	5
2.3.1. Integridade do Item de Comparação	5
2.3.2. Teste de Kruskal-Wallis	6
2.3.3. Visualização dos Resultados e Detecção de <i>Outliers</i> : Box-plot.....	7
3. Resultados dos Participantes	7
4. Análise de Resultados.....	11
4.1. Teste de Kruskal-Wallis	11
4.2. Visualização dos Resultados e Detecção de <i>Outliers</i> : Box-plot.....	13
5. Conclusões	14
6. Laboratórios Participantes.....	14
7. Referências Bibliográficas.....	15

1. Introdução

O problema da poluição do ar constitui uma grave ameaça à saúde do homem, diminuindo a sua qualidade de vida. Os veículos automotores são potenciais agentes causadores dessa poluição em todo mundo. As emissões de gases dos veículos carregam diversas substâncias tóxicas que, em alguns casos, em contato com o sistema respiratório, podem produzir vários efeitos negativos sobre a saúde e causar acidentes no trânsito devido à diminuição da visibilidade.

A análise dos poluentes é um dos itens mais delicados de um ensaio de emissão de um veículo ou de um motor. Esta Comparação Interlaboratorial (CI) tem como objetivos: comparar os resultados dos laboratórios de análises de emissões em motocicletas; contribuir para o aumento da confiança nos resultados das medições dos laboratórios de emissões em motocicletas e contribuir para a melhoria contínua das técnicas de medição de emissões de cada laboratório, contribuindo para a harmonização dos resultados de medição no país.

Participaram desta comparação interlaboratorial laboratórios convidados pelo Inmetro que realizam análise de emissões em motocicletas no Brasil e que fazem parte do grupo técnico da AEA.

Nesta CI foram propostas as avaliações para os seguintes parâmetros: emissões veiculares (CO, CO₂, NO_x, THC e Aldeídos Totais) em g/km, e autonomia em km/L. A participação para o parâmetro aldeídos totais foi facultativa, pois nem todos os participantes estão capacitados para sua determinação.

2. Materiais e Métodos

2.1. Item de Comparação

O item de comparação foi um motociclo cedido pela empresa Yamaha, com as seguintes características: Motociclo Yamaha YAMAHA FAZER YS250, Chassis: 9C6KG0460C0061929, Código do motor: G390E-061933, Cilindrada: 249 cm³, Combustível: Gasolina A22% (L5). Juntamente com o motociclo, foi enviado o manual do Fabricante que deveria acompanhar a motocicleta durante a CI.

Para a coleta de temperatura do óleo, a motocicleta YAMAHA FAZER YS250 estava dotada de sensores de temperatura do tipo K, instalados no bujão de drenagem do óleo do cárter, onde cada participante deveria verificar e se necessário, adequar apenas o conector de encaixe ao seu equipamento de medição.

2.2. Metodologia

As normas prescritas para os laboratórios realizarem os ensaios foram:

- A determinação dos gases de escapamento deve ser efetuada, utilizando-se o ciclo de condução transiente *WMTC Worldwide Motorcycle Test Cycle* de acordo com os procedimentos de ensaios previstos na regulamentação ECE/TRANS/180/Add.2 - *Measurement Procedure for Twowheeled Motorcycles Equipped With a Positive or Compression Ignition Engine With Regard to the Emission of Gaseous Pollutants, CO₂ Emissions and Fuel Consumption*, de 30 de Agosto de 2005, da Comunidade Européia;
- NBR 12026 para determinação de aldeídos (opcional, codificação separada);
- NBR 7024 para autonomia.

Também foram informados no protocolo, pontos que deveriam ser observados:

- Seguir composição do combustível conforme ABNT NBR 8689;
- Classe de inércia do motociclo fornecida pelo Fabricante;
- Os ensaios deveriam ser realizados nas condições normais do motociclo;
- Respiro do tanque – Manter no ambiente;
- Manter o farol aceso durante os ensaios;
- Os pontos de troca de marchas (velocidade e tempo de troca de marchas) foram indicados no arquivo: “Relação Troca de Marcha - YAMAHA FAZER YS 250 (ciclo WMTC).pdf”, que foi enviado por e-mail a todos os participantes.

Cada participante deveria realizar os ensaios com o motociclo YAMAHA de acordo com o M4 ciclo WMTC (*Worldwide Motorcycle Test Cycle*) com gasolina A22% (Gasolina com 22% de etanol anidro, especificação L5). No protocolo da CI, foram dadas orientações referentes aos venturis e diâmetros de saída dos escapamentos. A quilometragem do motociclo deveria ser contada a partir do momento em que o mesmo fosse colocado no dinamômetro.

2.3. Análise Estatística

2.3.1. Integridade do Item de Comparação

O Fabricante do motociclo realizou um reensaio ao final da circulação do item de ensaio entre os participantes e informou ao gestor da CI os resultados para que fosse verificada estatisticamente a integridade do item. Devido à confidencialidade dos resultados, uma vez que o fabricante do motociclo também é participante do EP, não serão apresentados os resultados dessas medições em cada parâmetro.

A análise estatística empregada para tal finalidade foi o teste de *Mann-Whitney*, que é indicado

para comparação de dois grupos não pareados para verificar se pertencem ou não a mesma população.

O teste de *Mann-Whitney* é um teste não-paramétrico alternativo ao teste *t-Student*. Os pressupostos exigidos para a aplicação do teste são que as duas amostras sejam independentes e aleatórias, e que as variáveis em análise sejam numéricas ou ordinais (os pressupostos para a aplicabilidade do teste *t-Student* são mais exigentes, pressupõe que: as populações de onde as amostras provêm tenham distribuição normal; as populações tenham uma variância comum). Os resultados deste teste são apresentados na tabela 01 a seguir:

Tabela 01 – Resultados do teste de *Mann-Whitney*

Parâmetros	<i>p</i> -valor
CO (g/km)	0,100
CO ₂ (g/km)	0,100
THC (g/km)	0,700
NO _x (g/km)	0,200
Autonomia (km/L)	0,077

Analisando os valores na coluna *p*-valor, constata-se que todos os valores observados foram maiores que 0,05. Dessa forma, pode-se concluir que com um nível de significância de 0,05, ou seja, 95% de confiança que os resultados iniciais e finais dos parâmetros de emissões veiculares são compatíveis.

2.3.2. Teste de Kruskal-Wallis

O teste de Kruskal-Wallis é um teste não-paramétrico que pode ser usado para determinar se três ou mais amostras independentes foram selecionadas a partir de populações com a mesma distribuição.

Este teste é baseado nas seguintes hipóteses:

H₀: não há diferença nas distribuições das populações.

H_a: há diferença nas distribuições das populações.

A estatística do teste é dada pela seguinte equação:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\frac{R_1^2}{n_1} + \frac{R_2^2}{n_2} + \dots + \frac{R_k^2}{n_k} \right) - 3(N+1) \quad (1)$$

Onde:

n_i é número de repetições de cada laboratório;

N é o número total de laboratórios;

R_i é a soma dos postos para cada laboratório;

H a estatística de Kruskal-Wallis.

Após este teste, se houvesse algum participante com resultados discrepantes, deveria ser utilizado o procedimento denominado “Diferença Menos Significativa” (DMS) para identificar quais médias específicas dos participantes diferem dos outros.

Um teste não paramétrico foi usado para se determinar quais pares são diferentes estatisticamente, conforme equação abaixo:

$$|\bar{R}_j - \bar{R}_i| \leq Z_{\alpha/k(k-1)} \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_j} + \frac{1}{n_i} \right)} \quad (2)$$

Onde N é igual ao número total de resultados obtidos, n é o número de replicatas de cada laboratório, k é o número de laboratórios participantes da CI, α é o nível de confiança (com 95% de confiança).

2.3.3. Visualização dos Resultados e Detecção de *Outliers*: Box-plot

O Box-plot (gráfico de caixa) é um gráfico utilizado para visualização da distribuição de um conjunto de dados. É formado por cinco medidas: 1º quartil (Q_1), 3º quartil (Q_3), mediana (Q_2), valor mínimo (LI) e valor máximo (LS). Além disso, o box-plot pode ser empregado para avaliação de *outliers*. Dessa forma, os valores mínimo e máximo são calculados de acordo com as equações abaixo:

$$LI = Q_1 - 1,5 * (Q_3 - Q_1) \quad (3)$$

$$LS = Q_3 + 1,5 * (Q_3 - Q_1) \quad (4)$$

O diagnóstico para detecção de *outliers* é dado pela seguinte regra:

Se o valor obtido $> LS$ ou o valor obtido $< LI$, o valor obtido é considerado um *outlier*;

Se $LI \leq$ o valor obtido $\leq LS$, o valor obtido não é considerado um *outlier*;

Onde, o valor obtido é o resultado de cada medição de cada parâmetro por participante.

3. Resultados dos Participantes

Neste relatório cada participante é identificado apenas pela numeração final do seu código de identificação nas tabelas e gráficos.

Cada participante deveria enviar obrigatoriamente três medições para cada parâmetro, sendo que o resultado reportado no formulário de resultados corresponde à média aritmética das três medições realizadas para cada um dos parâmetros analisados. Estas medições deveriam ser repetidas em três dias diferentes. As Tabelas 02 e 03 apresentam estes resultados e podem ser visualizados graficamente nas Figuras 01 e 02.

Tabela 02 – Resultados de medição dos participantes para os parâmetros CO, CO₂, THC e NO_x em (g/km) e Autonomia (km/L)

Lab.	Resultados	CO (g/km)	CO ₂ (g/km)	THC (g/km)	NO _x (g/km)	Autonomia (km/L)
50	1° dia	2,048	111,32	0,582	0,181	42,52
	2° dia	2,060	110,40	0,614	0,179	42,46
	3° dia	2,089	109,01	0,593	0,184	42,94
58	1° dia	3,130	53,56	0,170	0,086	36,99
	2° dia	3,152	54,10	0,178	0,095	36,62
	3° dia	3,167	54,14	0,185	0,091	36,56
61	1° dia	3,431	57,15	0,255	0,115	34,38
	2° dia	3,331	57,67	0,233	0,117	34,17
	3° dia	3,339	57,30	0,235	0,112	34,45
65	1° dia	1,389	57,21	0,134	0,076	37,22
	2° dia	1,442	56,71	0,137	0,077	37,52
	3° dia	1,387	56,33	0,117	0,071	37,90
70	1° dia	3,513	54,54	0,226	0,104	35,78
	2° dia	3,235	53,84	0,218	0,102	36,48
	3° dia	3,309	53,63	0,232	0,103	36,51
80	1° dia	3,504	53,62	0,190	0,090	36,41
	2° dia	3,298	51,96	0,191	0,096	37,66
	3° dia	3,364	52,36	0,186	0,102	37,34
83	1° dia	2,488	53,82	0,110	0,096	37,43
	2° dia	2,466	53,99	0,113	0,093	37,34
	3° dia	2,402	53,92	0,108	0,092	37,46

Tabela 03 – Resultados de medição dos participantes para o parâmetro Aldeídos Totais (g/km).

Lab.	Resultados	Aldeídos Totais (g/km)
AT52	1º dia	0,0041
	2º dia	0,0041
	3º dia	0,0044
AT59	1º dia	0,0030
	2º dia	0,0032
	3º dia	0,0033
AT96	1º dia	0,0022
	2º dia	0,0023
	3º dia	0,0026

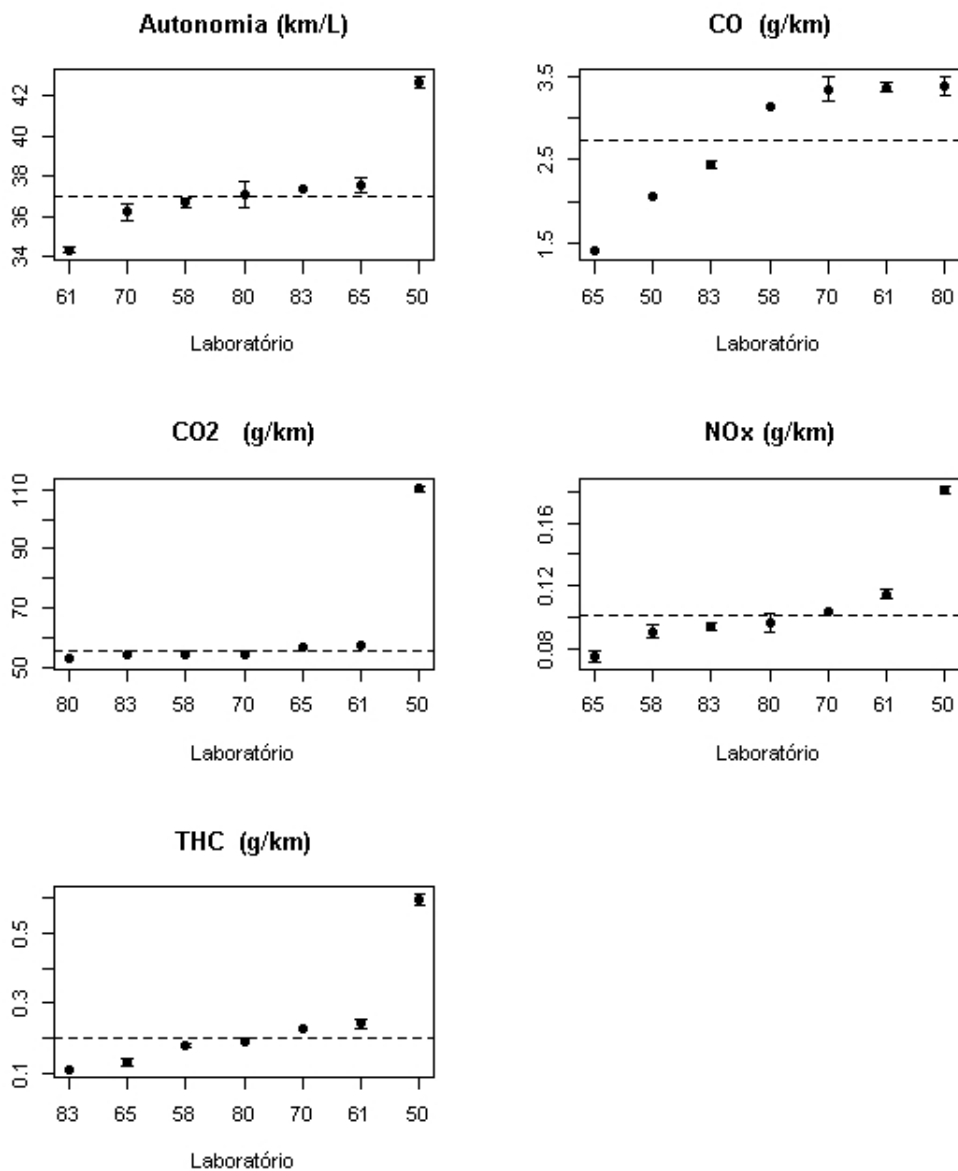


Figura 01 – Gráfico de dispersão dos resultados referente à medição de Autonomia (km/L), CO, CO₂, NO_x, THC em (g/km)

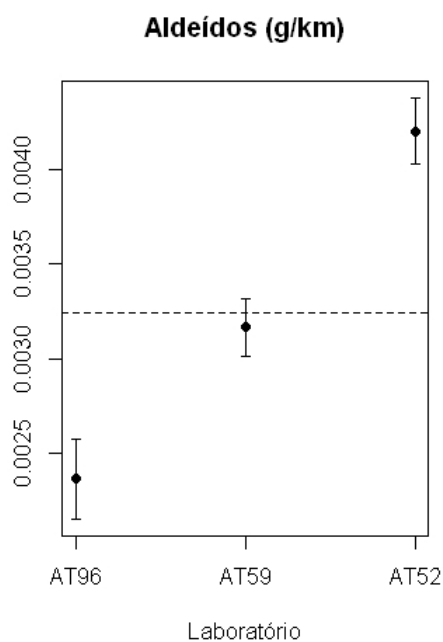


Figura 02 – Gráfico de dispersão dos resultados referente à medição de Aldeídos Totais (g/km)

Através da análise dos gráficos de dispersão, pode-se observar que:

- No parâmetro CO (g/km), o laboratório 65 apresentou resultados mais dispersos em relação aos demais participantes e também em relação à média robusta.
- O laboratório 50 apresentou resultados mais dispersos em relação aos demais participantes e também em relação à média robusta para a maioria dos parâmetros: Autonomia (km/l), CO₂ (g/km), NO_x (g/km) e THC (g/km).

A tabela 04 abaixo mostra os valores médios para cada componente determinado nesta CI, os desvios padrões e o coeficiente de variação.

Tabela 04 – Média dos resultados obtidos para a análise de cada parâmetro

Parâmetro	Número de laboratórios	Média das Médias	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
CO (g/km)	7	2,740	0,783	28,557
CO ₂ (g/km)	7	62,69	21,04	33,55
THC (g/km)	7	0,238	0,165	69,069
NO _x (g/km)	7	0,108	0,035	32,177
Autonomia (km/L)	7	37,44	2,54	6,79
Aldeídos Totais (g/km)	3	0,0032	0,0009	28,3300

4. Análise de Resultados

4.1. Teste de Kruskal-Wallis

De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, em todos os componentes, em um nível de 95 % de confiança, observaram-se diferenças significativas nas distribuições das populações ($p_{\text{calculado}} < 0,05$). Para o parâmetro Aldeídos Totais, onde a participação era opcional, tivemos três laboratórios inscritos.

Tabela 05 – Resultados do teste de Kruskal-Wallis para os parâmetros CO, CO₂, THC e NO_x em (g/km) e Autonomia (km/L)

Componente	Estatística	p-valor
CO (g/km)	18,286	0,006
CO ₂ (g/km)	17,801	0,007
THC (g/km)	19,636	0,003
NO _x (g/km)	18,479	0,005
Autonomia (km/L)	17,054	0,009

Comparando-se os laboratórios dois a dois através do método de “Diferença Menos Significativa” (DMS) nota-se que existe diferença significativa do ponto de vista estatístico nos pares de laboratórios marcados em vermelho (nível de confiança de 95%) na tabela 06. Os resultados na tabela estão com o mesmo número de casas decimais para cada parâmetro conforme o que foi solicitado no formulário de resultados aos participantes.

Tabela 06 – “Diferença Menos Significativa” (DMS) entre os laboratórios participantes

Laboratórios (por pares)	Diferença observada CO	Diferença observada CO ₂	Diferença observada THC	Diferença observada NOx	Diferença observada Autonomia	Valor tabelado
50-58	6	12	12	13,667	11	15,39158
50-61	12,333	3,33	3	3	18	15,39158
50-65	3	5,67	15	18	5	15,39158
50-70	11,333	12	6	6,167	14,33	15,39158
50-80	12,333	17,67	9	10,667	8,5	15,39158
50-83	3	12,33	18	11,5	6,17	15,39158
58-61	6,333	8,67	9	10,667	7	15,39158
58-65	9	6,33	3	4,333	6	15,39158
58-70	5,333	0	6	7,5	3,33	15,39158
58-80	6,333	5,67	3	3	2,5	15,39158
58-83	3	0,33	6	2,167	4,83	15,39158
61-65	15,333	2,33	12	15	13	15,39158
61-70	1	8,67	3	3,167	3,67	15,39158
61-80	0	14,33	6	7,667	9,5	15,39158
61-83	9,333	9	15	8,5	11,83	15,39158
65-70	14,333	6,33	9	11,833	9,333	15,39158
65-80	15,333	12	6	7,333	3,5	15,39158
65-83	6	6,67	3	6,5	1,167	15,39158
70-80	1	5,67	3	4,5	5,833	15,39158
70-83	8,333	0,33	12	5,333	8,167	15,39158
80-83	9,333	5,33	9	0,833	2,333	15,39158

Para o parâmetro Aldeídos também verifica-se que existe diferença estatisticamente significativa entre os resultados dos laboratórios participantes (nível de confiança de 95%).

Tabela 07 – Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o parâmetro Aldeídos (g/km)

Componente	Estatística	p-valor
Aldeídos	7,2605	0,0265

Comparando-se os laboratórios dois a dois através do método de “Diferença Menos Significativa” (DMS) nota-se que existe diferença significativa do ponto de vista estatístico no par de laboratório marcado em vermelho (nível de confiança de 95%) na tabela abaixo.

Tabela 08 – “Diferença Menos Significativa” (DMS) entre os laboratórios participantes

Laboratórios (por pares)	Diferença observada	Diferença tabelada
AT52-AT59	3	5,353102
AT52-AT96	6	5,353102
AT59-AT96	3	5,353102

4.2. Visualização dos Resultados e Detecção de *Outliers*: Box-plot

Conforme a Figura 03, foram identificados *outliers* nos parâmetros CO₂ (g/km), THC (g/km), NOx (g/km) e Autonomia (km/L).

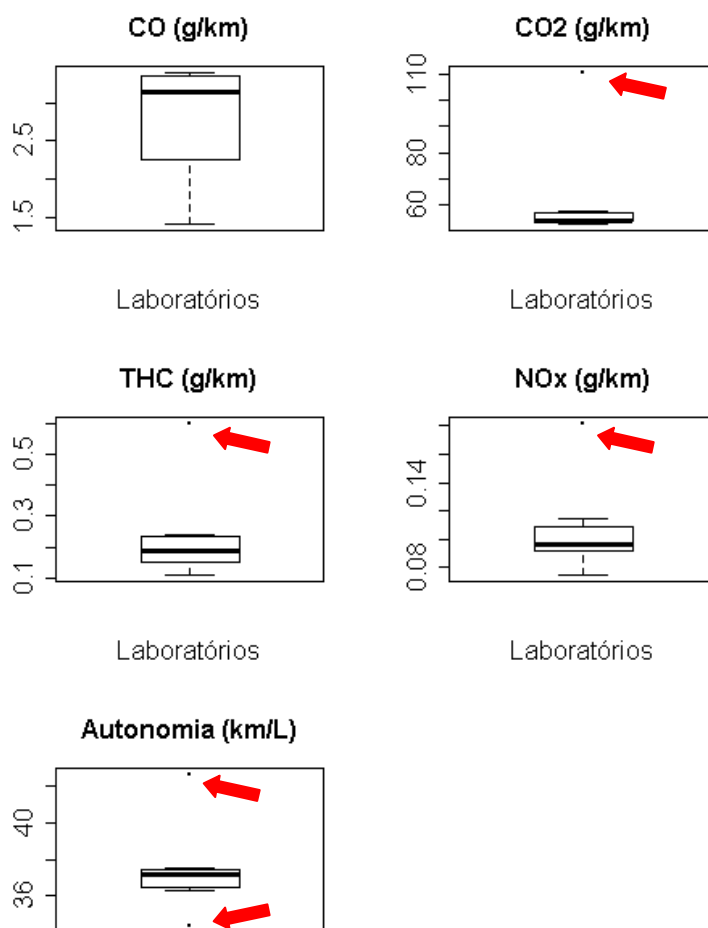


Figura 03 – Gráfico box-plot dos resultados referente à medição de CO, CO₂, NOx, THC em (g/km) e Autonomia (km/L)

A seta vermelha indica os *outliers* para os parâmetros CO₂, THC, NOx (participante 50) e Autonomia (participantes 61 e 50).

Para o parâmetro Aldeídos, conforme figura abaixo, percebe-se a inexistência de *outliers* no conjunto de dados.

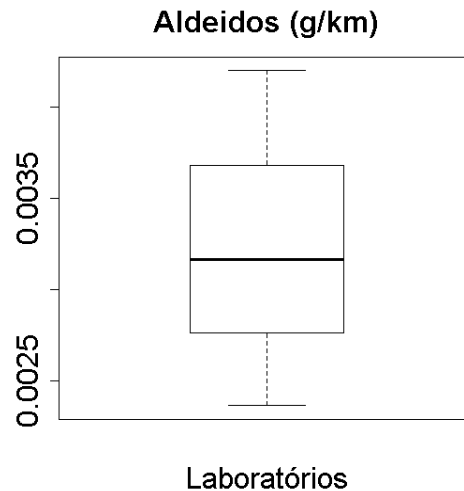


Figura 04 – Gráfico box-plot dos resultados referente à medição de Aldeídos (g/km)

5. Conclusões

O objetivo desta comparação interlaboratorial foi de comparar os resultados dos laboratórios de análises de emissões em motocicletas, contribuindo na melhoria contínua das técnicas de medição de emissões e no aumento da confiança nos resultados das medições de cada laboratório. Mesmo não havendo uma avaliação de desempenho dos participantes, pelos testes empregados para a comparação dos resultados, foi possível observar diferenças entre eles, identificando laboratórios dispersos em relação aos demais.

Recomenda-se que todos os laboratórios analisem criticamente seus métodos de medição, sendo que todo o processo e experiência laboratorial devem ser considerados.

6. Laboratórios Participantes

Sete laboratórios se inscreveram nesta Comparação Interlaboratorial.

A lista dos laboratórios que enviaram os resultados à coordenação dessa CI, é apresentada na Tabela 09. É importante ressaltar que a numeração da tabela é apenas indicativa do número de laboratórios participantes na CI, não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos laboratórios na apresentação dos resultados.

Tabela 09 – Laboratórios Participantes

Instituição	
1.	Dafra da Amazônia Ind. Com. Motocicleta Laboratório Dafra Motos
2.	Delphi Automotive Systems do Brasil
3.	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC LEME
4.	Instituto Mauá de Tecnologia - IMT Laboratório IMT - DMV
5.	Magneti Marelli Sistemas Automotivos Indústria e Comércio Ltda. Laboratório de Emissões de Motociclos Magneti Marelli
6.	Moto Honda da Amazônia Ltda. Laboratório de Emissões Honda HDA2AP#01
7.	Yamaha Motor da Amazonia Ltda

7. Referências Bibliográficas

- ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.
- ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011: Avaliação de Conformidade – Requisitos Gerais para ensaios de proficiência.
- ISO 13528:2005 (E), “*Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*”.
- Conover, William J.; *Practical Nonparametric Statistics*, John Wiley & Sons, 1980 (2nd Edition), pp. 225–226.
- Corder, Gregory W.; Foreman, Dale I. (2009). *Nonparametric Statistics for Non-Statisticians*. Hoboken: John Wiley & Sons. pp. 99–105.
- Benjamini, Y. (1988). *Opening the Box of a Boxplot*. *The American Statistician* 42 (4): 257–262.
- Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). 1ª Edição Luso – Brasileira.



Programa de Ensaio da Proficiência do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - PEP-Inmetro
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias - RJ - Brasil CEP: 25250-020
Tel/Fax: +55 21 2679-9745 - www.inmetro.gov.br - E-mail: pep-inmetro@inmetro.gov.br