

Relatório Final do Ensaio de Proficiência de Emissões em Motores – 1ª Rodada - Ciclo Diesel



PEP-Inmetro

PROGRAMA DE ENSAIOS DE PROFICIÊNCIA DO INMETRO



ENSAIO DE PROFICIÊNCIA DE EMISSÕES EM MOTORES – 1ª RODADA - CICLO DIESEL

Período de realização: 29/07/19 a 07/01/21

RELATÓRIO FINAL Nº 003/2021 – Revisão 01

ORGANIZAÇÃO E COORDENAÇÃO PROMOTORA DO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro.

Diretoria de Metrologia Científica e Tecnologia - 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)

Bruno Carius Garrido (Inmetro/Dimci/Dimqt)

Carla Thereza Coelho (Inmetro/Dimci)

José Ricardo Bardellini da Silva (Inmetro/Dimci) - Coordenador PEP-Inmetro

Marcelo Lima Alves (Inmetro/Dimci/Dimqt/Lafiq)

COMITÊ TÉCNICO

Anderson de Oliveira (AEA)

Bruno Carius Garrido (Inmetro/Dimci/Dimqt)

Gabriel Fonseca Sarmanho (Inmetro/Dimci/Dimqt)

Luiz Henrique da Conceição Leal (Inmetro/Dplan/Dgcor)

Marcelo Lima Alves (Inmetro/Dimci/Dimqt/Lafiq)

Paulo Roque Martins Silva (Inmetro/Caint/Disbt)

Suellen Gaeta (AEA)

SUMÁRIO

1. Introdução	4
2. Materiais e Métodos.....	5
2.1. Itens de Comparação	5
2.2. Metodologia	5
3. Integridade dos Itens de Comparação	7
4. Análise Estatística dos Resultados dos Participantes.....	10
5. Valores Designados	10
6. Dispersão dos Resultados	13
6.1. Emissões Grupo A – MAR I.....	13
6.2. Emissões Grupo A – P7	18
6.3. Emissões Grupo B – MAR I.....	22
6.4. Emissões Grupo B – P7.....	26
7. Resultados dos Participantes.....	31
7.1. Resultados de Média e Desvio-Padrão.....	31
7.1.1. Média e Desvio-Padrão Grupo A – MAR I.....	31
7.1.2. Média e Desvio-Padrão Grupo A – P7.....	32
7.1.3. Média e Desvio-Padrão Grupo B – MAR I.....	33
7.1.4. Média e Desvio-Padrão Grupo B – P7	34
7.2. Índice z	35
7.2.1. Emissões - índice z	35
7.2.2. Emissões Grupo A – MAR I	35
7.2.3. Emissões Grupo A – P7	40
7.2.4. Emissões Grupo B – MAR I	44
7.2.5. Emissões Grupo B – P7.....	49
8. Testemunho de análises	53
9. Confidencialidade	54

10. Conclusões	54
11. Participantes	55
12. Referências Bibliográficas	56

1. Introdução

A Comissão Técnica de Ensaio de Proficiência de Laboratório de Motores – Ciclo Diesel, buscando aprimorar suas atividades, começou realizando uma Comparação Interlaboratorial (CI) em Motores Ciclos Diesel, que foi concluída em 2019 e teve por objetivo a avaliação de desempenho dos participantes na determinação dos valores apresentados, propiciando subsídios para a identificação e solução de problemas analíticos e contribuindo para a harmonização dos resultados. Depois desta etapa ser realizada com sucesso, o Inmetro propôs a realização de um Ensaio de Proficiência – EP aos participantes. Isso demandaria uma série de mudanças na estrutura técnica que vinha sendo empregada antes, como um controle maior dos itens de ensaio, neste caso dos motores ciclo diesel, e na análise estatística para o tratamento dos dados, onde foi inserido o *z-score*, ferramenta poderosa de comparação dos resultados do EP.

Com todos esses avanços, e mesmo enfrentando uma crise sanitária mundial, foi realizado o primeiro EP em Motores Ciclos Diesel, que é uma ferramenta da qualidade e tem por finalidade comparar resultados de medição dos diferentes participantes, realizados sob condições similares, e, assim, obter uma avaliação da competência técnica dos participantes, fornecendo-lhes um mecanismo adequado para avaliar e demonstrar a confiabilidade de seus resultados de medições. Os participantes, por sua vez, têm a oportunidade de rever seus procedimentos de análises, bem como a implantar melhorias nos seus processos, caso seja necessário.

Neste EP foram analisadas as Emissões dos seguintes parâmetros: CO, CO₂, HC, NO_x, Material Particulado e Consumo g/kWh e foram utilizados dois itens de comparação: um motor Diesel cedido pela empresa MWM e um motor Diesel cedido pela empresa Cummins. Os participantes foram divididos em dois grupos: o grupo A (que analisou o motor da empresa MWM) e o grupo B (que analisou o motor da empresa Cummins).

Este relatório apresenta o resultado da avaliação do desempenho dos participantes, a metodologia utilizada nos ensaios e o procedimento da análise estatística.

Este EP teve como objetivos gerais:

- 1) Comparar os resultados dos laboratórios para os ensaios propostos;
- 2) Monitorar os resultados dos laboratórios de análise de consumo e poluentes regulamentados MAR I e P7;
- 3) Contribuir para o aumento da confiança nos resultados das medições dos laboratórios que efetuam ensaios de emissões em bancos dinamômetros de motores Diesel;

4) Contribuir para a melhoria contínua das técnicas de medição de poluentes regulamentados MAR I e P7 e Consumo de cada laboratório.

2. Materiais e Métodos

2.1. Itens de Comparação

Nesta primeira rodada do EP, foram usados dois itens de comparação, um motor Diesel cedido pela empresa MWM e um motor Diesel cedido pela empresa Cummins. Suas características são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1- Características dos itens de comparação.

Fabricante	MWM	Cummins
Modelo	MAXX FORCE 7.2H	ISBe 6.7
Número do motor	Y1A031329	36533096
Combustível	Diesel – S10	Diesel – S10
Tipo de óleo	Ursa Premium TDX SAE 15W40	Premium Blue 15W40 – API CI4
Quantidade de óleo	20.000 g	17 litros
Fluido de Arrefecimento	10 % Havoline XLI YF03	Etileno Glicol (50 %)
Filtro de óleo diesel	478736	5262311
Filtro de óleo lubrificante	21438854	4989314

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

2.2. Metodologia

As normas prescritas para os participantes realizarem os ensaios foram ABNT NBR 15634:2012 e ISO 8178:2012. Foi realizado uma curva de performance antes do ensaio de Emissões para avaliar as condições do motor. Os pontos de instrumentação e curva de performance foram disponibilizados, conforme instrução de montagem, respeitando, respectivamente a característica de cada motor.

Foram realizados dois ensaios distintos, a saber:

- Determinação da Emissão Específica Média CO, CO₂, HC, NO_x, Material Particulado e Consumo Específico Médio em g/kWh, conforme norma ABNT 15634:2012;
- Determinação da Emissão Específica Média CO, CO₂, HC, NO_x, Material Particulado e Consumo Específico Médio em g/kWh, conforme norma ISO 8178:2012;

Outros parâmetros foram medidos pelos participantes, mas não foram considerados na avaliação estatística para este EP. Eles servirão para avaliação de possíveis discrepâncias no processo de medição de emissões pelos próprios participantes. São eles:

Rotação (rpm), Torque Observado (N·m), Potência Observada (kW), Consumo específico Observado (g/kW·h), Débito (mg/str), Vazão de Combustível (kg/h), Temperatura do ar de admissão - T1 (°C), Temperatura na entrada do Intercooler – T21 (°C), Temperatura na saída do Intercooler – T22 (°C), Temperatura do coletor de escape – T3 (°C), Temperatura do Escape – T4 (°C), Temperatura do Diesel (°C), Temperatura do óleo lubrificante (°C), Temperatura do Coolant (°C), Pressão de Restrição de Admissão de Ar - P1 (kPa), Pressão na entrada do Intercooler – P21 (kPa), Pressão na saída do Intercooler – P22 (kPa), Pressão na saída do coletor de escape – P3 (kPa), Contra pressão de Escape – P4 (kPa), Pressão do óleo do Motor (kPa), Pressão Barométrica (kPa), Fator Atmosférico, Umidade Relativa do Ar (% UR), Vazão de ar (kg/h), Concentração de CO (ppm), Concentração de NO_x (ppm), Concentração de HC (ppm), Concentração de CO₂ (ppm).

Os participantes foram divididos em dois grupos distintos A e B. As tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 mostram as condições de contorno e valores de referência para os ensaios dentro de cada grupo.

Tabela 2 - Características para o ensaio Grupo A – P7 / MAR I.

Variável	Valor de Referência
Pressão de restrição no filtro de ar	-5,0 ± 0,5 kPa
Delta de pressão do Intercooler	10 ± 2 kPa
Contra-pressão escape	20 ± 2 kPa
Temperatura do ar de entrada no compressor	22 ± 2 °C
Temperatura do ar na entrada do coletor admissão	35 ± 2 °C
Temperatura do diesel	40 ± 2 °C
Temperatura do coolant (saída)	87 ± 2 °C
Temperatura do óleo (Referência)	110 °C
Umidade relativa do ar	50 ± 5 %UR
Linearização do Pedal acelerador	0 % = 0,66 V e 100 % = 4,00 V
Set Point – Rotação / Carga 13 pontos	2200 RPM com 100 % pedal (4,00 volts)

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 3 - Set Point P7 - 13 pontos - Grupo A.

Speed [RPM]	700	1400	1716	1716	1400	1400	1400	1716	1716	2032	2032	2032	2032
Torque [N·m]	0	720	339	508,5	360	540	180	678	169,5	648	162	486	324

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 4 - Set Point MAR I - 8 pontos - Grupo A.

Speed [RPM]	2200	2200	2200	2200	1400	1400	1400	700
Torque [N·m]	616	462	308	61,6	720	540	360	0

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 5 - Características para o ensaio Grupo B – P7 / MAR I.

Variável	Valor de Referência
Pressão de restrição no filtro de ar	-3,74 ± 0,3 kPa
Delta de pressão do Intercooler	13,5 ± 0,5 kPa
Contra-pressão escape	20,3 ± 0,5 kPa
Temperatura do ar de entrada no compressor	21 ± 1 °C
Temperatura do ar na entrada do coletor admissão	49 ± 1 °C
Temperatura do diesel	40 ± 1 °C
Temperatura do coolant (saída)	89 ± 2 °C
Temperatura do óleo (Referência)	106,4 ± 0,4 °C
Umidade relativa do ar	50 ± 5 % UR
Linearização do Pedal acelerador	0 % = -1,45 V 50 % = -2,94 V 100 % = -4,38 V
Set Point – Rotação / Carga 13 pontos	2300 rpm com 100 % pedal (4,38 V)

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 6 - Set Point P7 - 13 pontos - Grupo B.

Speed [RPM]	711	1449	1768	1768	1449	1449	1449	1768	1768	2086	2086	2086	2086
Torque [N·m]	0	942	465	698	471	707	236	931	233	945	236	709	473

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 7 - Set Point MAR I - 8 pontos - Grupo B.

Speed [RPM]	2300	2300	2300	2300	1449	1449	1449	703
Torque [N·m]	898	674	449	90	959	720	480	0

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

3. Integridade dos Itens de Comparação

As atividades desse EP foram interrompidas no período de março 2020 a julho de 2020, devido à Pandemia de COVID-19. Esta paralização excepcional deve ser considerada no caso de eventuais desvios nos resultados.

A estatística usada para a avaliação do item de teste foi o teste de Wilcoxon, utilizado com o objetivo de verificar a hipótese de que dois conjuntos de dados dependentes foram extraídos de uma mesma população. Este teste deve ser utilizado, em detrimento ao teste *t* pareado, quando não é possível supor a normalidade de ambos os conjuntos de dados ou nos casos em que há pequenas amostras. No teste de Wilcoxon os valores originais são substituídos por postos conforme a tabela 8:

Tabela 8 - Estatísticas e p-valores

Antes	x_1	x_2	...	x_N
Depois	y_1	y_2	...	y_N
d_i	d_1	d_2	...	d_N
$ d_i $	$ d_1 $	$ d_2 $...	$ d_N $
posto	N	2	...	1

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Em que $d_i = y_i - x_i$. Os postos são obtidos a partir dos valores absolutos de d_i . As hipóteses a serem testadas são:

$\{H_0\}$ não existe diferença entre os dois conjuntos de dados
 $\{H_1\}$ existe diferença entre os dois conjuntos de dados

A estatística de teste é definida a seguir:

$V_S =$ soma dos postos sinalizados positivamente

Se $V_S \leq c_1$ ou $V_S \geq c_2$ rejeita-se H_0 , em que c_1 e c_2 são tais que $P(V_S \leq c_1 | H_0) = \alpha/2$ e $P(V_S \geq c_2 | H_0) = \alpha/2$.

Sendo assim, testou-se a hipótese de estabilidade entre tais medições por meio do teste de Wilcoxon também conhecido como teste de Mann-Whitney.

A seguir, foi verificado se há diferença estatisticamente significativa entre as medições CO, CO₂, HC, NO_x, MP e Consumo em g/kWh na primeira análise (X_1) e na segunda análise (X_2) para os 2 (dois) Motores Diesel ensaiados, com p-valor menor do que 0,05. As tabelas 9, 10, 11 e 12 apresentam as diferenças entre o inicial e o final para os grupos A e B – MAR I e P7.

Tabela 9 - Diferença entre o inicial e o final - Grupo A - MAR I.

Grupo A - MAR I		
Componente	p-valor	Conclusão
NO _x	0,5308693	Não existe diferença entre o inicial e o final
CO	0,4033953	Não existe diferença entre o inicial e o final
HC	0,06010281	Não existe diferença entre o inicial e o final
NO _x +HC	0,5308693	Não existe diferença entre o inicial e o final
CO ₂	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
Consumo	0,5308693	Não existe diferença entre o inicial e o final
Material Particulado	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 10 - Diferença entre o inicial e o final - Grupo A – P7.

Grupo A - P7		
Componente	p-valor	Conclusão
NO _x	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
CO	0,21007504	Não existe diferença entre o inicial e o final
HC	0,29626987	Não existe diferença entre o inicial e o final
NO _x +HC	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
CO ₂	0,67610331	Não existe diferença entre o inicial e o final
Consumo	0,02157175	Existe diferença entre o inicial e o final
Material Particulado	0,67610331	Não existe diferença entre o inicial e o final

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 11 - Diferença entre o inicial e o final - Grupo B – MAR I.

Grupo B - MAR I		
Componente	p-valor	Conclusão
NO _x	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
CO	0,91630803	Não existe diferença entre o inicial e o final
HC	0,01166731	Existe diferença entre o inicial e o final
NO _x +HC	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
CO ₂	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
Consumo	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
Material Particulado	0,1424567	Não existe diferença entre o inicial e o final

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 12 - Diferença entre o inicial e o final - Grupo B – P7.

Grupo B - P7		
Componente	p-valor	Conclusão
NO _x	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
CO	0,01192523	Existe diferença entre o inicial e o final
HC	0,136333	Não existe diferença entre o inicial e o final
NO _x +HC	0,01218578	Existe diferença entre o inicial e o final
CO ₂	0,5308693	Não existe diferença entre o inicial e o final
Consumo	0,14367208	Não existe diferença entre o inicial e o final
Material Particulado	0,14367208	Não existe diferença entre o inicial e o final

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Com isso, pode-se afirmar que, ao nível de confiança de 95 %, há diferença estatisticamente significativa entre as médias e os dados amostrais podem ser considerados como não advindos de uma mesma

população. Sendo assim, os 2 (dois) Motores Diesel ensaiados não se mantiveram íntegros durante a realização do ensaio de proficiência. Esta situação não impediu que os ensaios fossem realizados e que se pudesse extrair conclusões a respeito desta atividade.

Devido à confidencialidade dos resultados, uma vez que a empresa MWM e a empresa CUMMINS também são participantes do EP, estes resultados não serão apresentados.

4. Análise Estatística dos Resultados dos Participantes

4.1. Índice z

Para a avaliação dos resultados dos participantes, foi seguido um dos critérios da ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011, o índice z (z -score, medida da distância relativa do resultado da medição do laboratório em relação ao valor designado do ensaio de proficiência), que foi calculado de acordo com a equação 1.

$$z_i = \frac{x_i - X}{\hat{\sigma}} \quad (1)$$

Onde:

x_i é o resultado médio da medição do i -ésimo participante;

X é o valor designado deste EP;

$\hat{\sigma}$ é o desvio-padrão para o ensaio de proficiência, que nesta rodada foi estabelecido conforme descrito na ISO 13528:2015, ou seja, um desvio-padrão robusto baseado nos resultados dos participantes.

A interpretação do índice z é apresentada a seguir:

$|z| \leq 2,0$ - indica desempenho “satisfatório” e não gera sinal;

$2,0 < |z| < 3,0$ - indica desempenho “questionável” e gera um sinal de alerta;

$|z| \geq 3,0$ - indica desempenho “insatisfatório” e gera um sinal de ação.

5. Valores Designados

De acordo com os procedimentos disponíveis para o estabelecimento de valores designados pela ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011, os valores designados deste EP foram calculados através de métodos estatísticos descritos no item 7.7 da norma ISO 13528:2015, ou seja, valores de consenso de participantes.

A Norma ISO 13528:2015 descreve a análise robusta envolvendo o emprego da estimativa do algoritmo A para o cálculo do valor designado e do desvio-padrão. As técnicas de estatística robusta são utilizadas para minimizar a influência que resultados extremos podem ter sobre estimativas de média e desvio-padrão.

Inicialmente, todos os valores objetos da análise (valores enviados pelos participantes) foram colocados em ordem crescente. A seguir, foram denotados valores de média robusta e desvio-padrão robusto destes dados por (x^*) e (s^*) . Os valores iniciais de (x^*) e (s^*) foram calculados conforme equações abaixo:

$$x^* = \text{mediana de } x_i \quad (2)$$

$$s^* = 1,483 \times \text{mediana } |x_i - x^*| \quad (3)$$

Foram atualizados valores de (x^*) e (s^*) como segue. Foi calculado:

$$\delta = 1,5s^* \quad (4)$$

Para cada x_i ($i = 1, 2, \dots, p$), foi calculado:

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \delta, & \text{se } x_i < x^* - \delta \\ x^* + \delta, & \text{se } x_i > x^* + \delta \\ x_i, & \text{senão} \end{cases} \quad (5)$$

devem ser calculados novos valores de (x^*) e (s^*) a partir de:

$$x^* = \sum x_i^* / p \quad (6)$$

$$s^* = 1,134 \sqrt{\sum (x_i^* - x^*)^2 / (p-1)} \quad (7)$$

Onde a soma é sobre i .

As estimativas robustas (x^*) e (s^*) podem ser obtidas por um cálculo iterativo, ou seja, atualizando os valores de (x^*) e (s^*) várias vezes usando os dados modificados, até que o processo convirja. A convergência pode ser assumida quando não há mudança de uma iteração para a próxima no terceiro algarismo significativo do desvio-padrão robusto e o valor equivalente à média robusta.

Os resultados que se apresentaram fora dos intervalos de 2 desvios-padrão após o cálculo da média robusta e do desvio-padrão robusto foram considerados como discrepantes e um novo valor de consenso foi calculado, assim como o novo desvio-padrão robusto retirando-se estes valores.

Nas tabelas 13, 14, 15 e 16 mostramos valores designados e os desvios-padrão robustos para todos os parâmetros incluindo todos participantes do EP (grupos A e B – MAR I e P7), assim como os novos valores de média e desvio padrão robustos após a retirada dos discrepantes.

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

Neste relatório cada participante é identificado pelos últimos caracteres numéricos do seu código de identificação nas tabelas, gráficos e textos.

Tabela 13 - Média e desvios-padrão do EP – Grupo A – MAR I.

Grupo A - MAR I					
Parâmetro	Valor Designado	Desvio-padrão	Discrepantes (Participantes)	Valor Designado Recalculado	Desvio-padrão Recalculado
NO _x	7,043	0,272	-	-	-
CO	0,377	0,034	-	-	-
HC	0,165	0,028	32	0,171	0,022
NO _x +HC	7,207	0,295	-	-	-
CO ₂	714,32	16,89	-	-	-
Consumo	231,21	3,64	-	-	-
Material Particulado	0,025	0,006	-	-	-

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 14 - Média e desvios-padrão do EP – Grupo A – P7.

Grupo A - P7					
Parâmetro	Valor Designado	Desvio-padrão	Discrepantes (Participantes)	Valor Designado Recalculado	Desvio-padrão Recalculado
NO _x	7,325	0,315	-	-	-
CO	0,300	0,028	-	-	-
HC	0,141	0,018	-	-	-
NO _x +HC	7,469	0,330	-	-	-
CO ₂	686,63	11,11	20	689,36	7,89
Consumo	222,84	2,73	-	-	-
Material Particulado	0,019	0,006	-	-	-

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 15 - Média e desvios-padrão do EP – Grupo B – MAR I.

Grupo B - MAR I					
Parâmetro	Valor Designado	Desvio-padrão	Discrepantes (Participantes)	Valor Designado Recalculado	Desvio-padrão Recalculado
NO _x	4,640	0,089	-	-	-
CO	0,998	0,150	-	-	-
HC	0,124	0,024	-	-	-
NO _x +HC	4,750	0,102	-	-	-
CO ₂	773,21	26,72	-	-	-
Consumo	244,87	1,17	22	244,57	0,85
Material Particulado	0,056	0,011	-	-	-

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 16 - Média e desvios-padrão do EP – Grupo B – P7.

Grupo B - P7					
Parâmetro	Valor Designado	Desvio-padrão	Discrepantes (Participantes)	Valor Designado Recalculado	Desvio-padrão Recalculado
NO _x	4,392	0,104	47	4,361	0,064
CO	0,466	0,029	-	-	-
HC	0,095	0,011	-	-	-
NO _x +HC	4,492	0,109	47	4,459	0,067
CO ₂	728,34	25,57	-	-	-
Consumo	230,44	2,33	51	229,75	1,44
Material Particulado	0,052	0,005	44	0,050	0,003

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

6. Dispersão dos Resultados

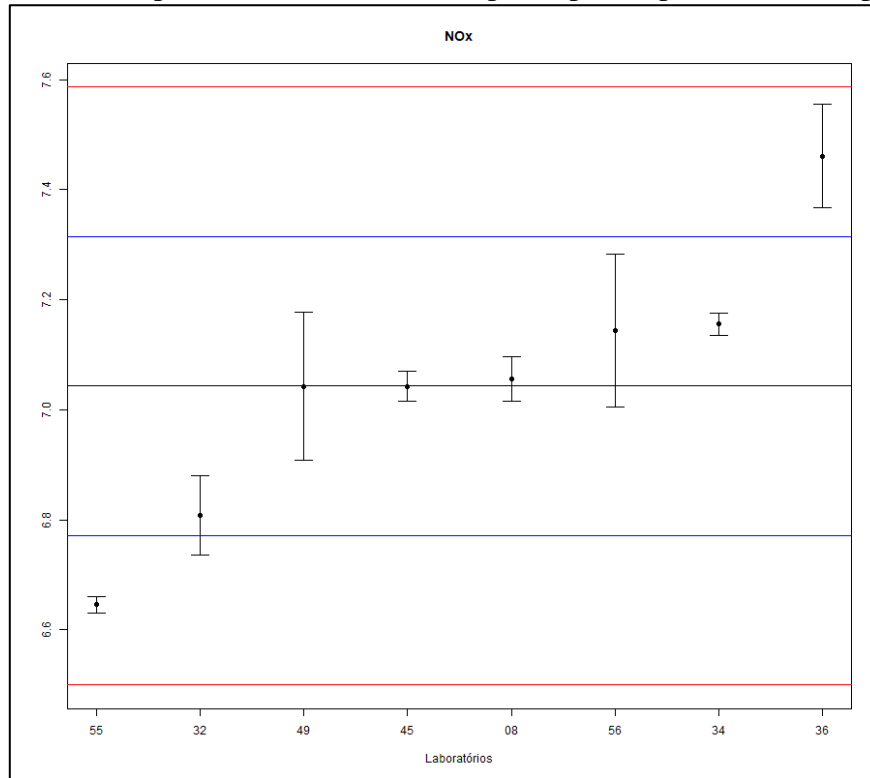
Na apresentação dos gráficos para todos os parâmetros ensaiados, a média dos resultados dos participantes é representada por uma linha contínua cinza. As linhas azul e vermelha são, respectivamente, representações de $Ref \pm 1s$ e $Ref \pm 2s$, onde “Ref” é a média e “s” é o desvio-padrão.

Neste relatório cada participante é identificado pelos últimos caracteres numéricos do seu código de identificação nas tabelas, gráficos e textos.

6.1. Emissões Grupo A – MAR I

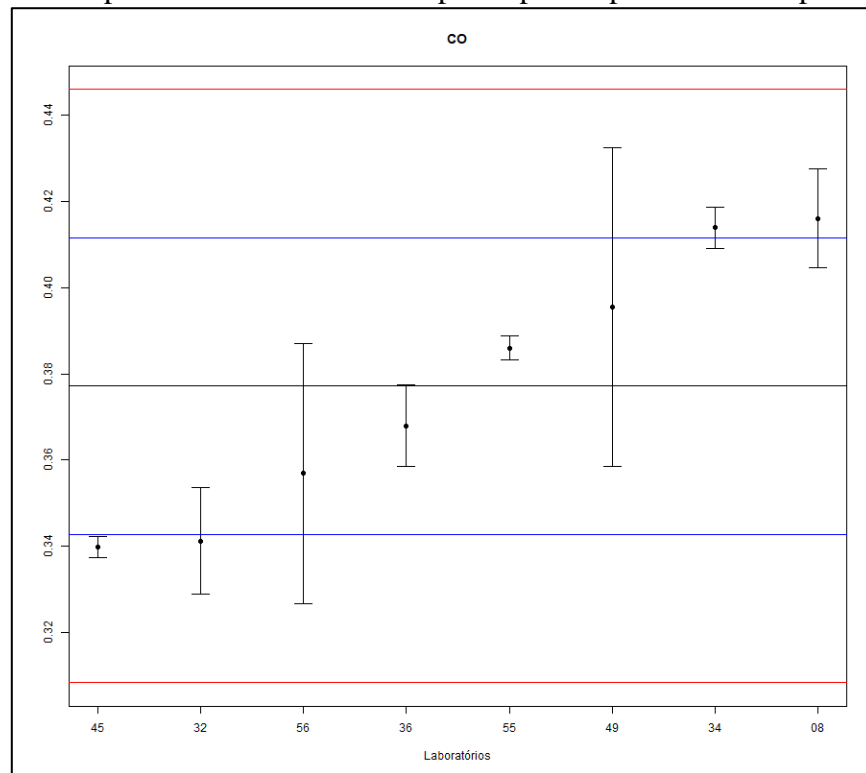
As figuras 1 a 7 apresentam graficamente as médias e os desvios-padrão dos resultados reportados para os dados de emissão pelos participantes do Grupo A – MAR I para cada parâmetro analisado.

Figura 1 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO_x – Grupo A – MAR I.



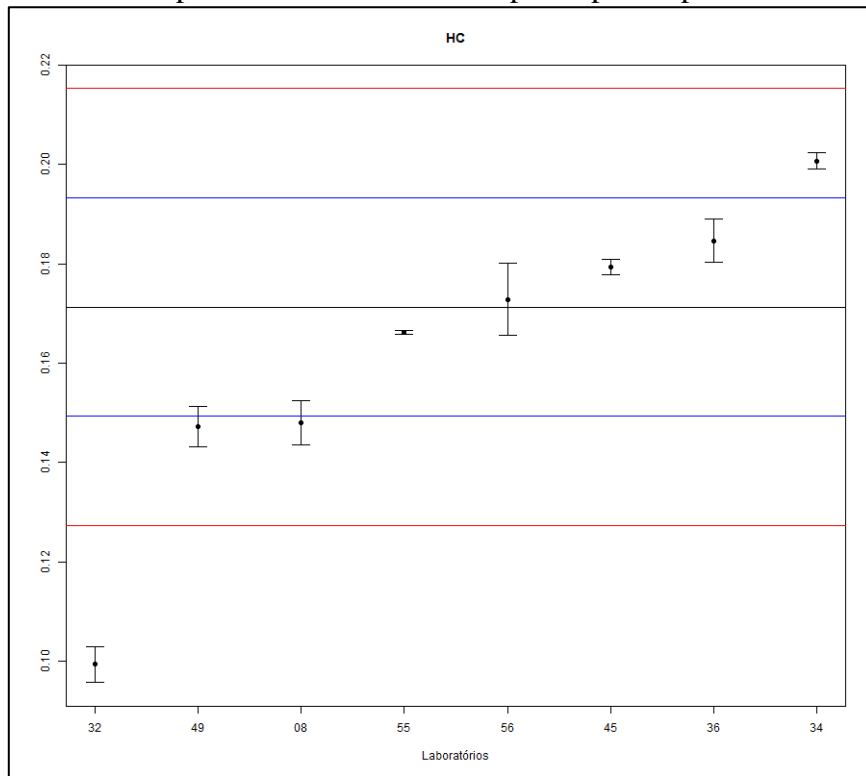
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 2 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO – Grupo A – MAR I.



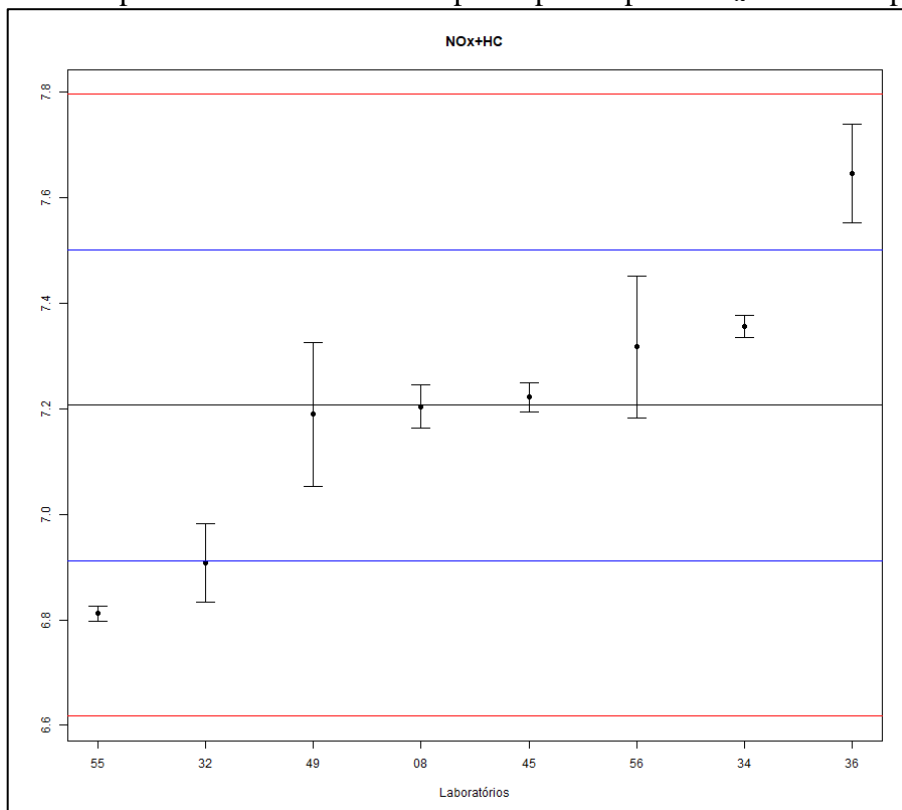
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 3 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para HC – Grupo A – MAR I.



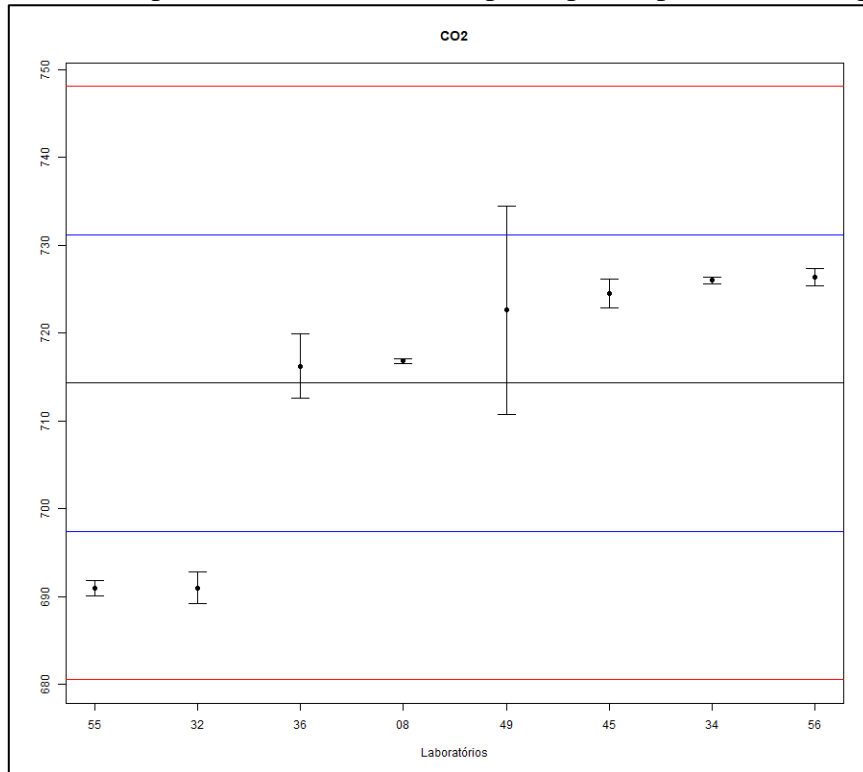
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 4 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO_x+HC – Grupo A – MAR I.



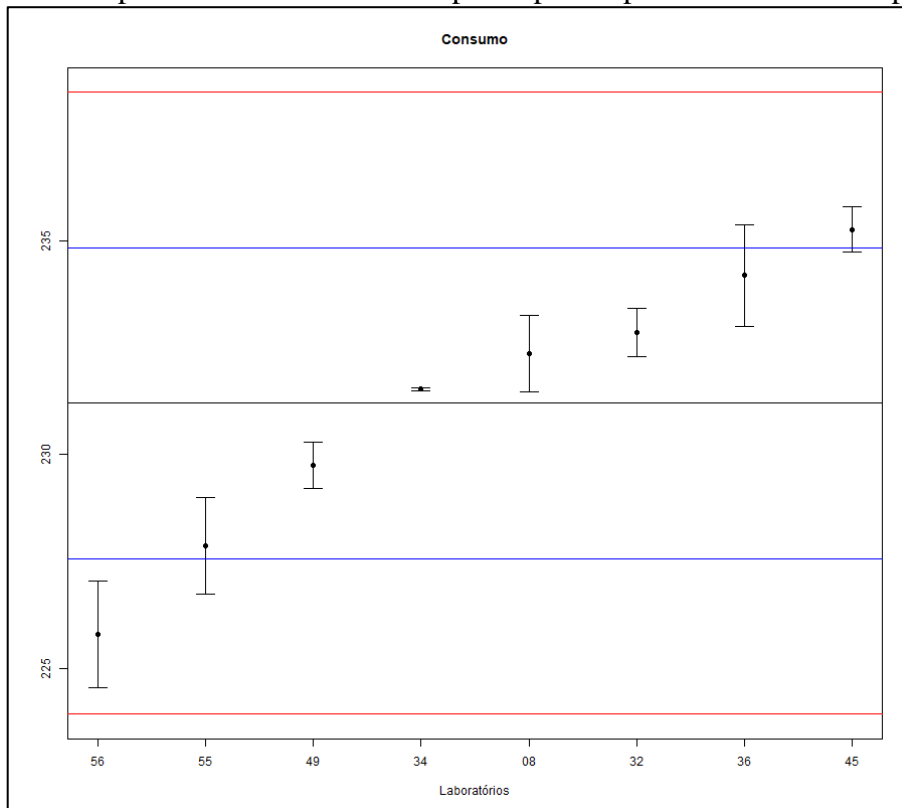
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 5 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO₂ – Grupo A – MAR I.



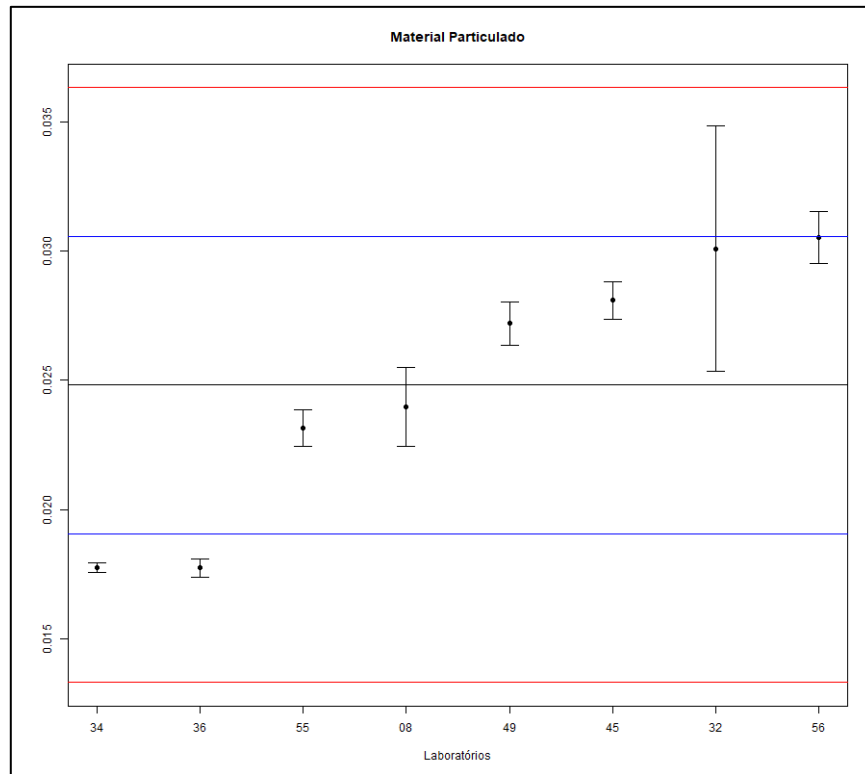
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 6 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para Consumo – Grupo A – MAR I.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 7 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para Material Particulado – Grupo A – MAR I.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Através dos gráficos, pode-se observar que:

NO_x (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 36 e 55 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s.

CO (g/kWh): 4 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 08, 32, 34 e 45 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e os participantes 49 e 56 apresentaram a maior dispersão.

HC (g/kWh): 4 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 08, 34 e 49 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s. O participante 32 apresentou o resultado fora do intervalo Ref ± 2s.

NO_x+HC (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 32, 36 e 55 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s.

CO₂ (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 32 e 55 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 49 apresentou a maior dispersão.

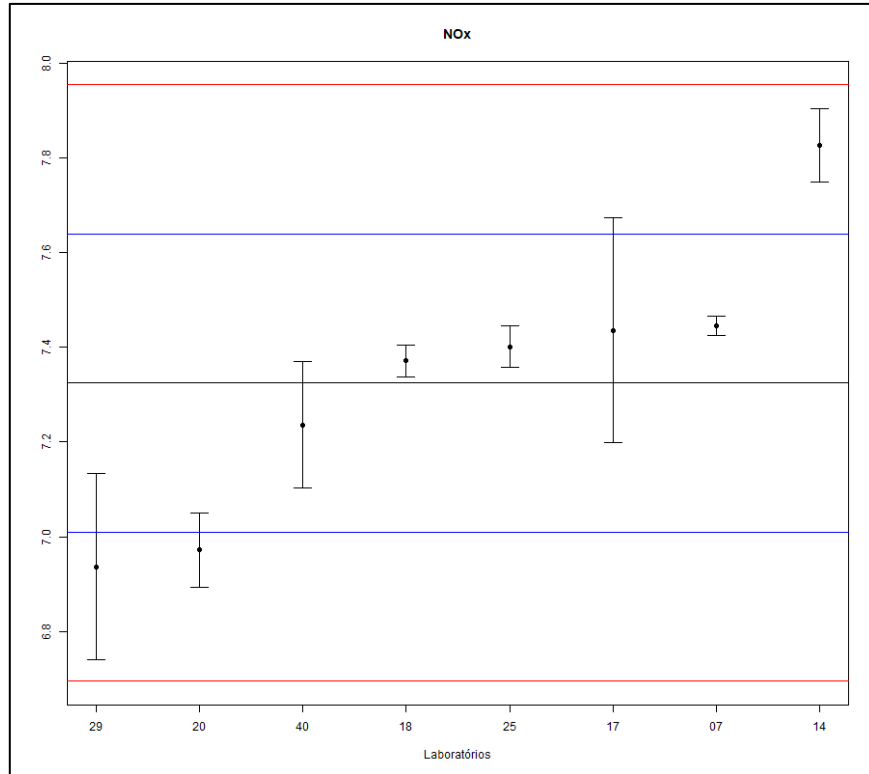
Consumo (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 45 e 56 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s.

Material Particulado: 6 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 34 e 36 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 32 apresentou a maior dispersão.

6.2. Emissões Grupo A – P7

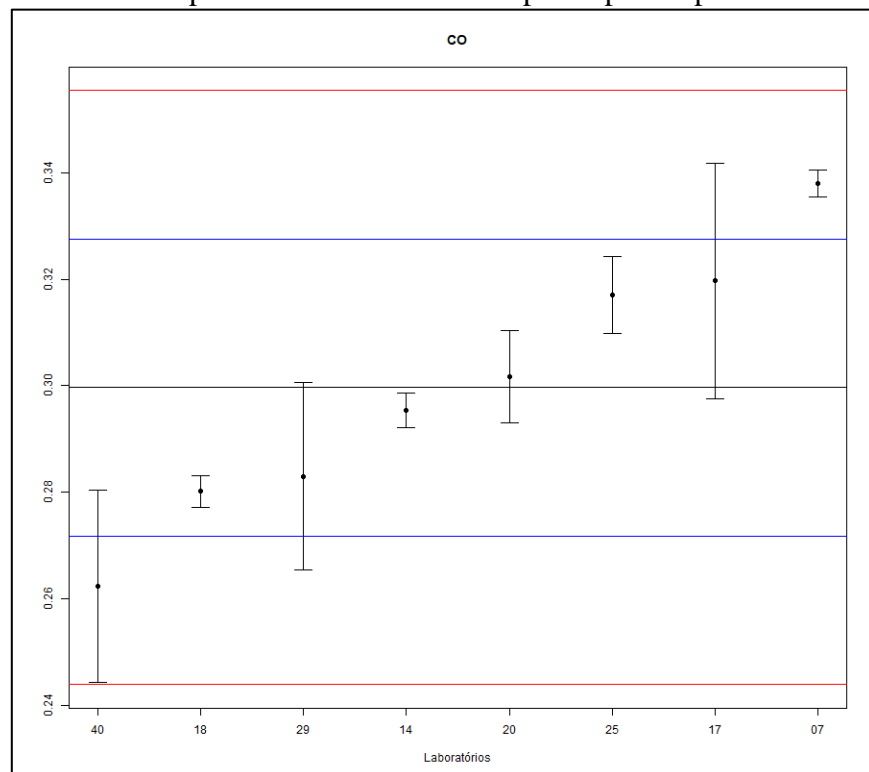
As figuras 8 a 14 apresentam graficamente as médias e os desvios-padrão dos resultados reportados para os dados de emissão pelos participantes do Grupo A – P7 para cada parâmetro analisado.

Figura 8 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO_x – Grupo A – P7.



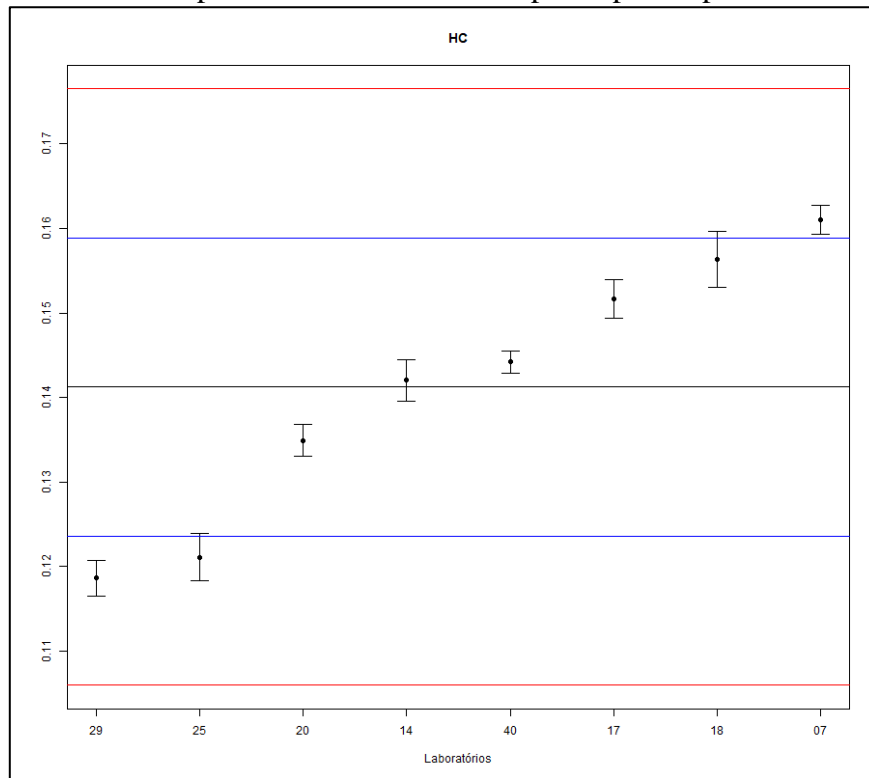
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 9 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO – Grupo A – P7.



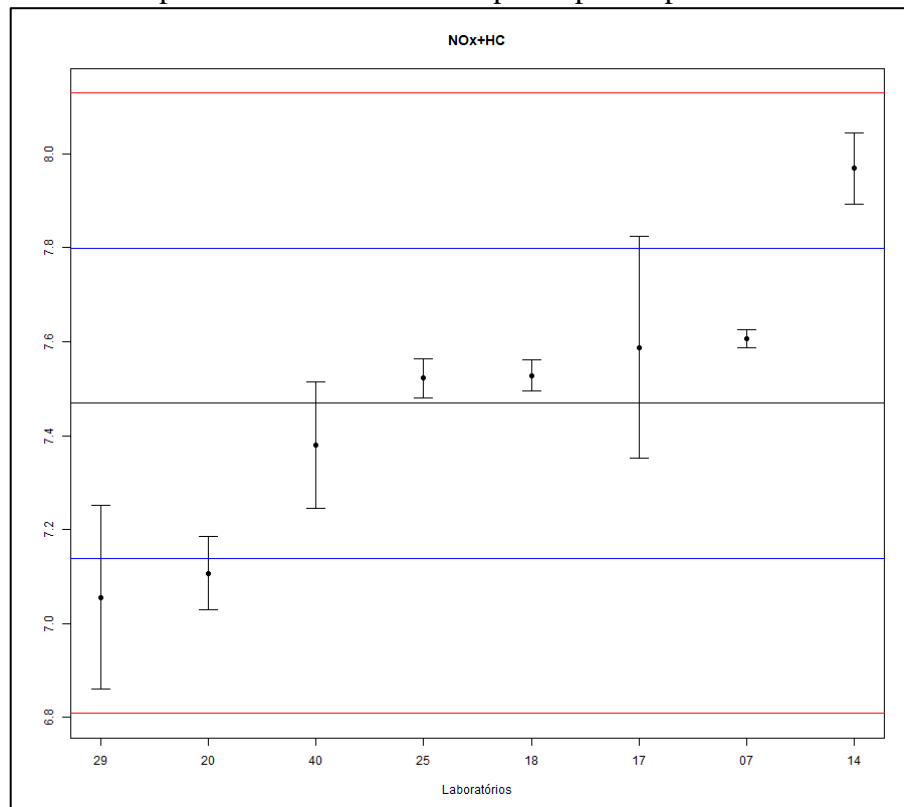
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 10 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para HC – Grupo A – P7.



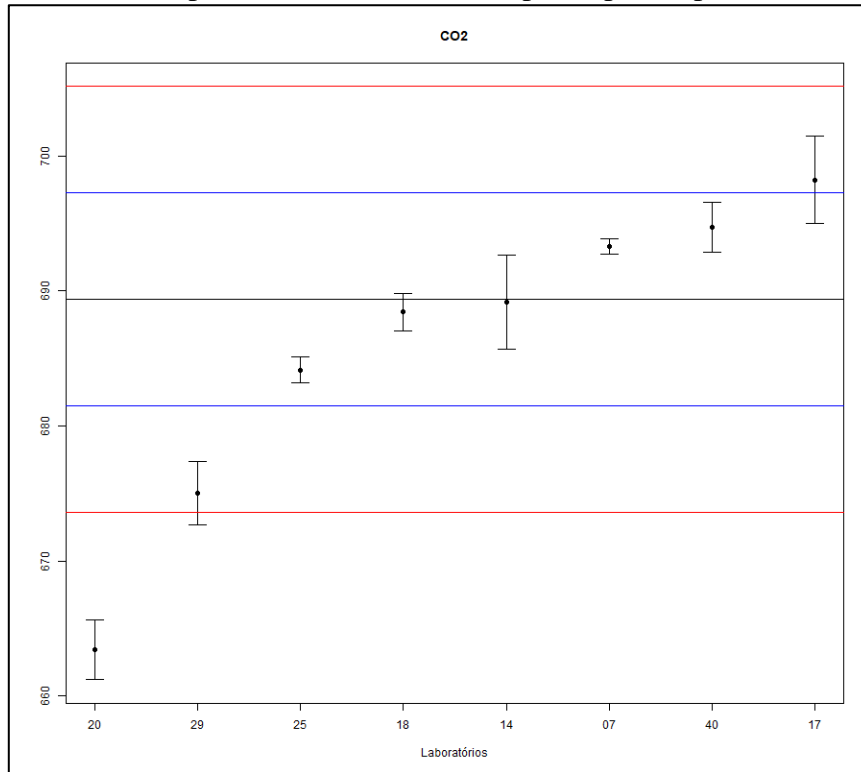
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 11 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO_x+HC – Grupo A – P7.



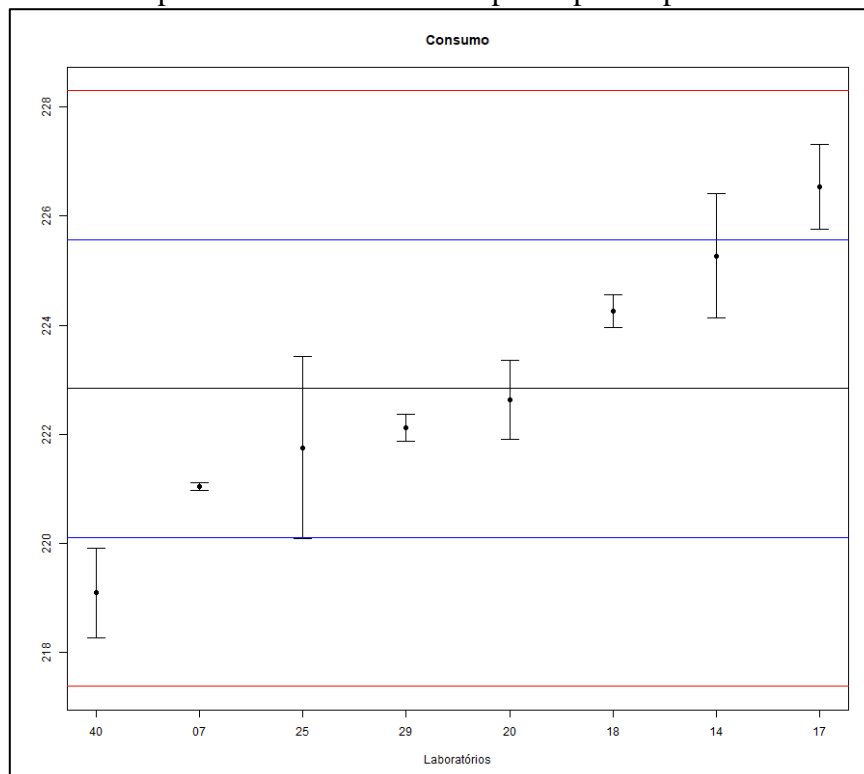
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 12 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO₂ – Grupo A – P7.



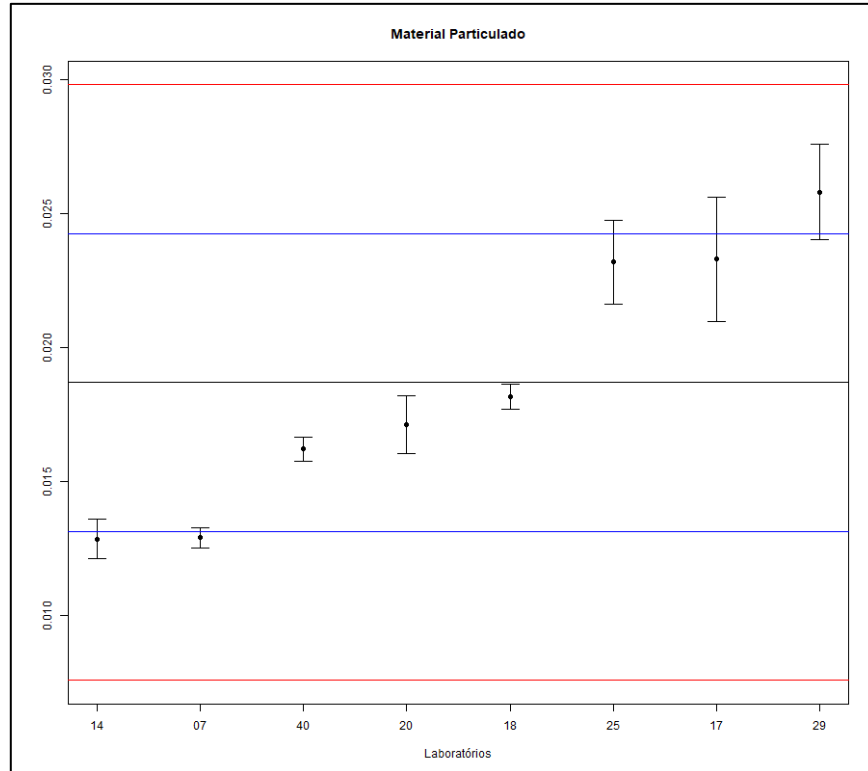
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 13 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para Consumo – Grupo A – P7.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 14 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para Material Particulado – Grupo A – P7.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Através dos gráficos, pode-se observar que:

NO_x (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 14, 20 e 29 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 17 apresentou a maior dispersão.

CO (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 07 e 40 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e os participantes 17, 29 e 40 apresentaram a maior dispersão.

HC (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 07, 25 e 29 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s.

NO_x+HC (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 14, 20 e 29 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 17 apresentou a maior dispersão.

CO₂ (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 17 e 29 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 20 apresentou resultado fora do intervalo Ref ± 2s.

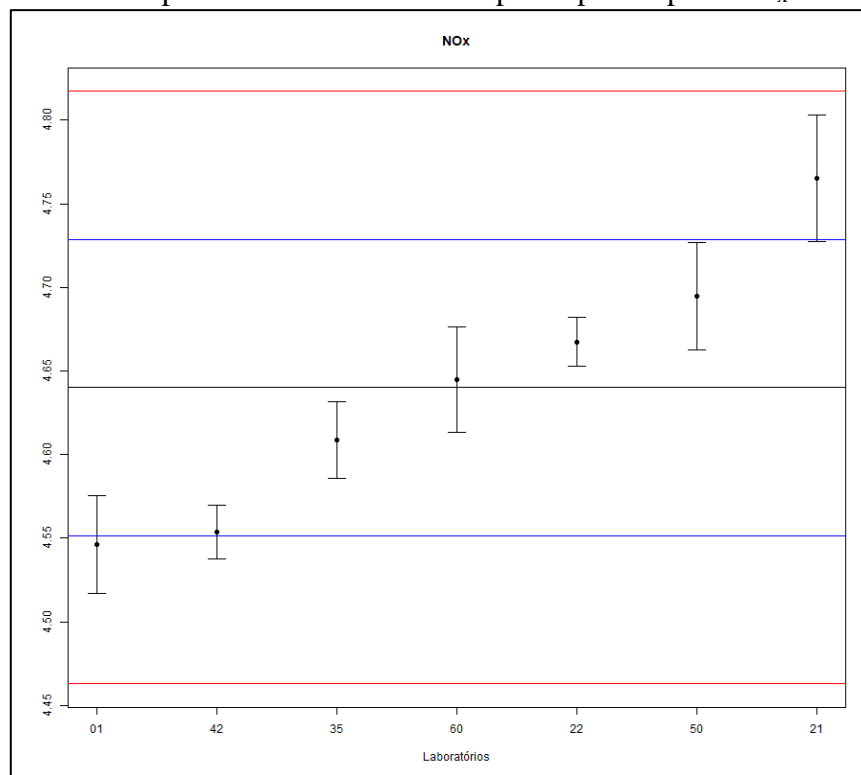
Consumo (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 17 e 40 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 25 apresentou a maior dispersão.

Material Particulado: 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$. Os participantes 07, 14 e 29 apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 2s$ e o participante 17 apresentou a maior dispersão.

6.3. Emissões Grupo B – MAR I

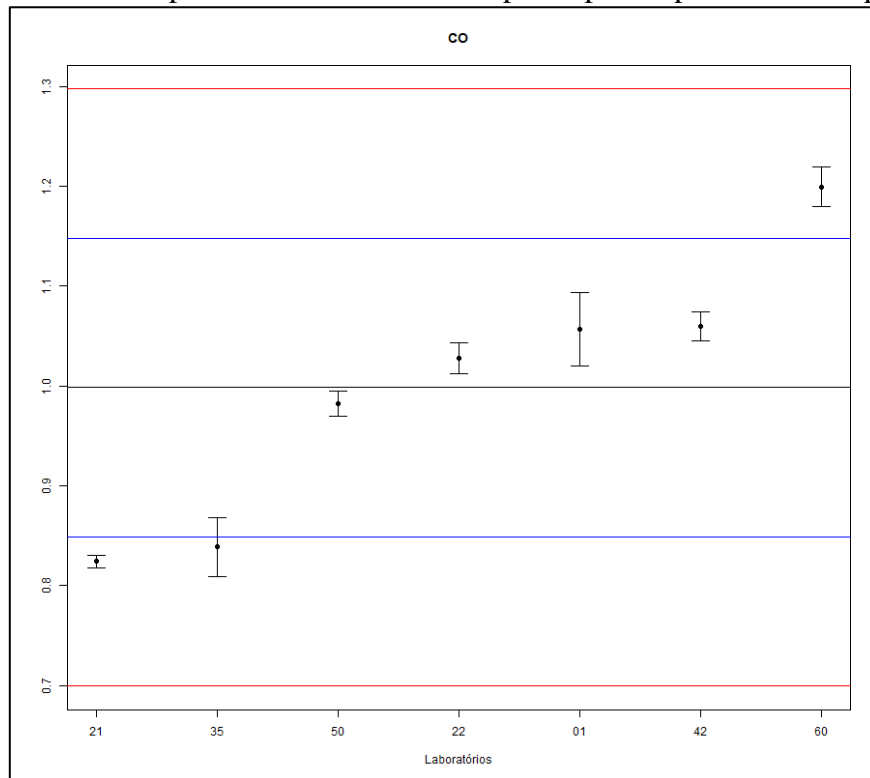
As figuras 15 a 21 apresentam graficamente as médias e os desvios-padrão dos resultados reportados para os dados de emissão pelos participantes do Grupo B – MAR I para cada parâmetro analisado.

Figura 15 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO_x – Grupo B – MAR I.



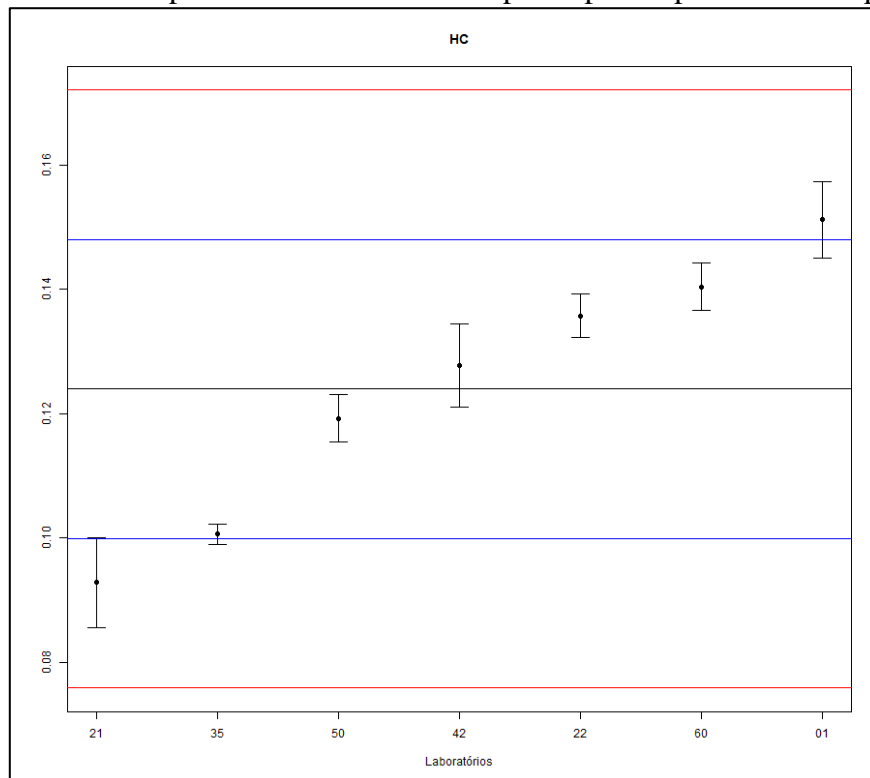
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 16 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO – Grupo B – MAR I.



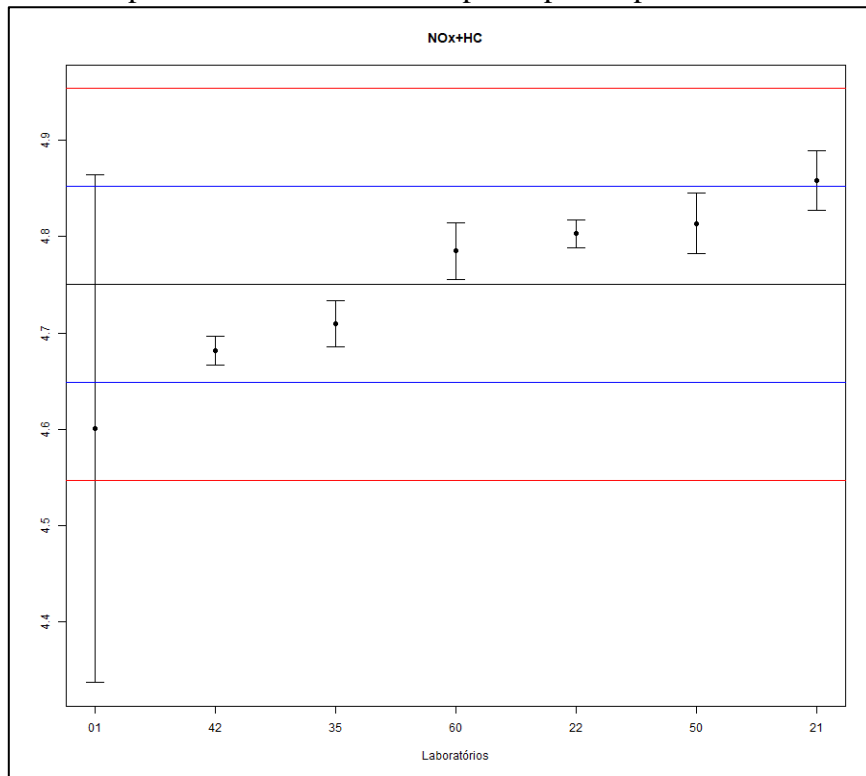
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 17 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para HC – Grupo B – MAR I.



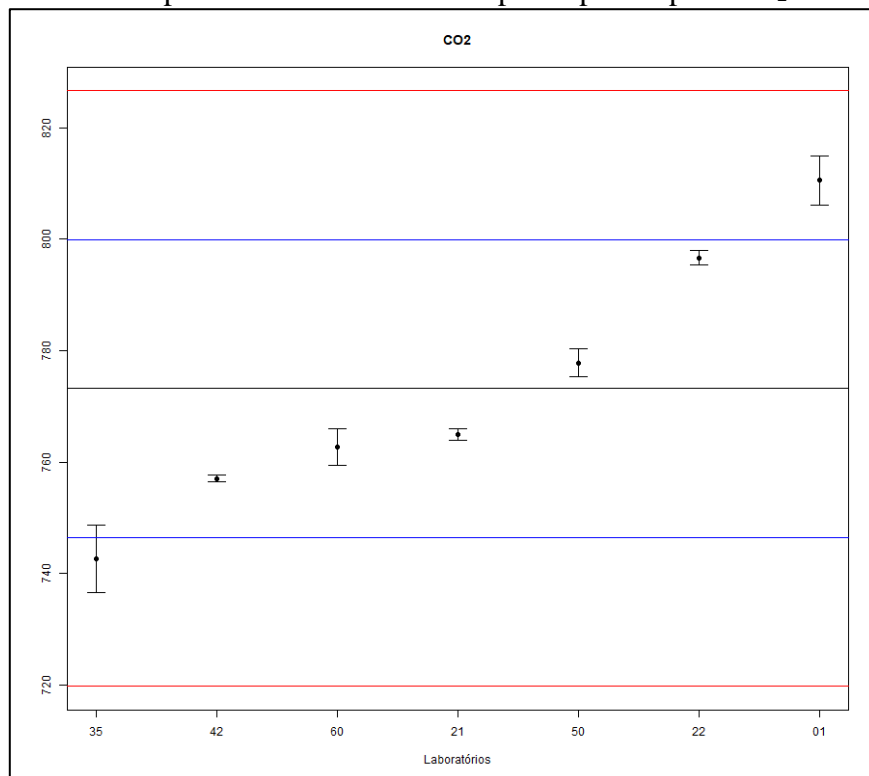
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 18 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO_x+HC – Grupo B – MAR I.



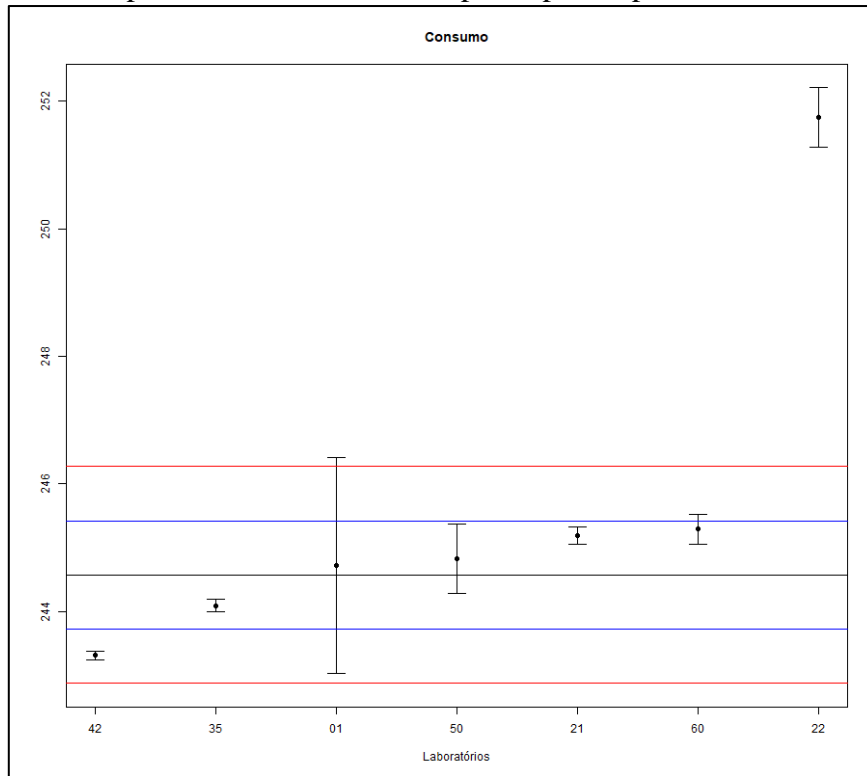
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 19 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO₂ – Grupo B – MAR I.



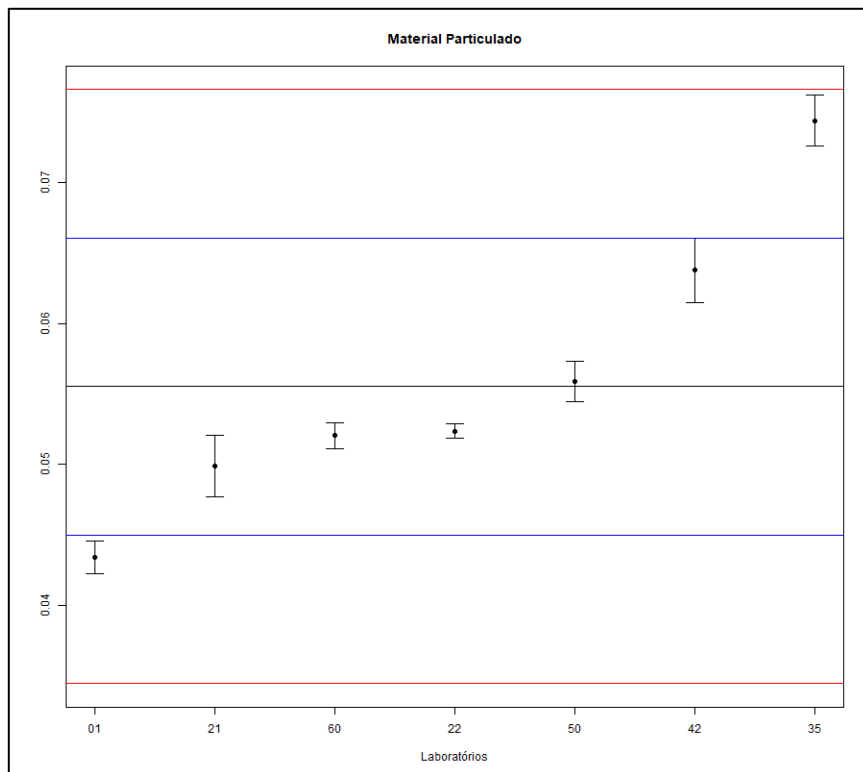
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 20 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para Consumo – Grupo B – MAR I.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 21 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para Material Particulado – Grupo B – MAR I.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Através dos gráficos, pode-se observar que:

NO_x (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$. Os participantes 01 e 21 apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 2s$ e o participante 21 apresentou a maior dispersão.

CO (g/kWh): 4 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$. Os participantes 21, 35 e 60 apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 2s$.

HC (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$. Os participantes 01 e 21 apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 2s$.

NO_x+HC (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$. Os participantes 01 e 21 apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 2s$ e o participante 01 apresentou a maior dispersão.

CO₂ (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$. Os participantes 01 e 35 apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 2s$.

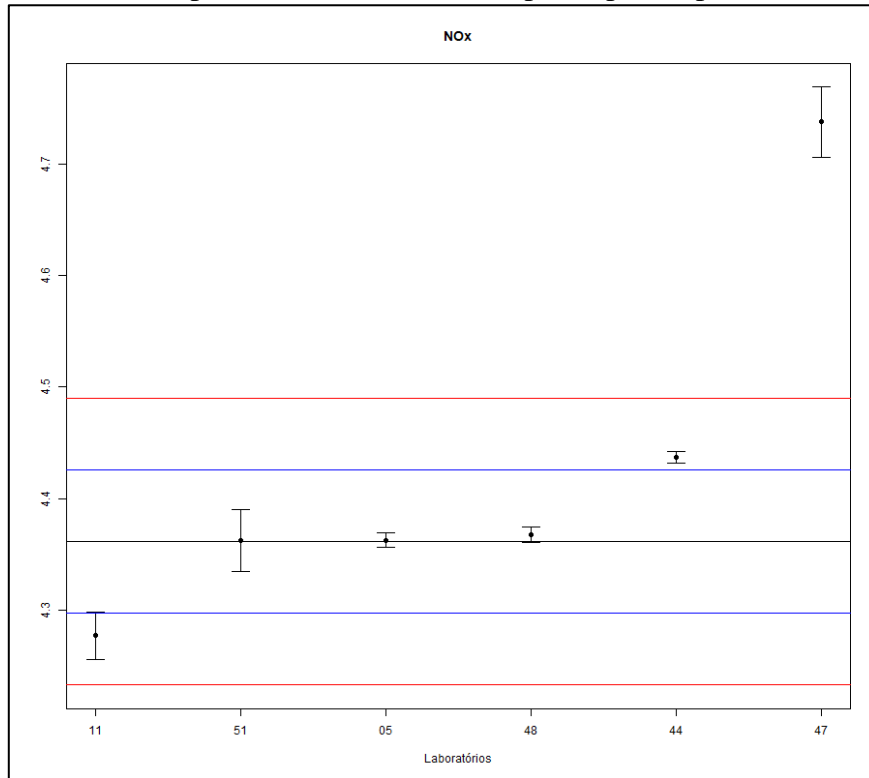
Consumo (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$ O participante 42 apresentou resultado dentro do intervalo $Ref \pm 2s$. e o participante 22 apresentou resultado fora do intervalo $Ref \pm 2s$.

Material Particulado: 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$. Os participantes 01 e 35 apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 2s$.

6.4. Emissões Grupo B – P7

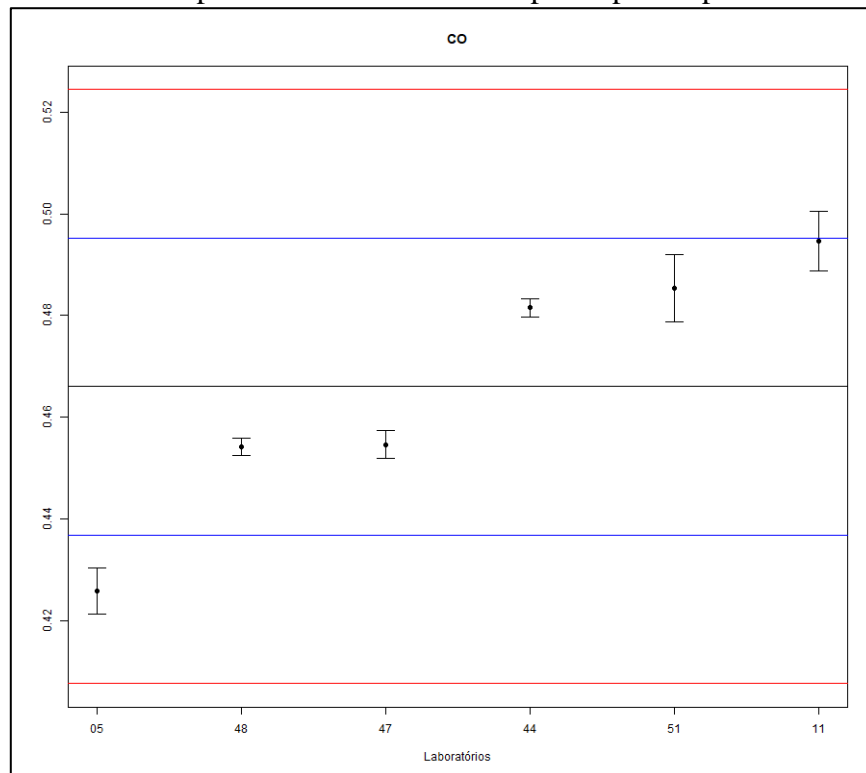
As figuras 22 a 28 apresentam graficamente as médias e os desvios-padrão dos resultados reportados para os dados de emissão do Grupo B – P7 pelos participantes para cada parâmetro analisado.

Figura 22 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO_x – Grupo B – P7.



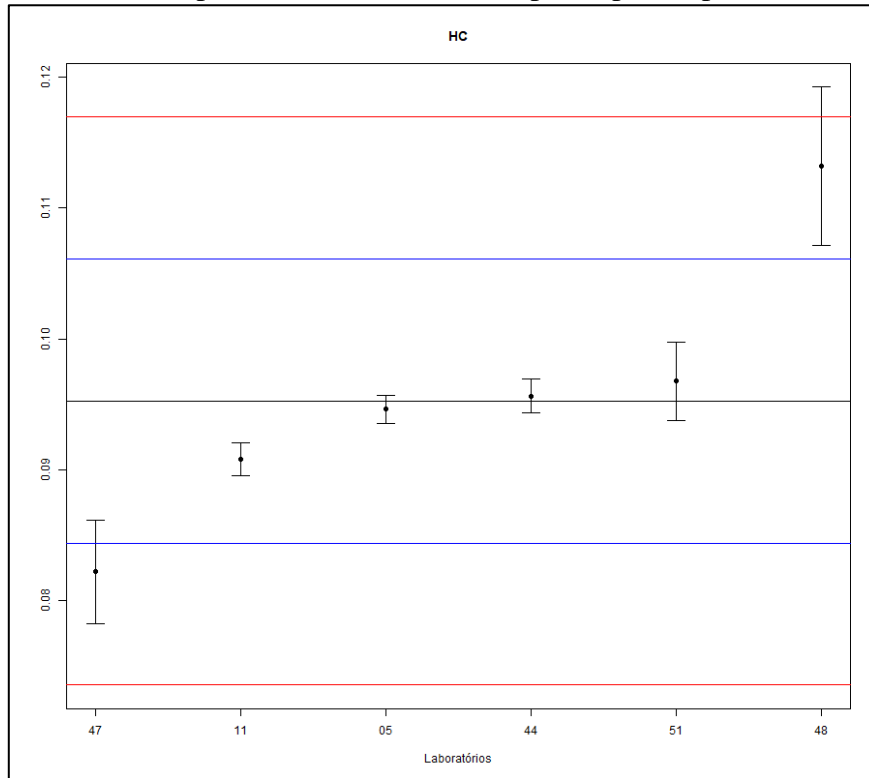
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 23 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO – Grupo B – P7.



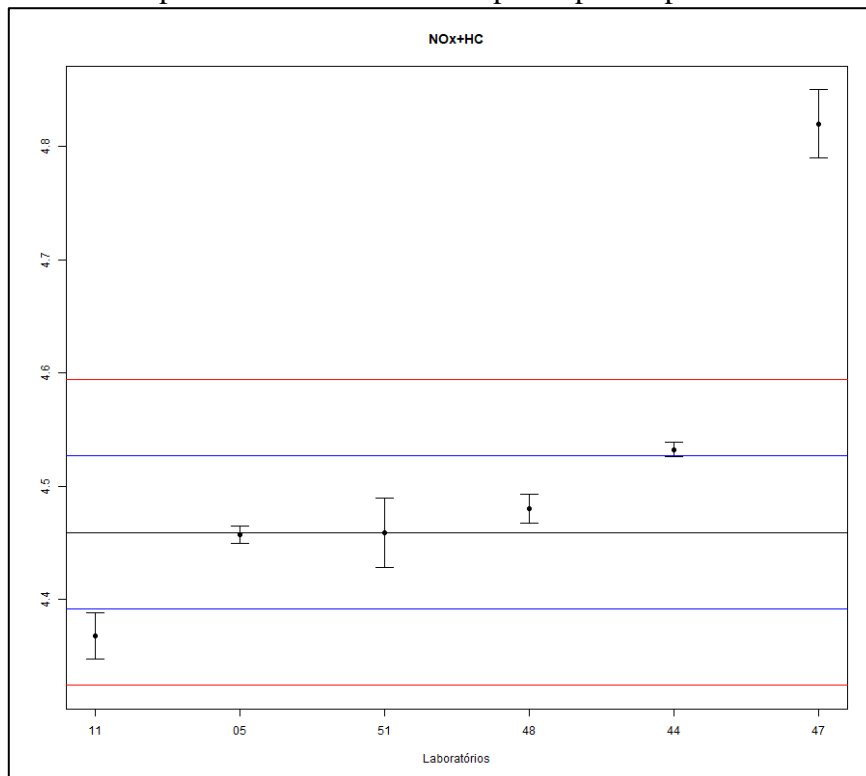
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 24 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para HC – Grupo B – P7.



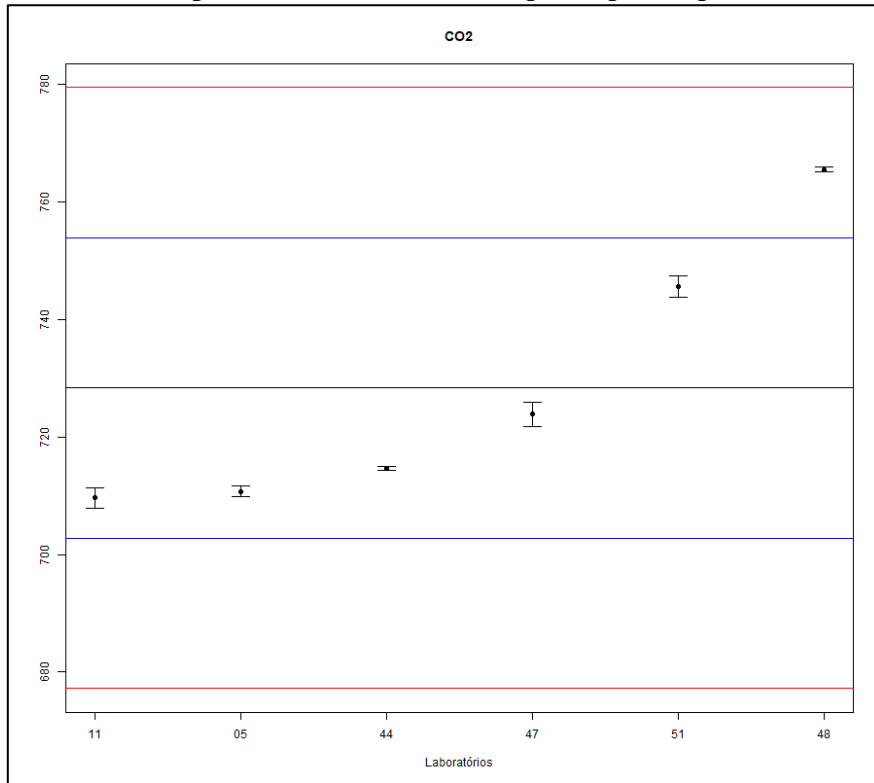
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 25 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO_x+HC – Grupo B – P7.



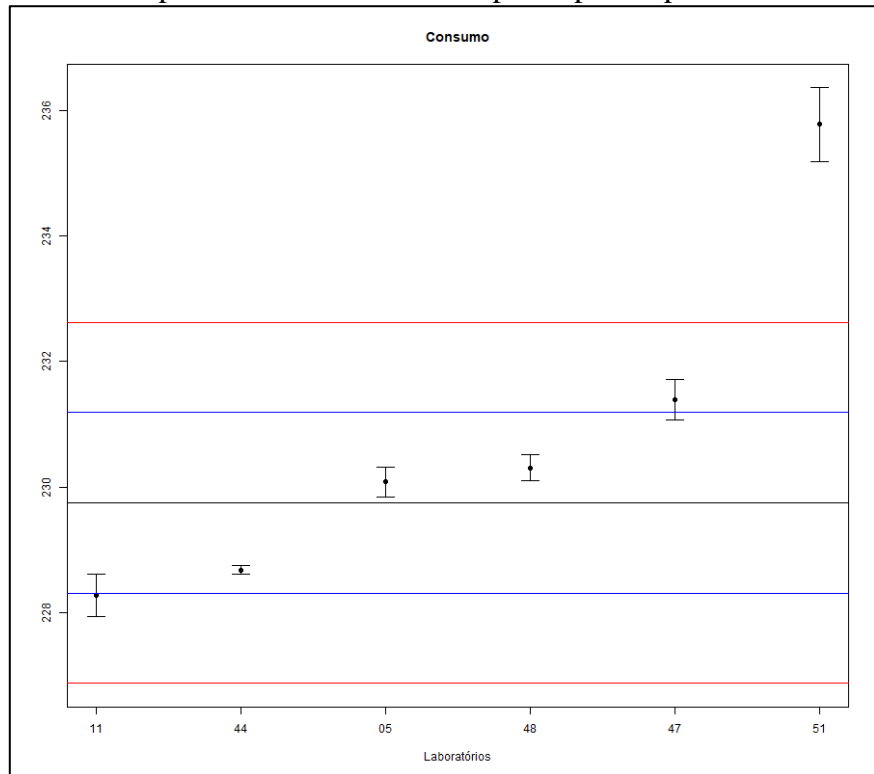
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 26 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO₂ – Grupo B – P7.



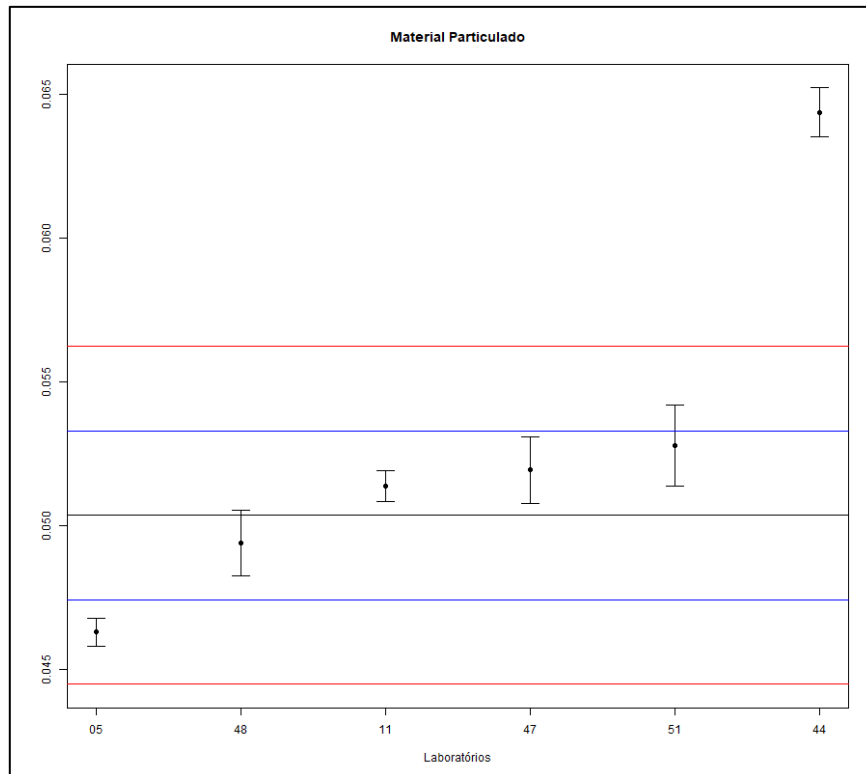
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 27 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para Consumo – Grupo B – P7.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 28 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para Material Particulado – Grupo B – P7.



Através dos gráficos, pode-se observar que:

NO_x (g/kWh): 3 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 11 e 44 dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 47 apresentou resultado fora do intervalo Ref ± 2s.

CO (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. O participante 05 apresentou resultado dentro do intervalo Ref ± 2s.

HC (g/kWh): 4 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 47 e 48 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 48 apresentou a maior dispersão de resultados.

NO_x+HC (g/kWh): 3 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. Os participantes 11 e 44 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s; e o participante 47 apresentou resultado fora do intervalo Ref ± 2s.

CO₂ (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s. O participante 48 apresentou resultado dentro do intervalo Ref ± 2s.

Consumo (g/kWh): 3 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 1s; os participantes 11 e 47 apresentaram resultados dentro do intervalo Ref ± 2s e o participante 51 apresentou resultado fora do intervalo Ref ± 2s.

Material Particulado: 4 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo $Ref \pm 1s$. O participante 05 apresentou resultado dentro do intervalo $Ref \pm 2s$ e o participante 44 apresentou resultado fora do intervalo $Ref \pm 2s$.

7. Resultados dos Participantes

7.1. Resultados de Média e Desvio-Padrão

7.1.1. Média e Desvio-Padrão Grupo A – MAR I

As tabelas 17 e 18 apresentam as médias e os desvios-padrão de cada participante, onde o resultado é o valor médio das replicatas.

Nota: Foram consideradas todas as casas decimais para os cálculos realizados, porém nas tabelas 17 e 18 os valores estão arredondados com os mesmos números de casas decimais solicitado no formulário de resultados.

Tabela 17– Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros NO_x , CO, HC, NO_x+HC e CO_2 - Grupo A – MAR I.

Código	NO_x (g/kWh)		CO (g/kWh)		HC (g/kWh)		NO_x+HC (g/kWh)		CO_2 (g/kWh)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio padrão
08	7,056	0,040	0,416	0,011	0,148	0,004	7,204	0,041	716,83	0,24
32	6,808	0,072	0,341	0,012	0,099	0,004	6,908	0,074	691,02	1,80
34	7,156	0,021	0,414	0,005	0,201	0,002	7,356	0,020	726,01	0,42
36	7,461	0,094	0,368	0,009	0,185	0,004	7,646	0,093	716,25	3,69
45	7,042	0,027	0,340	0,002	0,179	0,002	7,222	0,028	724,51	1,60
49	7,042	0,135	0,395	0,037	0,147	0,004	7,189	0,136	722,62	11,87
55	6,646	0,015	0,386	0,003	0,166	0,000	6,812	0,015	690,94	0,86
56	7,145	0,139	0,357	0,030	0,173	0,007	7,317	0,135	726,38	0,94

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 18 – Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros Consumo e Material Particulado- Grupo A – MAR I.

Código	Consumo (g/kWh)		Material Particulado	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
08	232,36	0,89	0,024	0,002
32	232,86	0,56	0,030	0,005

Código	Consumo (g/kWh)		Material Particulado	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
34	231,54	0,04	0,018	0,000
36	234,20	1,20	0,018	0,000
45	235,27	0,54	0,028	0,001
49	229,75	0,55	0,027	0,001
55	227,87	1,12	0,023	0,001
56	225,79	1,25	0,031	0,001

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

7.1.2. Média e Desvio-Padrão Grupo A – P7

As tabelas 18 e 19 apresentam as médias e os desvios-padrão de cada participante, onde o resultado é o valor médio das replicatas.

Nota: Foram consideradas todas as casas decimais para os cálculos realizados, porém nas tabelas 19 e 20 os valores estão arredondados com os mesmos números de casas decimais solicitado no formulário de resultados.

Tabela 19 – Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros NO_x, CO, HC, NO_x+HC e CO₂ - Grupo A – P7.

Códigos	NO _x (g/kWh)		CO (g/kWh)		HC (g/kWh)		NO _x +HC (g/kWh)		CO ₂ (g/kWh)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio padrão
07	7,445	0,020	0,338	0,003	0,161	0,002	7,606	0,019	693,30	0,54
14	7,826	0,077	0,295	0,003	0,142	0,002	7,968	0,075	689,16	3,49
17	7,436	0,237	0,320	0,022	0,152	0,002	7,588	0,235	698,23	3,23
18	7,371	0,033	0,280	0,003	0,156	0,003	7,528	0,033	688,45	1,37
20	6,973	0,079	0,302	0,009	0,135	0,002	7,107	0,078	663,44	2,23
25	7,401	0,044	0,317	0,007	0,121	0,003	7,522	0,042	684,16	0,97
29	6,937	0,196	0,283	0,018	0,119	0,002	7,056	0,195	675,03	2,37
40	7,237	0,134	0,262	0,018	0,144	0,001	7,380	0,135	694,73	1,85

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 20 – Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros Consumo e Material Particulado - Grupo A – P7.

Códigos	Consumo (g/kWh)		Material Particulado	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
07	221,05	0,07	0,013	0,000
14	225,27	1,14	0,013	0,001
17	226,54	0,78	0,023	0,002
18	224,26	0,30	0,018	0,000
20	222,64	0,73	0,017	0,001
25	221,76	1,67	0,023	0,002
29	222,12	0,25	0,026	0,002
40	219,09	0,82	0,016	0,000

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

7.1.3. Média e Desvio-Padrão Grupo B – MAR I

As tabelas 21 e 22 apresentam as médias e os desvios-padrão de cada participante, onde o resultado é o valor médio das replicatas.

Nota: Foram consideradas todas as casas decimais para os cálculos realizados, porém nas tabelas 21 e 22 os valores estão arredondados com os mesmos números de casas decimais solicitado no formulário de resultados.

Tabela 21 – Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros NO_x, CO, HC, NO_x+HC e CO₂ - Grupo B – MAR I.

Código	NO _x (g/kWh)		CO (g/kWh)		HC (g/kWh)		NO _x +HC (g/kWh)		CO ₂ (g/kWh)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio padrão
01	4,546	0,029	1,057	0,037	0,151	0,006	4,601	0,264	810,56	4,45
21	4,765	0,038	0,824	0,006	0,093	0,007	4,858	0,031	764,93	1,09
22	4,667	0,015	1,028	0,015	0,136	0,003	4,803	0,014	796,65	1,30
35	4,609	0,023	0,839	0,030	0,101	0,002	4,709	0,024	742,71	6,08
42	4,554	0,016	1,059	0,015	0,128	0,007	4,681	0,015	757,08	0,65
50	4,695	0,032	0,982	0,012	0,119	0,004	4,814	0,031	777,81	2,54
60	4,645	0,031	1,199	0,020	0,140	0,004	4,785	0,029	762,72	3,27

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 22 – Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros Consumo e Material Particulado- Grupo B – MAR I.

Código	Consumo (g/kWh)		Material Particulado	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
01	244,72	1,70	0,043	0,001
21	245,19	0,13	0,050	0,002
22	251,75	0,46	0,052	0,000
35	244,09	0,10	0,074	0,002
42	243,31	0,07	0,064	0,002
50	244,83	0,55	0,056	0,001
60	245,29	0,23	0,052	0,001

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

7.1.4. Média e Desvio-Padrão Grupo B – P7

As tabelas 22 e 23 apresentam as médias e os desvios-padrão de cada participante, onde o resultado é o valor médio das replicatas.

Nota: Foram consideradas todas as casas decimais para os cálculos realizados, porém nas tabelas 22 e 23 os valores estão arredondados com os mesmos números de casas decimais solicitado no formulário de resultados.

Tabela 22 – Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros NO_x, CO, HC, NO_x+HC e CO₂ - Grupo B – P7.

Códigos	NO _x (g/kWh)		CO (g/kWh)		HC (g/kWh)		NO _x +HC (g/kWh)		CO ₂ (g/kWh)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
05	4,363	0,007	0,426	0,004	0,095	0,001	4,457	0,008	710,74	0,86
11	4,277	0,021	0,495	0,006	0,091	0,001	4,368	0,020	709,63	1,76
44	4,437	0,005	0,482	0,002	0,096	0,001	4,532	0,006	714,71	0,31
47	4,738	0,031	0,455	0,003	0,082	0,004	4,820	0,030	723,87	2,04
48	4,367	0,007	0,454	0,002	0,113	0,006	4,480	0,013	765,53	0,39
51	4,362	0,028	0,485	0,007	0,097	0,003	4,459	0,030	745,56	1,79

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Tabela 23 – Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros Consumo e Material Particulado- Grupo B – P7.

Códigos	Consumo (g/kWh)		Material Particulado	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
05	230,08	0,24	0,046	0,000
11	228,28	0,34	0,051	0,001
44	228,68	0,07	0,064	0,001
47	231,40	0,33	0,052	0,001
48	230,30	0,21	0,049	0,001
51	235,78	0,59	0,053	0,001

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

7.2. Índice z

7.2.1. Emissões - índice z

Para a avaliação do desempenho dos participantes foram calculados os valores do índice z, após a retirada dos discrepantes, utilizando-se a média e o desvio-padrão robusto dos resultados de cada parâmetro de emissões.

7.2.2. Emissões Grupo A – MAR I

Nas tabelas 24 e 25 e nas figuras de 29 a 35 estão apresentados os resultados do Grupo A – MAR I.

Tabela 24 – Valores de índice z para os parâmetros NO_x, CO, HC, NO_x+HC e CO₂ – do Grupo A – MAR I.

Código	NO _x (g/kWh)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x +HC (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)
	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z
08	0,05	1,13	-1,06	-0,01	0,15
32	-0,86	-1,04	-3,27	-1,02	-1,38
34	0,41	1,07	1,34	0,51	0,69
36	1,54	-0,27	0,61	1,49	0,11
45	0,00	-1,08	0,37	0,05	0,60
49	0,00	0,53	-1,09	-0,06	0,49
55	-1,46	0,26	-0,23	-1,34	-1,38
56	0,37	-0,59	0,07	0,38	0,71

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

* Resultado satisfatório

* Resultado questionável

* Resultado insatisfatório

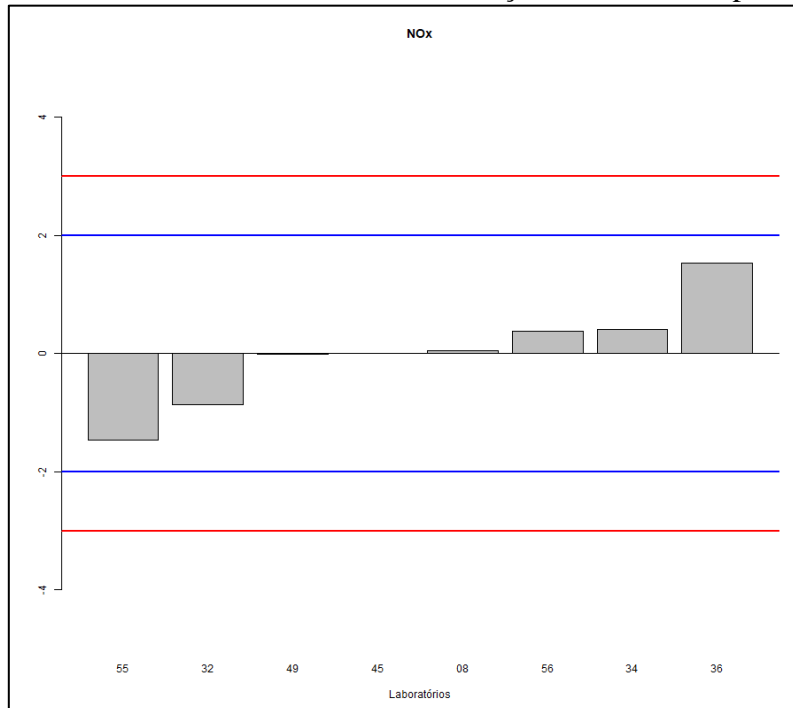
Tabela 25 – Valores de índice z para os parâmetros Consumo e Material Particulado – do Grupo A – MAR I.

Código	Consumo (g/kWh)	Material Particulado
	Índice z	Índice z
08	0,32	-0,15
32	0,45	0,92
34	0,09	-1,23
36	0,82	-1,23
45	1,12	0,57
49	-0,40	0,41
55	-0,92	-0,29
56	-1,49	0,99

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

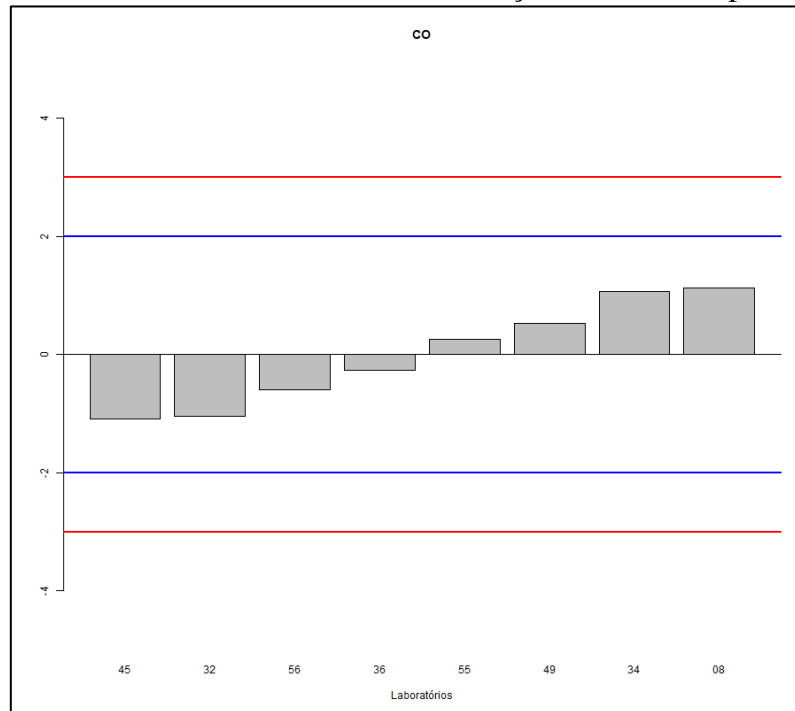
- * Resultado satisfatório
- * Resultado questionável
- * Resultado insatisfatório

Figura 29 – Gráfico do índice z referente à medição de NO_x – Grupo A – MAR I.



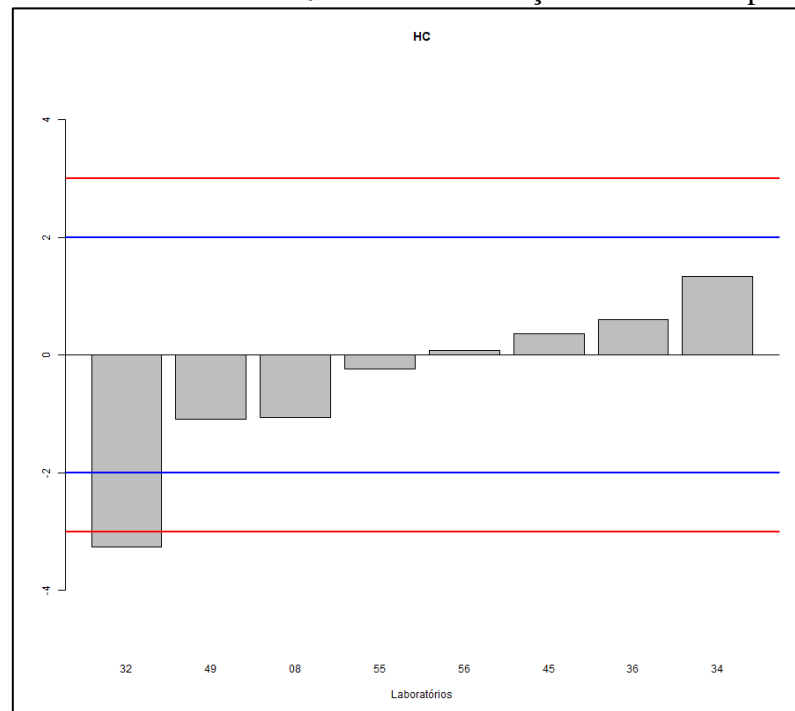
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 30 – Gráfico do índice z referente à medição de CO – Grupo A – MAR I.



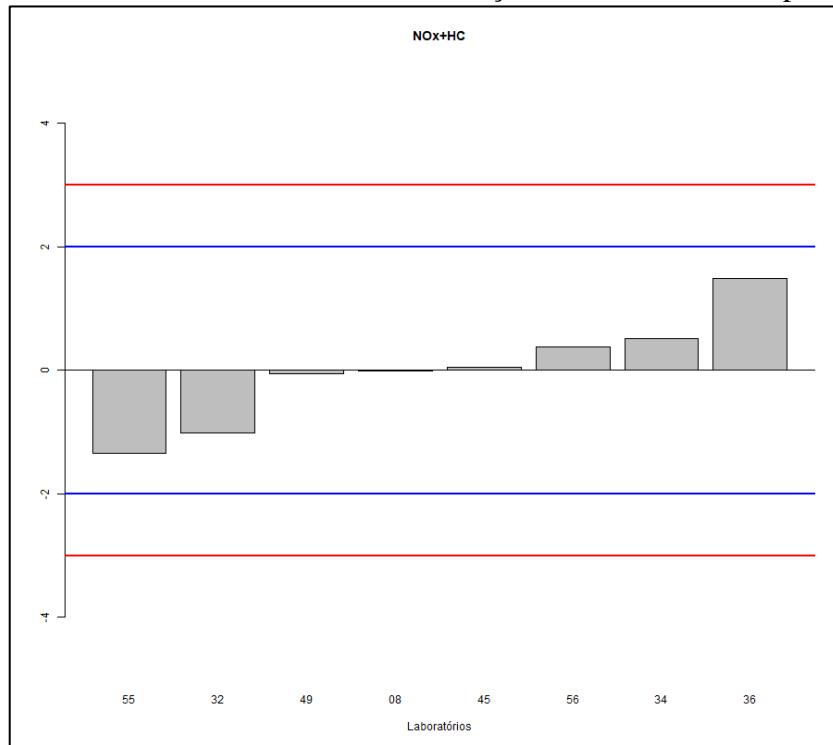
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 31 – Gráfico do índice z referente à medição de HC – Grupo A – MAR I.



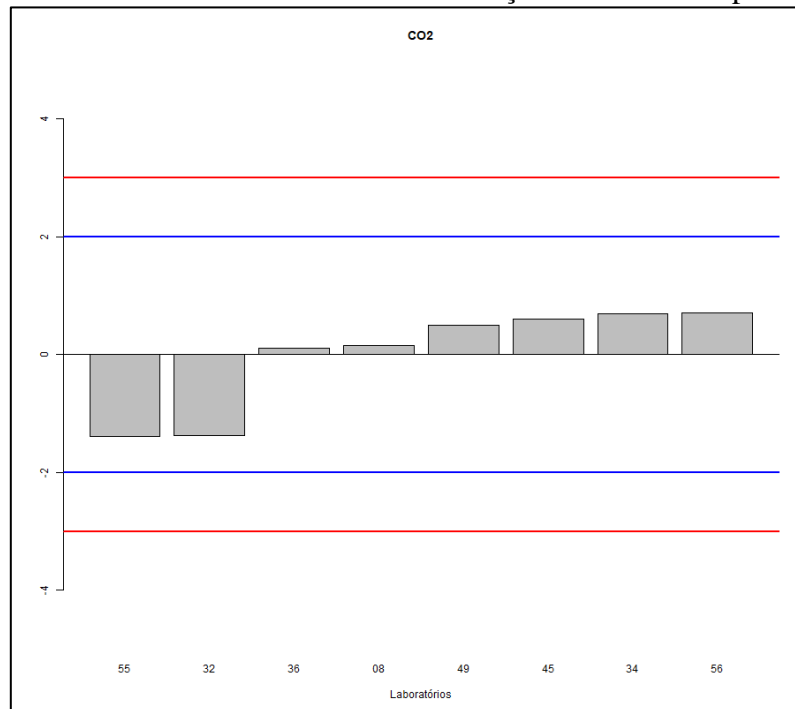
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 32 – Gráfico do índice z referente à medição de NO_x+HC – Grupo A – MAR I.



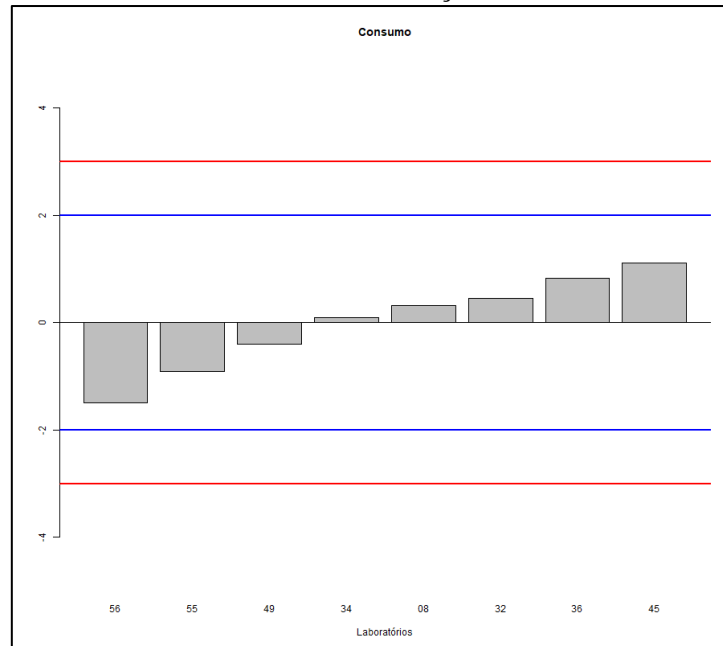
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 33 – Gráfico do índice z referente à medição de CO₂ – Grupo A – MAR I.



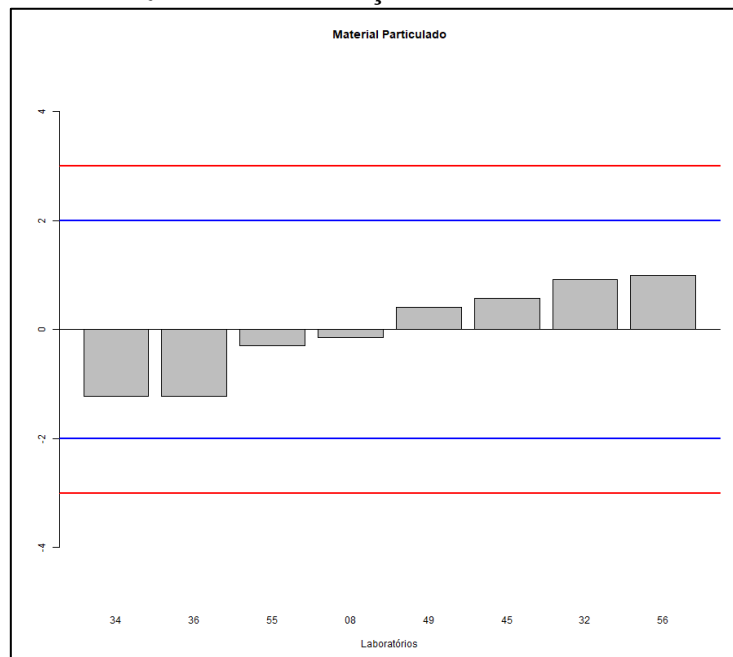
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 34 – Gráfico do índice z referente à medição de Consumo– Grupo A – MAR I.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 35 – Gráfico do índice z referente à medição de Material Particulado – Grupo A – MAR I.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Através dos gráficos, pode-se observar que:

NO_x (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

CO (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

HC (g/kWh): 7 participantes apresentaram resultados satisfatórios; e o participante 32 apresentou resultado insatisfatório.

NO_x+HC (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

CO₂ (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

Consumo (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

Material Particulado: 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

7.2.3 Emissões Grupo A – P7

Nas tabelas 26 e 27 e nas figuras de 36 a 42 estão apresentados estes resultados do Grupo A – P7.

Tabela 26 – Valores de índice z para os parâmetros NO_x, CO, HC, NO_x+HC e CO₂ – do Grupo A – P7.

Código	NO _x (g/kWh)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x +HC (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)
	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z
07	0,38	1,37	1,12	0,42	0,50
14	1,59	-0,15	0,04	1,51	-0,03
17	0,35	0,72	0,59	0,36	1,12
18	0,15	-0,70	0,86	0,18	-0,12
20	-1,12	0,07	-0,36	-1,10	-3,28
25	0,24	0,62	-1,14	0,16	-0,66
29	-1,23	-0,60	-1,28	-1,25	-1,82
40	-0,28	-1,34	0,17	-0,27	0,68

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

* Resultado satisfatório

* Resultado questionável

* Resultado insatisfatório

Tabela 27 – Valores de índice z para os parâmetros Consumo e Material Particulado – do Grupo A – P7.

Código	Consumo (g/kWh)	Material Particulado
	Índice z	Índice z
07	-0,66	-1,04
14	0,89	-1,05
17	1,36	0,83
18	0,52	-0,09
20	-0,07	-0,28
25	-0,40	0,81
29	-0,27	1,28
40	-1,37	-0,45

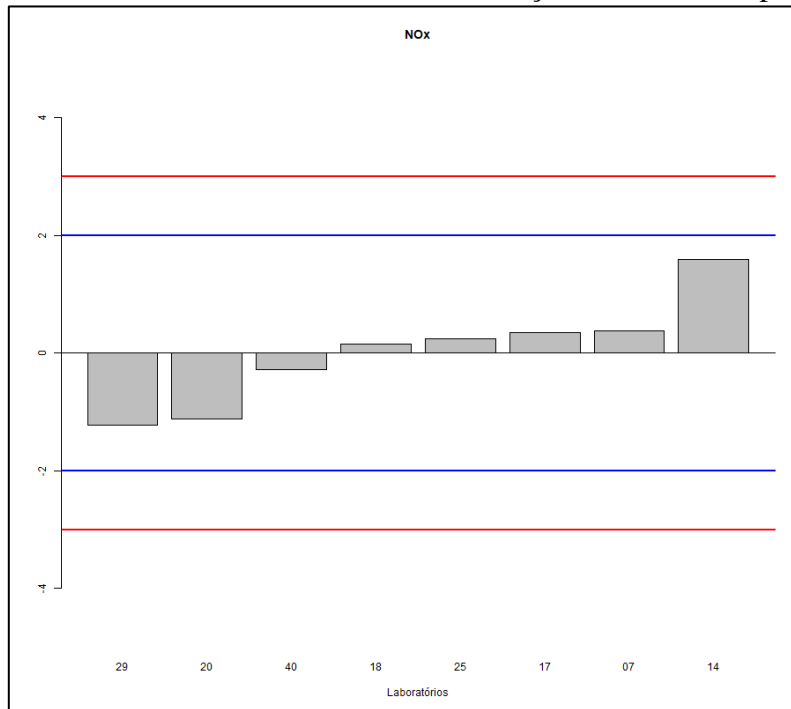
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

* Resultado satisfatório

* Resultado questionável

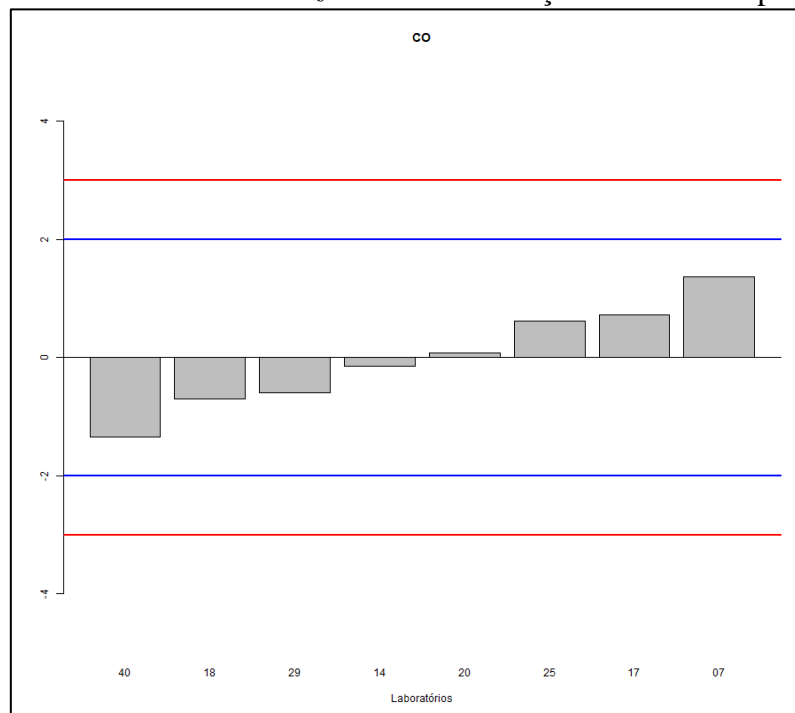
* Resultado insatisfatório

Figura 36 – Gráfico do índice z referente à medição de NO_x – Grupo A – P7.



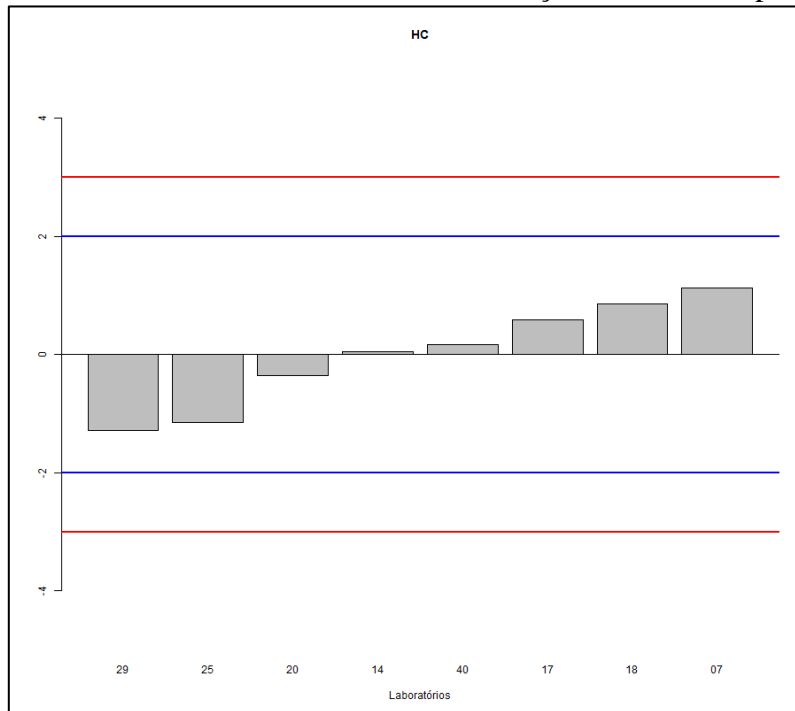
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 37 – Gráfico do índice z referente à medição de CO – Grupo A – P7.



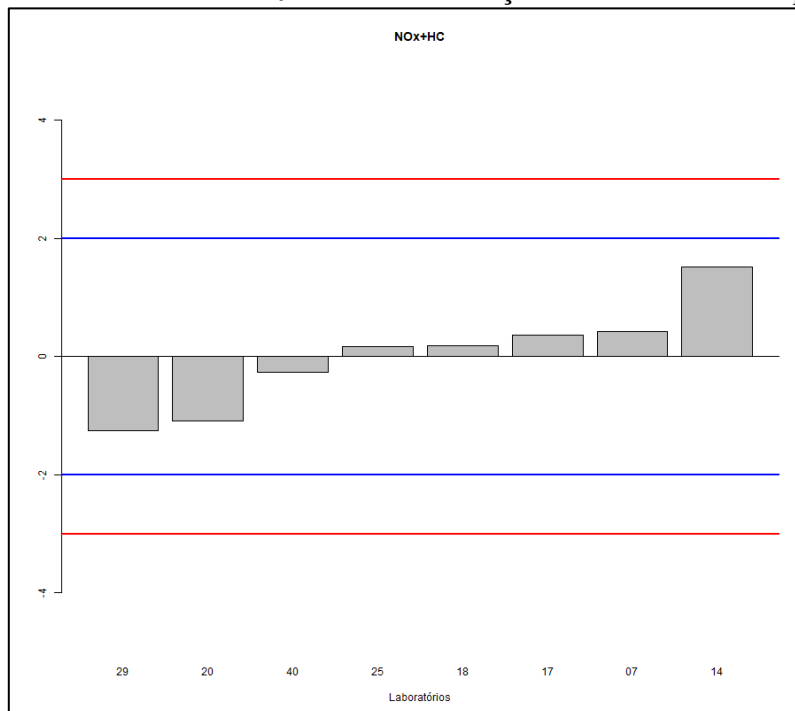
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 38 – Gráfico do índice z referente à medição de HC – Grupo A – P7.



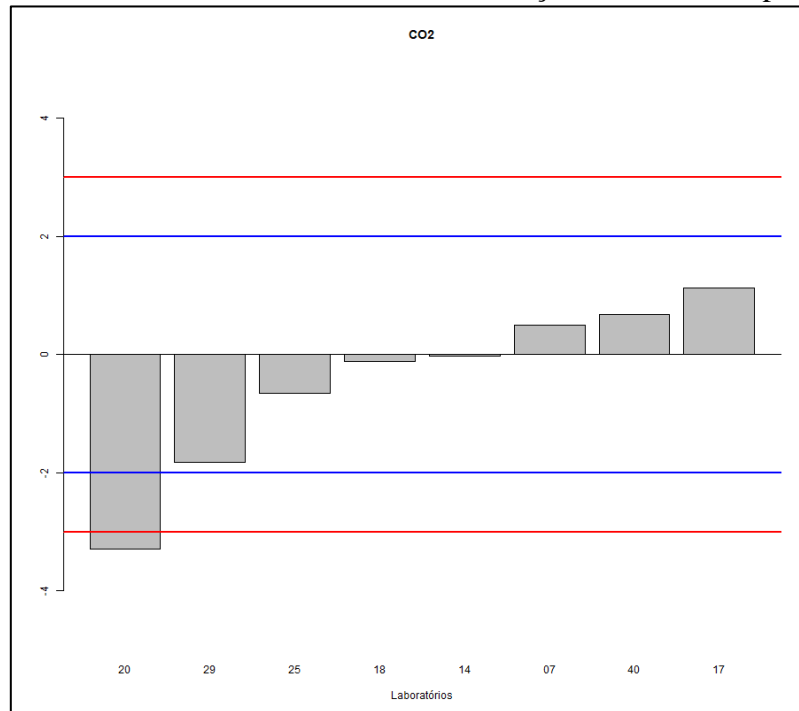
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 39 – Gráfico do índice z referente à medição de NO_x+HC – Grupo A – P7.



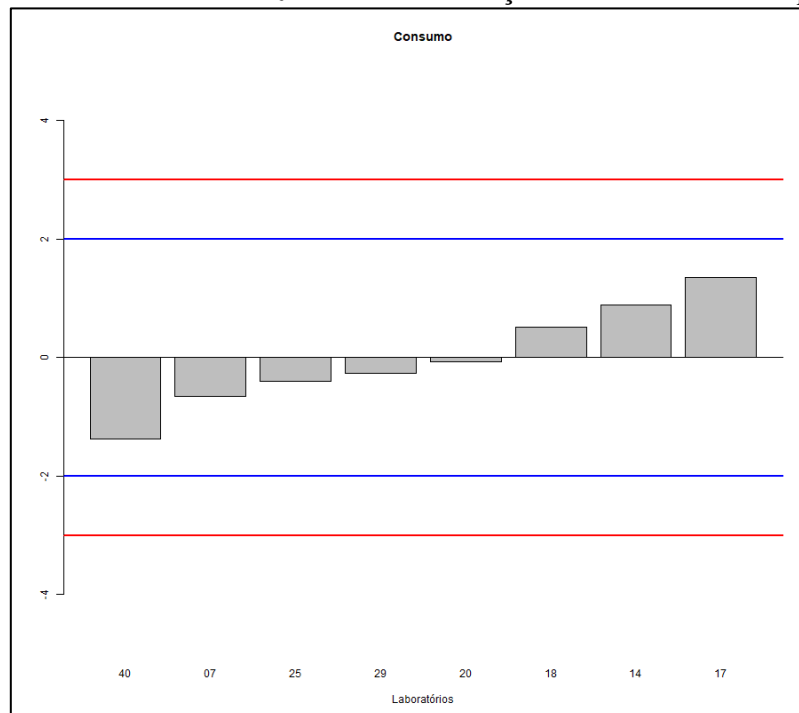
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 40 – Gráfico do índice z referente à medição de CO₂ – Grupo A – P7.



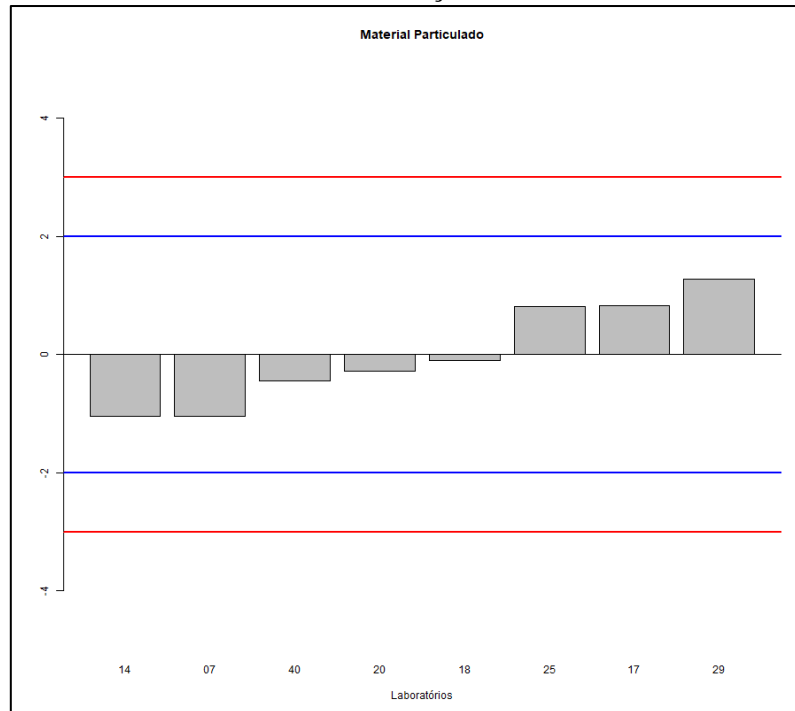
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 41 – Gráfico do índice z referente à medição de Consumo – Grupo A – P7.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 42 – Gráfico do índice z referente à medição de Material Particulado – Grupo A – P7.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Através dos gráficos, pode-se observar que:

NO_x (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

CO (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

HC (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

NO_x+HC (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

CO₂ (g/kWh): 7 participantes apresentaram resultados satisfatórios; e o participante 20 apresentou resultado insatisfatório.

Consumo (g/kWh): 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

Material Particulado: 8 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

7.2.4 Emissões Grupo B – MAR I

Nas tabelas 28 e 29 e nas figuras de 43 a 49 estão apresentados estes resultados do Grupo B – MAR I.

Tabela 28 – Valores de índice z para os parâmetros NO_x, CO, HC, NO_x+HC e CO₂ – do Grupo B – MAR I.

Código	NO _x (g/kWh)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x +HC (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)
	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z
01	-1,06	0,39	1,13	-1,47	1,40
21	1,41	-1,17	-1,30	1,06	-0,31
22	0,31	0,20	0,49	0,52	0,88
35	-0,35	-1,07	-0,97	-0,40	-1,14

Código	NO _x (g/kWh)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x +HC (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)
	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z
42	-0,98	0,41	0,16	-0,68	-0,60
50	0,62	-0,11	-0,20	0,63	0,17
60	0,05	1,34	0,68	0,34	-0,39

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

- * Resultado satisfatório
- * Resultado questionável
- * Resultado insatisfatório

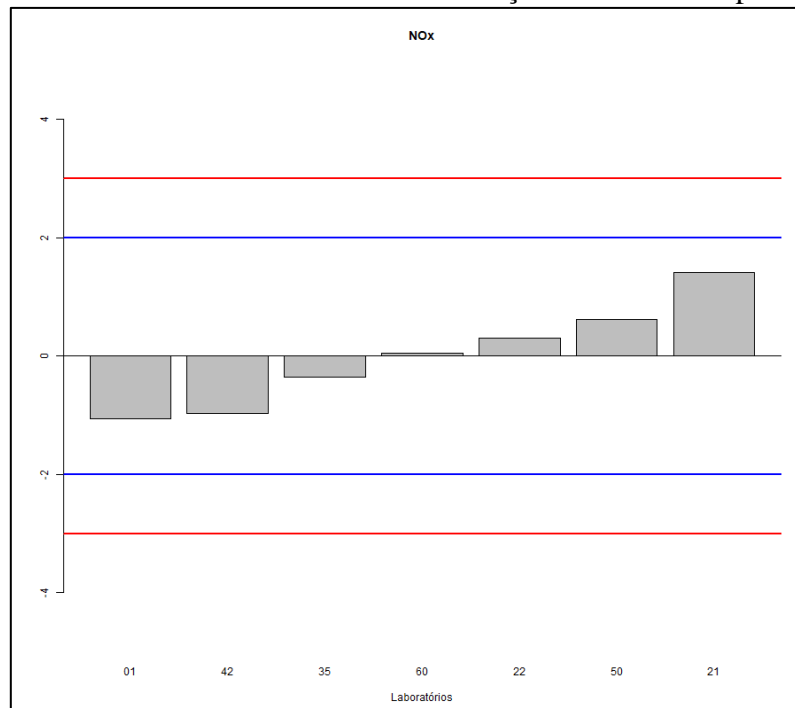
Tabela 29 – Valores de índice z para os parâmetros Consumo e Material Particulado – do Grupo B – MAR I.

Código	Consumo (g/kWh)	Material Particulado
	Índice z	Índice z
01	0,17	-1,15
21	0,73	-0,54
22	8,44	-0,30
35	-0,56	1,79
42	-1,49	0,78
50	0,30	0,03
60	0,84	-0,33

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

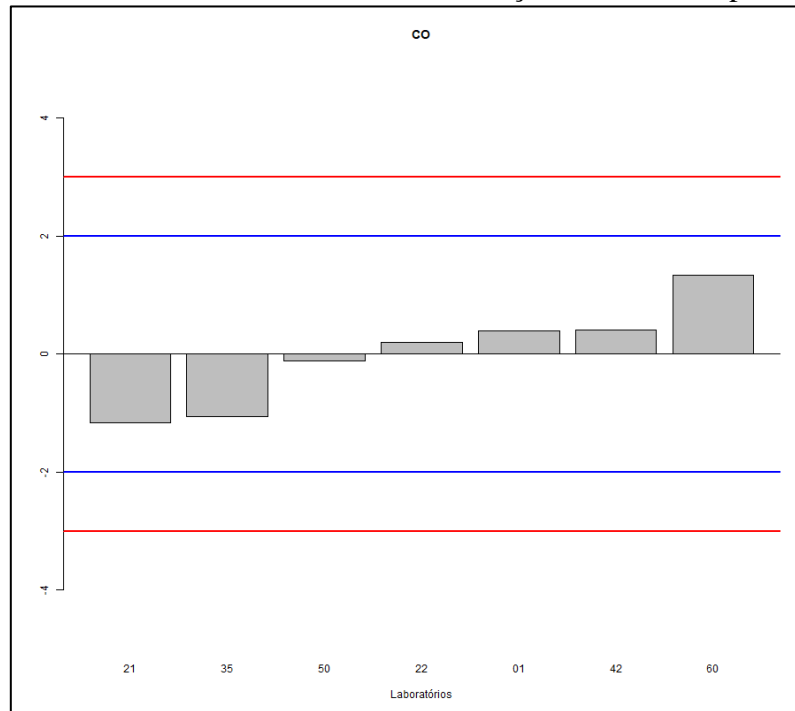
- * Resultado satisfatório
- * Resultado questionável
- * Resultado insatisfatório

Figura 43 – Gráfico do índice z referente à medição de NO_x – Grupo B – MAR I.



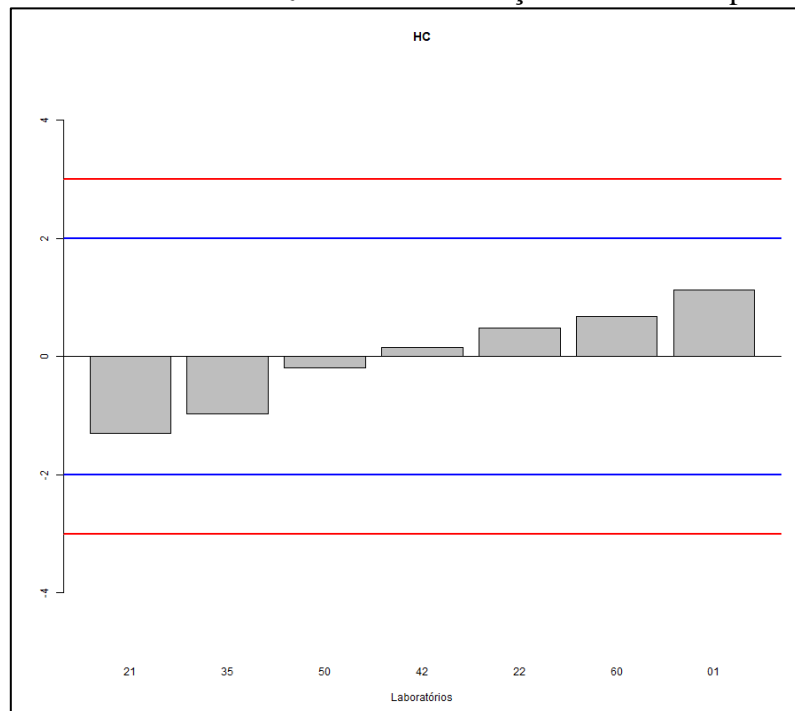
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 44 – Gráfico do índice z referente à medição de CO – Grupo B – MAR I.



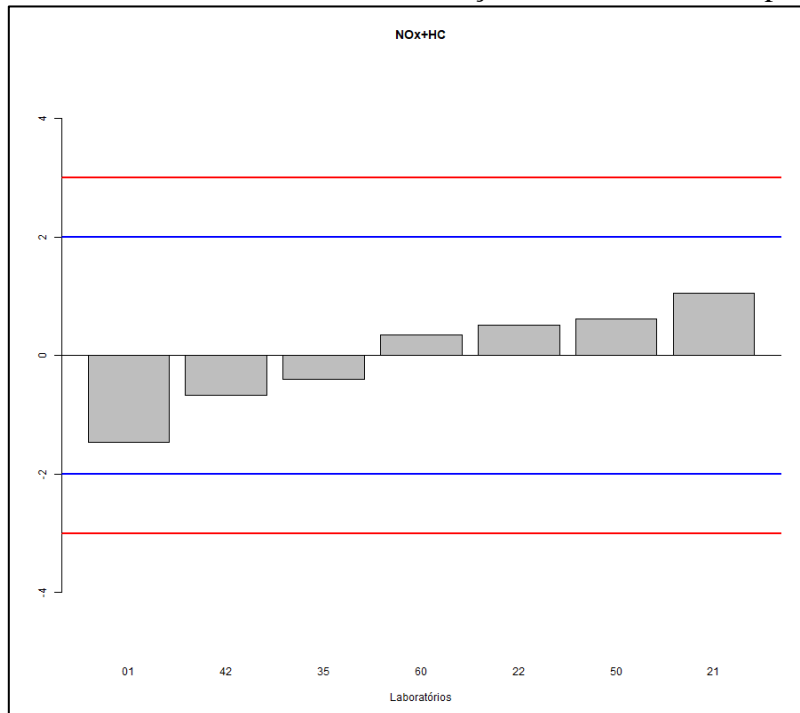
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 45 – Gráfico do índice z referente à medição de HC – Grupo B – MAR I.



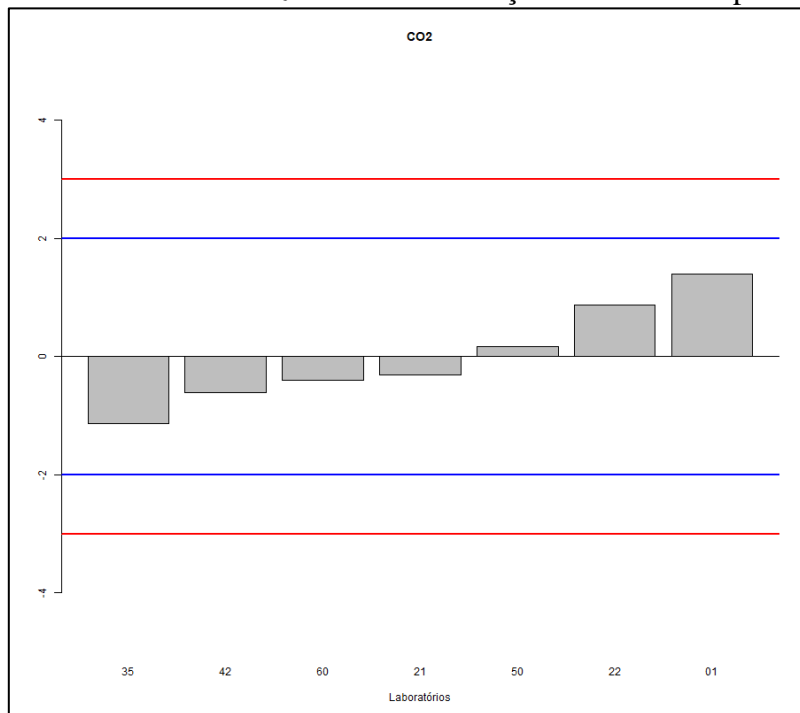
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 46 – Gráfico do índice z referente à medição de NO_x+HC – Grupo B – MAR I.



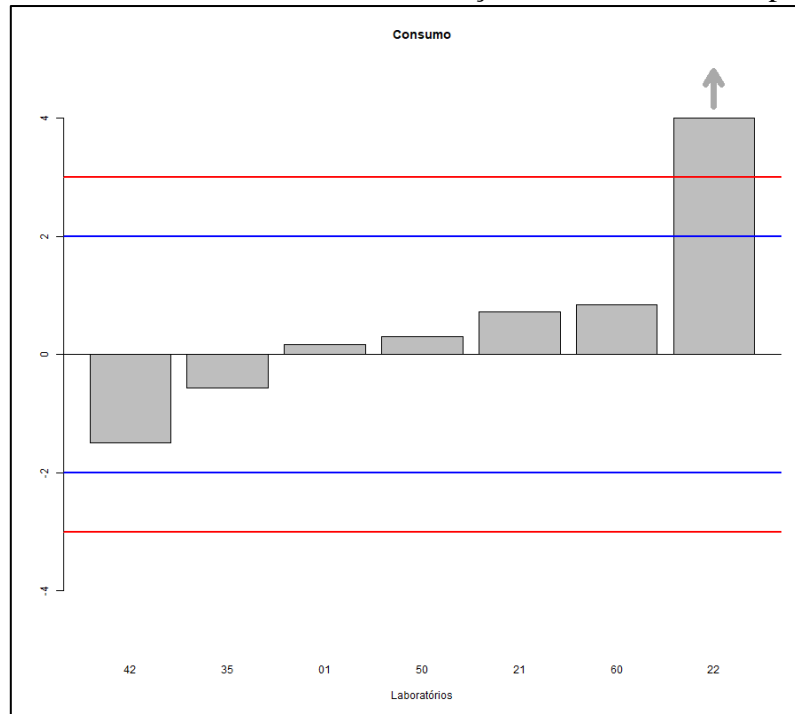
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 47 – Gráfico do índice z referente à medição de CO₂ – Grupo B – MAR I.



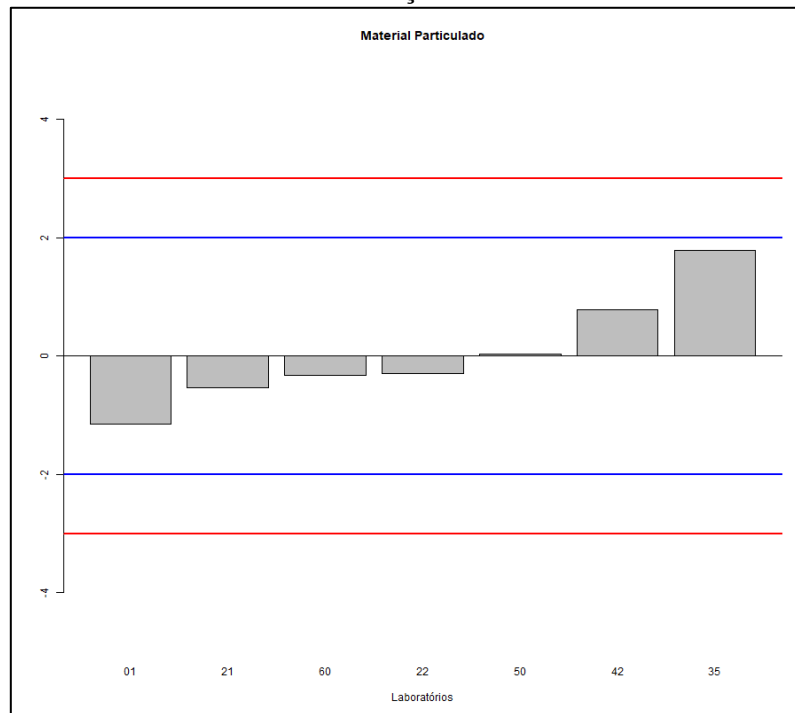
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 48 – Gráfico do índice z referente à medição de Consumo – Grupo B – MAR I.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 49 – Gráfico do índice z referente à medição de Material Particulado – Grupo B – MAR I.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Através dos gráficos, pode-se observar que:

NO_x (g/kWh): 7 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

CO (g/kWh): 7 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

HC (g/kWh): 7 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

NO_x+HC (g/kWh): 7 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

CO₂ (g/kWh): 7 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

Consumo (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados satisfatórios; e o participante 22 apresentou resultado insatisfatório.

Material Particulado: 7 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

7.2.5 Emissões Grupo B – P7

Nas tabelas 30 e 31 e nas figuras de 50 a 56 estão apresentados estes resultados do Grupo B – P7.

Tabela 30 – Valores de índice z para os parâmetros NO_x, CO, HC, NO_x+HC e CO₂ – do Grupo B – P7.

Código	NO _x (g/kWh)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x +HC (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)
	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z
05	0,02	-1,38	-0,06	-0,03	-0,69
11	-1,31	0,98	-0,41	-1,36	-0,73
44	1,18	0,53	0,04	1,08	-0,53
47	5,86	-0,39	-1,20	5,34	-0,17
48	0,09	-0,40	1,65	0,31	1,45
51	0,02	0,66	0,14	0,00	0,67

Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

* Resultado satisfatório

* Resultado questionável

* Resultado insatisfatório

Tabela 31 – Valores de índice z para os parâmetros Consumo e Material Particulado – do Grupo B – P7.

Código	Consumo (g/kWh)	Material Particulado
	Índice z	Índice z
05	0,23	-1,38
11	-1,02	0,35
44	-0,74	4,78
47	1,15	0,54
48	0,39	-0,33
51	4,19	0,83

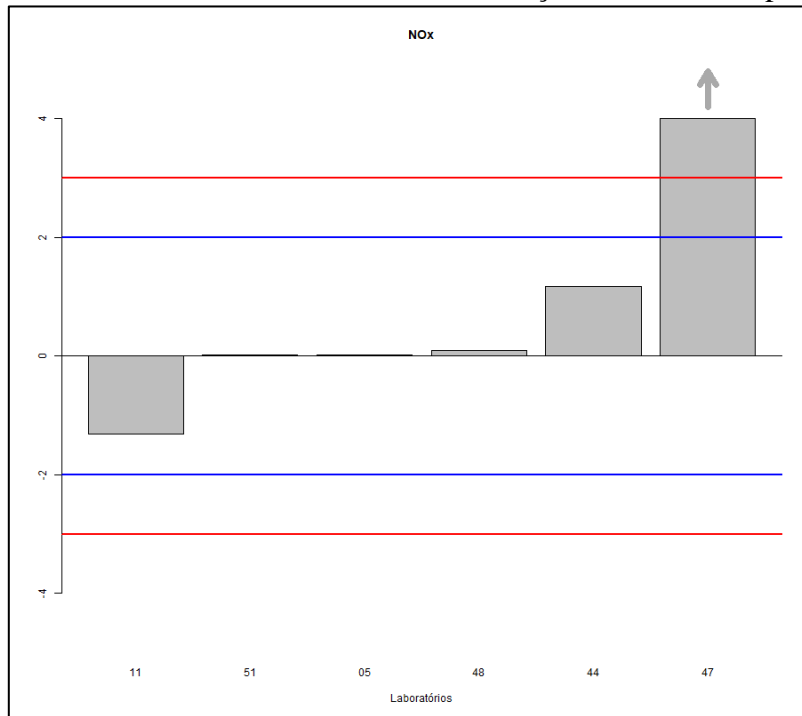
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

* Resultado satisfatório

* Resultado questionável

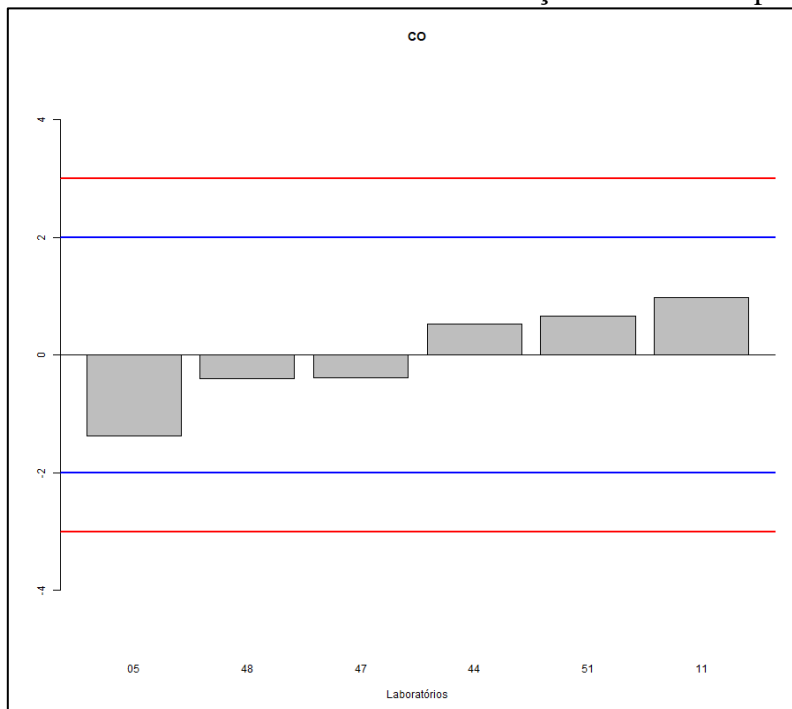
* Resultado insatisfatório

Figura 50 – Gráfico do índice z referente à medição de NO_x – Grupo B – P7.



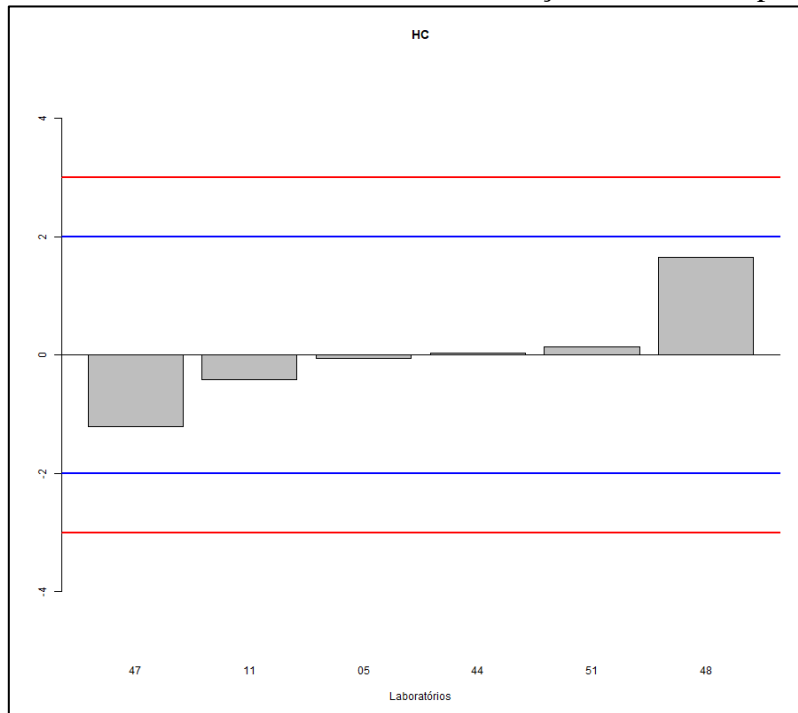
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 51 – Gráfico do índice z referente à medição de CO – Grupo B – P7.



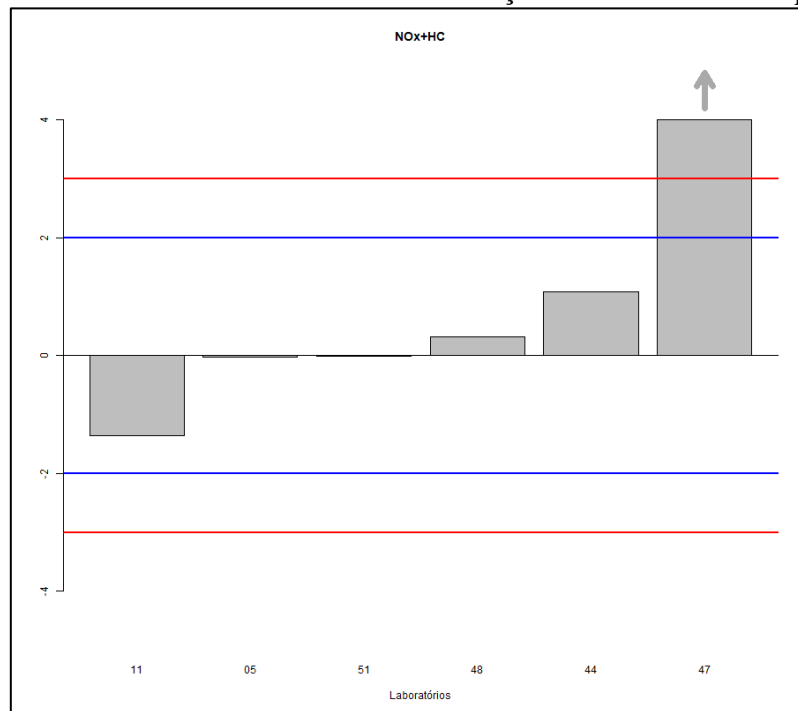
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 52 – Gráfico do índice z referente à medição de HC – Grupo B – P7.



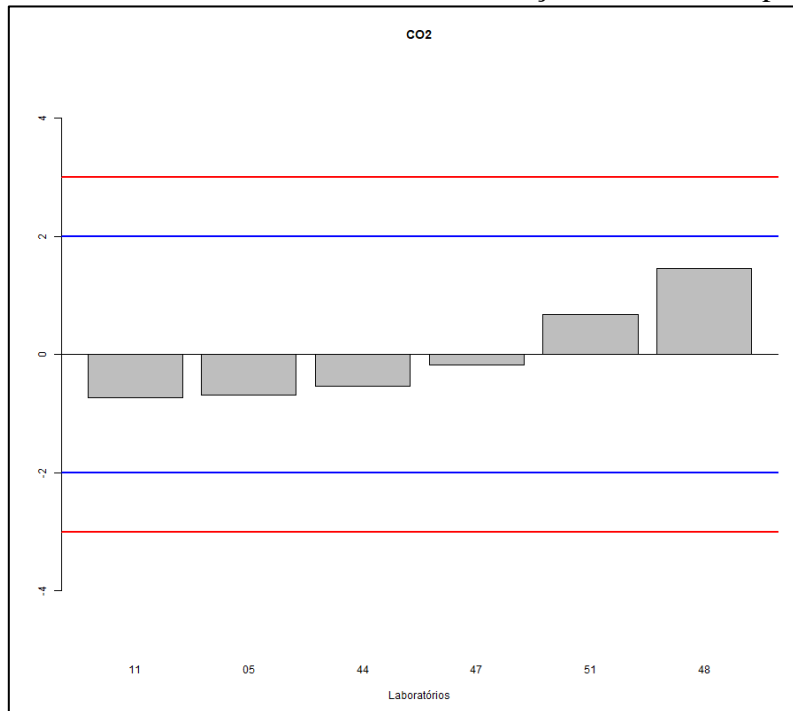
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 53 – Gráfico do índice z referente à medição de NO_x+HC – Grupo B – P7.



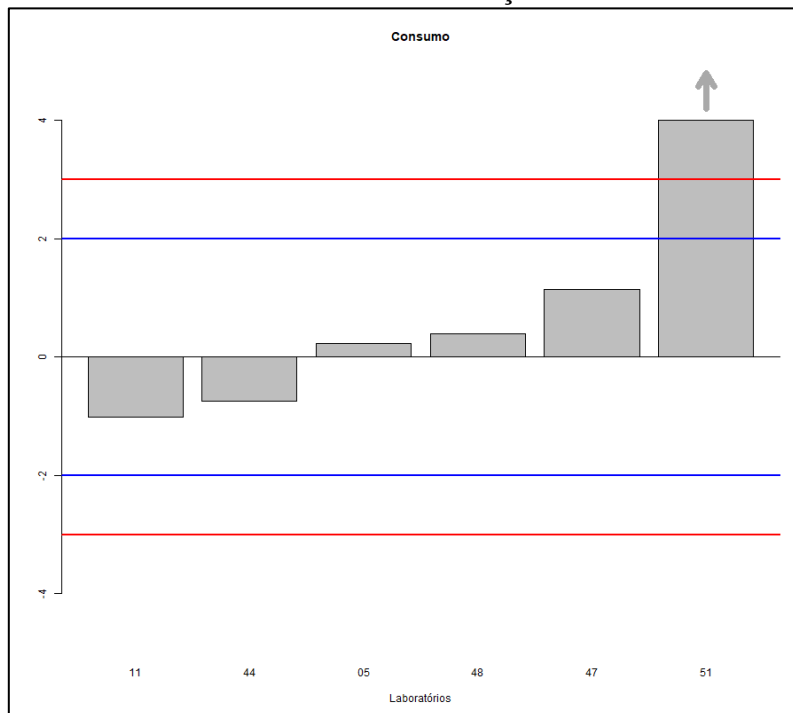
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 54 – Gráfico do índice z referente à medição de CO₂ – Grupo B – P7.



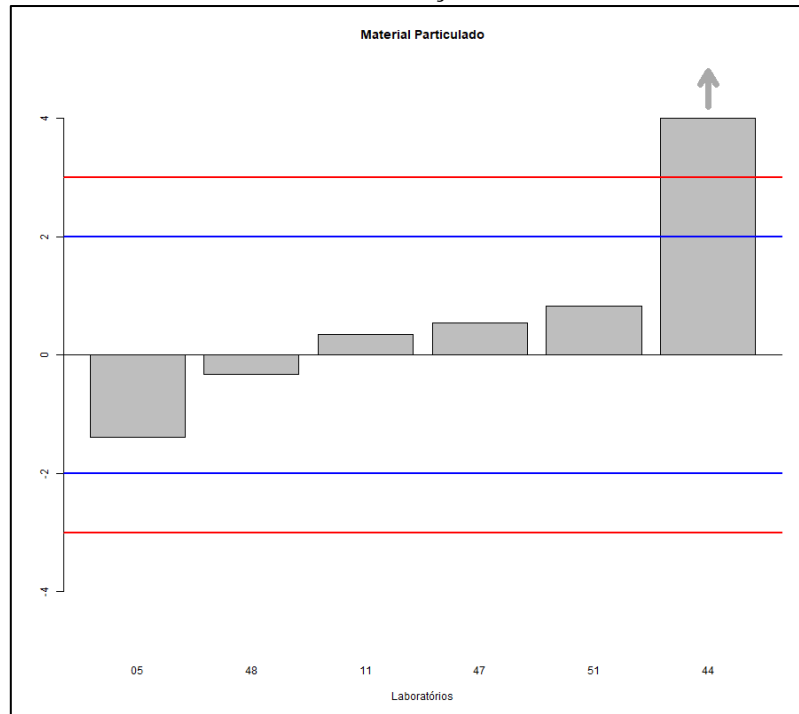
Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 55 – Gráfico do índice z referente à medição de Consumo – Grupo B – P7.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Figura 56 – Gráfico do índice z referente à medição de Material Particulado – Grupo B – P7.



Fonte: Dimci/Dimqt/Lafiq

Através dos gráficos, pode-se observar que:

NO_x (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados satisfatórios; e o participante 47 apresentou resultado insatisfatório.

CO (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

HC (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

NO_x+HC (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados satisfatórios; e o participante 47 apresentou resultado insatisfatório.

CO₂ (g/kWh): 6 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

Consumo (g/kWh): 5 participantes apresentaram resultados satisfatórios; e o participante 51 apresentou resultado insatisfatório.

Material Particulado: 5 participantes apresentaram resultados satisfatórios; e o participante 44 apresentou resultado insatisfatório.

8 Testemunho de análises

Conforme estabelecido no protocolo desta rodada, um representante da Cetesb testemunhou uma das cinco medições do EP em cada um dos participantes. A Cetesb enviou a conclusão a respeito do resultado deste testemunho à Coordenação do EP através de e-mail, indicando que não houve ocorrência de não conformidades, não sendo necessário o envio do registro dos resultados testemunhados à Coordenação do EP.

Cabe ressaltar que, caso a Cetesb registrasse a ocorrência de não conformidade para a Coordenação do EP, os resultados do participante seriam invalidados e, portanto, seus dados não figurariam no relatório do EP.

9 Confidencialidade

Cada participante foi identificado por código individual que é conhecido somente pelo próprio participante e pela coordenação do EP. Conforme estabelecido na ficha de inscrição, a identificação dos laboratórios acreditados e em fase de acreditação será enviada para conhecimento da Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre). O participante recebeu, via e-mail, o seu código de identificação correspondente à sua participação no EP. Este código foi utilizado como identificação do participante no preenchimento do formulário de registro de resultados. Os resultados poderão ser utilizados em trabalhos e publicações pelo Inmetro respeitando-se a confidencialidade de cada participante.

Conforme estabelecido no item 4.10.4 da ABNT ISO/IEC 17043:2011, em circunstâncias excepcionais, uma autoridade reguladora pode requerer os resultados e a identificação dos participantes do EP ao provedor. Se isto ocorrer, o provedor do EP notificará esta ação aos participantes.

10 Conclusões

Esse foi o primeiro EP em emissões de Motores Ciclo Diesel realizada dentro da parceria Inmetro-AEA. Nele foram utilizados dois itens de comparação e foram realizadas 2 (duas) curvas de desempenho por item de comparação. Os 2 (dois) Motores Diesel ensaiados não se mantiveram íntegros durante a realização do ensaio de proficiência, como foi visto no item 3 deste relatório. Esta situação não impediu que os ensaios fossem realizados e que se pudesse extrair conclusões a respeito desta atividade. Importante salientar que dentro do período de realização dos ensaios, os itens de ensaio ficaram parados, em torno três meses, em decorrência da pandemia do Corona vírus.

Os dados foram comparados dentro de seus 4 subgrupos e, dos 168 resultados em sete parâmetros, no Grupo A – MAR I avaliados pelo índice z , 98,21 % indicaram desempenho satisfatório, 1,79 % indicaram desempenho insatisfatório em um parâmetro. Dos 168 resultados em sete parâmetros, no Grupo A – P 7 avaliados pelo índice z , 98,21 % indicaram desempenho satisfatório, 1,79 % indicaram desempenho insatisfatório em um parâmetro. Dos 147 resultados em sete parâmetros, no Grupo B – MAR I avaliados pelo índice z , 98,00 % indicaram desempenho satisfatório, 2,00% indicaram desempenho insatisfatório em um parâmetro. Dos 126 resultados em sete parâmetros, no Grupo B – P 7 avaliados pelo índice z ,

90,5 % indicaram desempenho satisfatório, 9,5% indicaram desempenho insatisfatório em quatro parâmetros.

A rodada deste EP envolveu um grande número de variáveis e o acompanhamento de um órgão regulador (Cetesb). Esse grande número de variáveis existentes nos ensaios de emissões seguramente influencia nos resultados reportados. Portanto, recomenda-se que os participantes que apresentaram desempenho questionável e insatisfatório analisem criticamente seus métodos de medição.

Importa destacar que a continuidade do estudo é de grande importância para a indústria e a sociedade. Tais estudos servirão para solucionar os problemas verificados neste EP, padronizar os métodos de medição e consolidar o aprendizado adquirido a cada comparação.

Cabe ao participante desse ensaio de proficiência realizar uma análise crítica dos resultados, sendo que todo o processo e experiência laboratorial devem ser considerados. Portanto, a participação em ensaios de proficiência de forma contínua pode garantir ao participante informações sobre sua capacidade de medição e é de grande importância para o monitoramento da validade de seus resultados.

11 Participantes

Recebemos quinze (15) inscrições para o ensaio de proficiência de Emissões em Motores Ciclo Diesel e todos que se inscreveram apresentaram seu resultados à coordenação do EP. A lista desses participantes é apresentada na tabela 32. É importante ressaltar que a numeração da tabela é apenas indicativa do número de participantes deste EP, não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos participantes na apresentação dos resultados.

Tabela 32 – Participantes.

Instituição	
1.	AGCO do Brasil Soluções Agrícolas Ltda. Emission Test Lab. - AGCO Power
2.	AVL South America Ltda. AVL South America
3.	CAOA Montadora de Veículos Ltda. Centro de Pesquisa e Eficiência Energética (CPEE)
4.	CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo Laboratório de Emissão Veicular Descentralizado
5.	CNH Industrial Brasil Ltda. Betim Testing Center
6.	Cummins Brasil Ltda. Latin America Tech Center

Instituição	
7.	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. IPT / IAV Laboratório de Motores
8	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC LEME - Laboratório de Emissões Veiculares
9.	International Indústria Automotiva América do Sul Ltda. MWM Motores Diesel
10.	Mahle Metal Leve S.A. Laboratório de Motores
11.	Mercedes-Benz do Brasil Ltda.
12.	Robert Bosch Limitada Tech Center Curitiba
13.	Scania Latin America Ltda.
14.	Umicore Brasil Ltda. Centro de Tecnologia em Emissões Veiculares (CTEV)
15.	Volvo do Brasil Veiculos Ltda. Powertrain Engineering Laboratory - PEL

Total de participantes: 15.

12 Referências Bibliográficas

- ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011: Avaliação de Conformidade – Requisitos Gerais para ensaios de proficiência.
- Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). 1ª Edição Luso–Brasileira.
- Miller, J. C. and Miller, J. N. (1993). Statistics for analytical chemistry, 3rd Ed.; Ellis Horwood, Chichester, 1993.
- Freund, J.E. . Estatística aplicada economia, administração e contabilidade, 11ª Ed., Editora Artmed, 2006.
- ABNT NBR 15634:2012, “Veículos rodoviários automotores — Análise e determinação do gás de exaustão segundo os ciclos ETC, ESC e ELR”.
- ABNT NBR ISO 8178-1:2012 “Motores alternativos de combustão interna — Medição da emissão de gases de exaustão - Parte 1: Medição das emissões de gases e material particulado em banco de ensaio”.



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.: +55 21 2679-9745 – www.inmetro.gov.br – E-mail: pep-inmetro@inmetro.gov.br