



**PETROBRAS**

CONFIDENCIAL – NP2

**EFETOS DO E27,5 E DO E30 EM MOTOCICLETAS YAMAHA**

*RT DPM 020/14*

**Relatório Técnico**

P&D DE ABASTECIMENTO

*Desempenho de Produtos em Motores*

Dezembro de 2014



**CENPES**

**Centro de Pesquisas e Desenvolvimento**

**Leopoldo A. Miguez de Mello**

**CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO A. MIGUEZ DE MELLO**  
**P&D DE ABASTECIMENTO E BIOCOMBUSTÍVEIS**  
*Desempenho de Produtos em Motores*

## **EFEITOS DO E27,5 E DO E30 EM MOTOCICLETAS YAMAHA**

RT DPM 020/14

Relatores:

Pedro Cafaro Vicentini  
Ricardo Almeida Barbosa de Sá  
(CENPES / PDAB / DPM)

Colaborador:

Luiz Carlos Daemme  
(Institutos LACTEC)

Participantes:

Marcílio Mariano de Carvalho  
Rogério Nascimento de Carvalho  
(CENPES / PDAB / DPM)

Carlos Vinícius Costa Massa  
(CENPES/INOVA)

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2014

## SUMÁRIO

RESUMO .....	4
1. INTRODUÇÃO .....	6
2. COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS .....	7
3. MOTOCICLETAS UTILIZADAS .....	8
4. ENSAIOS DE EMISSÕES E AUTONOMIA DE COMBUSTÍVEL.....	9
4.1. Metodologia de ensaio.....	9
4.2. Metodologia para a Análise Estatística .....	10
4.3. Resultados e Discussão .....	11
5. COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DA MONTADORA .....	17
6. CONCLUSÕES .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19

## ANEXOS

I. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS COMBUSTÍVEIS .....	20
II. RESULTADOS DE EMISSÕES DE POLUENTES E AUTONOMIA / GRÁFICOS RESULTANTES DA ANÁLISE DE REGRESSÃO .....	23
III. RELATÓRIO DE ENSAIOS DE EMISSÕES E AUTONOMIA REALIZADOS NA YAMAHA.....	31

## RESUMO

Por solicitação do Ministério das Minas e Energia à PETROBRAS, foi realizado um estudo técnico para avaliação do impacto do aumento do percentual de etanol anidro (EAC) na gasolina comercializada nos postos de serviço nacionais, especificamente nos teores de 27,5 e 30% v/v, e em motores e veículos movidos exclusivamente à gasolina.

A etapa inicial do estudo consistiu na execução de ensaios em 8 veículos e 5 motocicletas, para avaliações de emissões de poluentes, retomadas de velocidade, partida e dirigibilidade a frio e consumo de combustível, além de ensaios de desempenho em motor e análises de lubricidade e goma das misturas.

Posteriormente, conforme acordado no grupo de trabalho coordenado pelo MME, foram realizados ensaios adicionais de desempenho (partida e dirigibilidade a frio e retomada de velocidade) na pista de provas do Centro de Avaliação do Exército – CAEx, em quatro veículos fornecidos pela ANFAVEA, sendo três com diferentes tecnologias de injeção de combustível que atendem às fases L5 e L6, e um veículo híbrido que atende a fase L5 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE.

Adicionalmente, o MME solicitou à PETROBRAS que avaliasse o desempenho dos mesmos combustíveis, com teores de 27,5 e 30%v/v de EAC, denominados E27,5 e E30, no tocante às emissões e autonomia, em motocicletas Yamaha, tendo em vista que na matriz de ensaios realizadas na primeira etapa as motocicletas deste fabricante não estavam disponíveis para o estudo. Este é o escopo do presente relatório.

Nos ensaios foram avaliados os teores de 22, 25, 27,5 e 30%v/v de etanol, adicionados à gasolina A padrão de emissões. Esses combustíveis foram denominados E22, E25, E27,5 e E30, sendo a gasolina E22 estabelecida como referência.

Nas duas motocicletas testadas, identificou-se uma tendência geral de redução nas emissões de THC e CO que acompanhou o aumento do teor de etanol entre os níveis de 22%v/v e 30%v/v. Contudo, observou-se uma tendência de aumento na emissão de NOx, sem no entanto atingir o limite do PROMOT para esse poluente. Em relação ao CO2 houve redução numa das motocicletas e tendência indefinida na outra. Para autonomia ocorreu uma melhora com o aumento do teor de etanol, explicado pelo fato das motocicletas serem carburadas e estarem reguladas com mistura mais ricas do que a estequiométrica.

Na comparação entre os resultados obtidos com E27,5 e E25, verificaram-se reduções de até 10% em THC, 36% em CO, 2% em CO<sub>2</sub> e melhora de até 2% na autonomia, além de uma elevação de até 32% no NO<sub>x</sub>.

Deve-se ressaltar que possíveis efeitos dos novos teores de etanol na durabilidade de componentes não fizeram parte do escopo deste trabalho.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho complementa a demanda apresentada pelo Ministério das Minas e Energia – MME, que solicitou um estudo à PETROBRAS sobre os possíveis efeitos de teores mais elevados de etanol na mistura com a gasolina, no tocante ao desempenho de motores de veículos movidos exclusivamente à gasolina.

A demanda foi encaminhada ao CENPES, cujo plano de trabalho em sua primeira etapa contemplou a avaliação de misturas gasolina-etanol com teores de 22, 25, 27,5 e 30% v/v de EAC no tocante às emissões, consumo e desempenho (partida e dirigibilidade a frio e retomada de velocidade) em 8 veículos e 5 motocicletas, desempenho em motor em banco de provas e ensaios analíticos de lubricidade e goma das misturas. Esses resultados foram apresentados no RT DPM 008/14<sup>(1)</sup>.

Durante as reuniões do grupo de trabalho formado pela ANFAVEA, ABRACICLO, ABEIFA, UNICA, INMETRO, INT, LACTEC, PETROBRAS, MDIC e MME, sob a gestão deste último, a ANFAVEA solicitou que fossem feitas avaliações de desempenho em pista em 4 veículos adicionais fornecidos pelas montadoras, com o acompanhamento dos testes feitos por profissionais das respectivas empresas participantes. Esses resultados foram apresentados no RT DPM 010/14<sup>(2)</sup>.

Posteriormente, a PETROBRAS recebeu nova solicitação do MME para execução de ensaios adicionais de emissões e autonomia em motocicletas Yamaha, tendo em vista as manifestações recebidas por aquela montadora, que não tiveram modelos de sua fabricação inseridos no plano inicial de ensaios.

Os ensaios foram realizados no período de outubro a novembro/2014 no Laboratório de Emissões do Instituto LACTEC em Curitiba – Paraná, e os resultados e conclusões desse estudo estão incorporados neste relatório.

## 2. COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS

Para os ensaios de emissões e autonomia de combustível, foram formuladas quatro gasolinas de teste, conforme abaixo:

- Gasolina **E22**: formulada com 78% v/v de gasolina padrão A e 22% v/v de EAC;
- Gasolina **E25**: formulada com 75% v/v de gasolina padrão A e 25% v/v de EAC;
- Gasolina **E27,5**: formulada com 72,5% v/v de gasolina padrão A e 27,5% v/v de EAC;
- Gasolina **E30**: formulada com 70% v/v de gasolina padrão A e 30% v/v de EAC.

As especificações da gasolina padrão A e do EAC para realização de ensaios de emissões de poluentes e autonomia de combustível estão definidas, respectivamente, pelas Resoluções ANP nº 5 (<sup>3</sup>) e nº 6 (<sup>4</sup>), de 24 de fevereiro de 2005.

As análises físico-químicas dos combustíveis utilizados encontram-se no anexo I deste relatório.

### 3. MOTOCICLETAS UTILIZADAS

Na seleção das motocicletas, buscou-se utilizar os mesmos modelos adotados pela montadora em seus ensaios internos, com quilometragem acumulada compatível com o ano de fabricação de cada uma delas, e em boas condições de uso, entendendo como tal aquelas que não apresentassem problemas de dirigibilidade, nem superassem os limites de emissões dos programas de inspeção e manutenção veicular, estabelecidos na Resolução CONAMA 297/2002, independentemente de atenderem aos respectivos limites de homologação do PROMOT.

Sendo assim, não foi efetuada qualquer manutenção especial nas motocicletas antes dos testes. Com isso pretendia-se que a amostra testada refletisse de forma mais realista uma condição representativa da frota circulante. A tabela I indica as principais características das motocicletas selecionadas:

**Tabela I – Principais características das motocicletas**

Código da Moto	Fase do PROMOT	Ano	Km rodada	Cilindrada	Sistema de Alimentação
M3 C	M3	2011	13850	115	carburador
M3 D	M3	2011	11279	125	carburador



## 4. ENSAIOS DE EMISSÕES E AUTONOMIA DE COMBUSTÍVEL

### 4.1. Metodologia de ensaio

De acordo com a Resolução CONAMA nº 297, publicada em 2002, os ensaios de emissões e autonomia em ciclomotores, motocicletas e similares devem seguir as prescrições da Diretiva Europeia nº 97/24/EC (<sup>5</sup>), em que o veículo em teste é submetido à condição de carga controlada em dinamômetro de chassi (fig.1).



Fig. 1- Motocicleta instalada para ensaios de emissões de escapamento no Lactec.

Tal como é feito para os veículos leves, em cada uma das fases do ensaio dinamométrico, os gases de escapamento emitidos são diluídos em ar ambiente, coletados e armazenados em balões, sendo posteriormente quantificados em analisadores específicos (fig.2). Os gases medidos nesse ensaio são os hidrocarbonetos totais (THC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). As técnicas analíticas para a determinação desses gases são as mesmas adotadas nos testes de veículos leves.

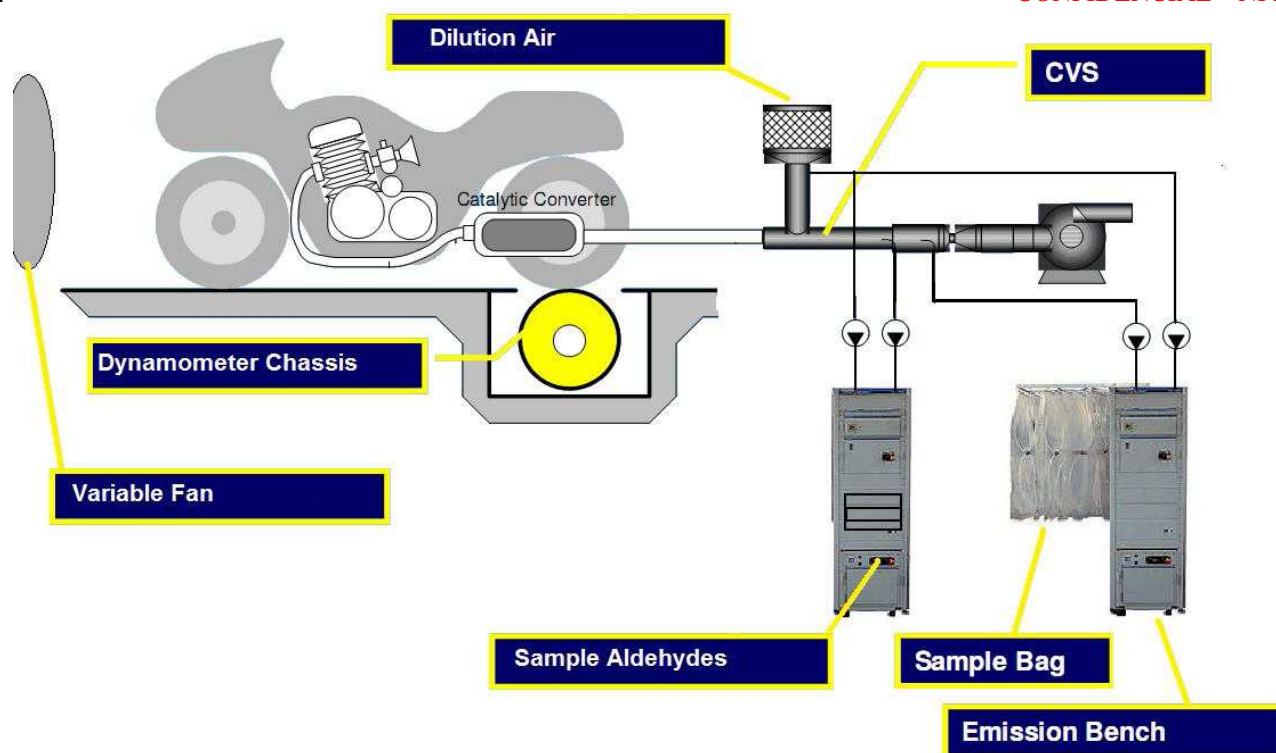


Fig. 2-Esquema de coleta de amostras para o ensaio de emissões em motocicletas.

Para permitir uma melhor sensibilidade da análise estatística dos dados, também estão sendo realizados ao menos três testes em cada uma das condições.

#### 4.2. Metodologia para a Análise Estatística

Como primeiro passo, realizou-se o teste F da Análise de Variância (ANOVA), em separado para cada poluente e veículo, a fim de verificar em que casos o combustível tinha influência no resultado, considerando um nível de significância de 95% ( $p = 0,05$ ). Nos casos em que isso ocorreu, procedeu-se uma Análise de Regressão para um ajuste linear. O nível de significância para esta análise também foi  $p \leq 0,05$ .

A Análise de Regressão consiste na realização de um tratamento estatístico com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais independentes. Com a equação resultante, busca-se entender melhor o fenômeno que relaciona as variáveis, tornando possível observar tendências de comportamento e estimar resultados <sup>(6)</sup>. Os gráficos resultantes da Análise de Regressão realizada constam no anexo II.

Uma vez estabelecido os modelos, os mesmos foram usados para estimar as emissões de poluentes e a autonomia de combustível para os níveis testados, utilizando-se este valor para efetuar a comparação entre os resultados dos diferentes combustíveis. Nessas comparações, levou-se em conta o erro associado ao modelo levantado, de modo que quando a diferença entre os resultados era

inferior ao seu intervalo de confiança, considerou-se não ser possível afirmar que existe diferença estatisticamente significativa (“s/dif.”).

#### 4.3. Resultados e Discussão

Nas figuras 3 a 7 são apresentadas as médias dos resultados obtidos nos ensaios de emissões de escapamento e autonomia, assim como a reta de regressão que foi ajustada, somente quando a Análise de Variância indicou que havia influência significativa do combustível. Nas mesmas também é indicado o limite do PROMOT para 18.000 km.

No anexo II são apresentados gráficos com os pontos experimentais, retas de regressão e as curvas do erro inerente ao ajuste. No mesmo anexo consta uma tabela com os valores dos coeficientes de regressão, assim como os valores estimados para os pontos E22, E25, E27,5 e seus respectivos intervalos de confiança.

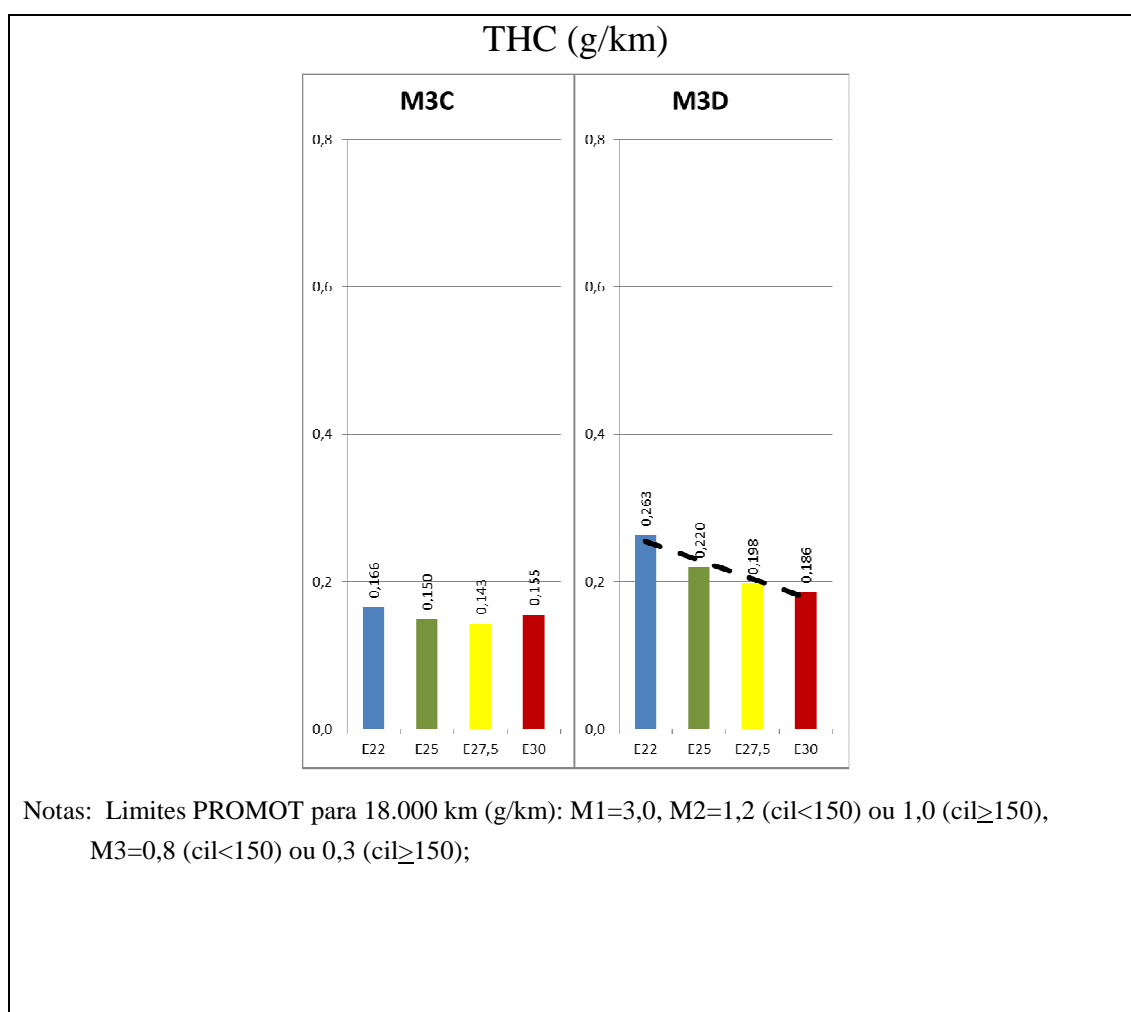


Fig. 3- Emissões de THC nas motocicletas.

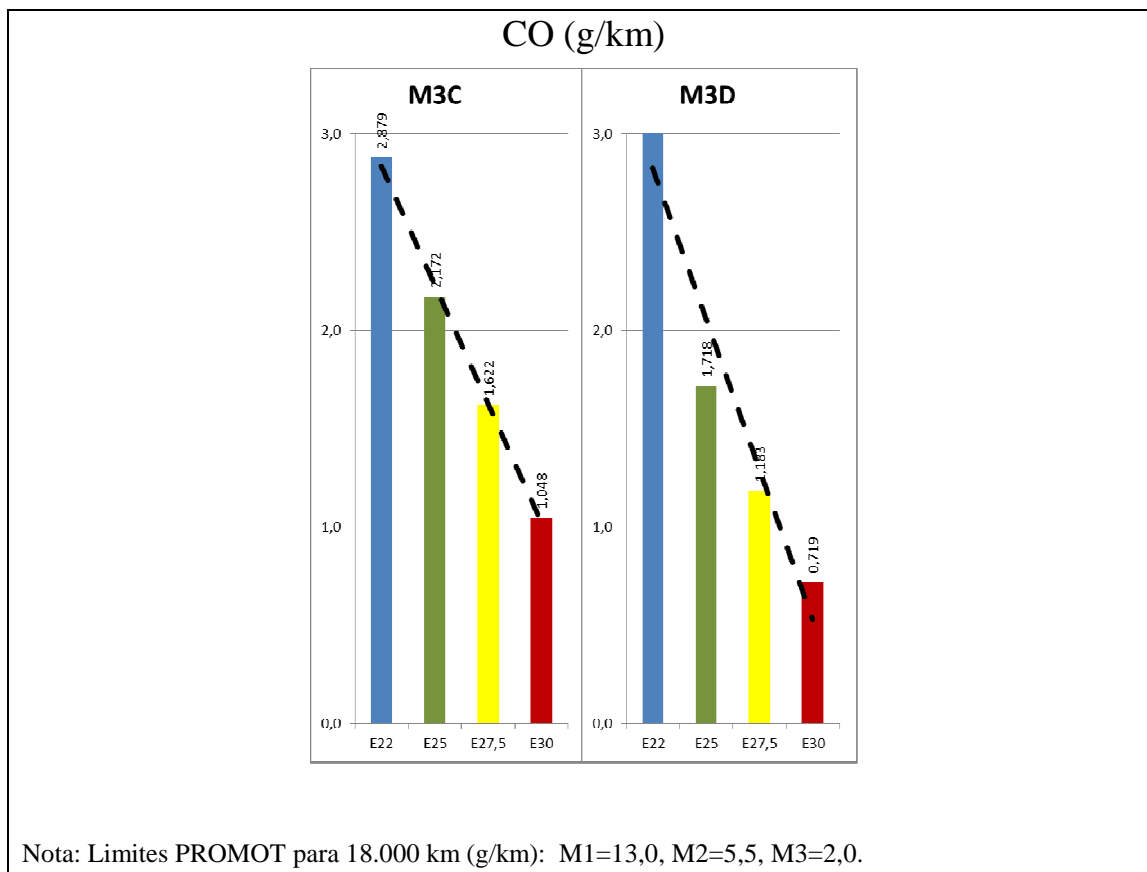


Fig. 4- Emissões de CO nas motocicletas.

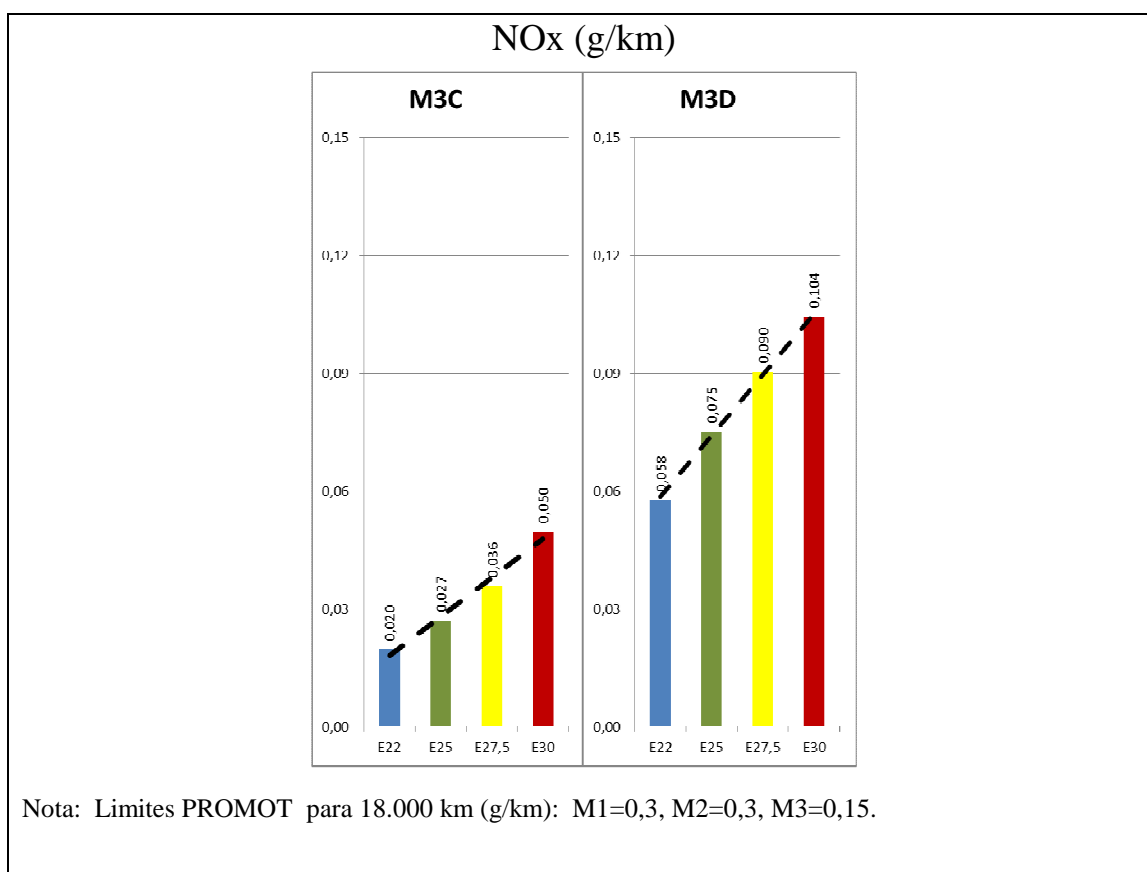


Fig. 5- Emissões de NOx nas motocicletas.

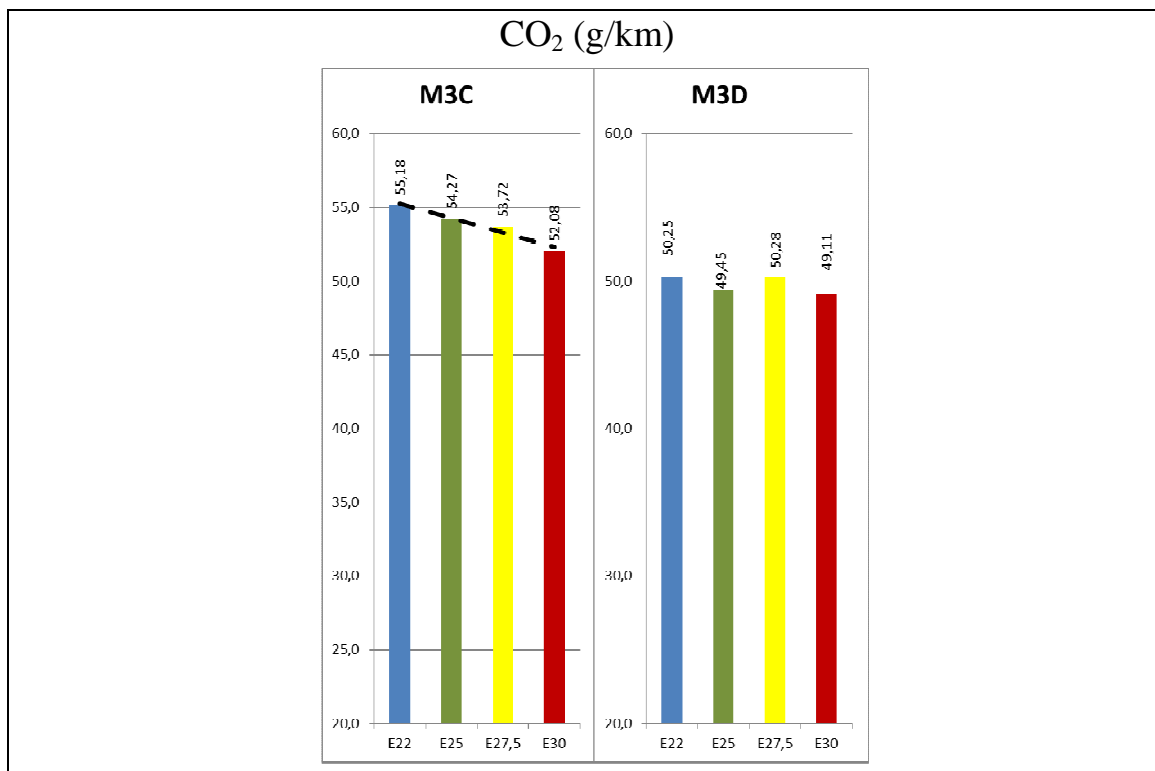


Fig. 6 - Emissões de CO<sub>2</sub> nas motocicletas.

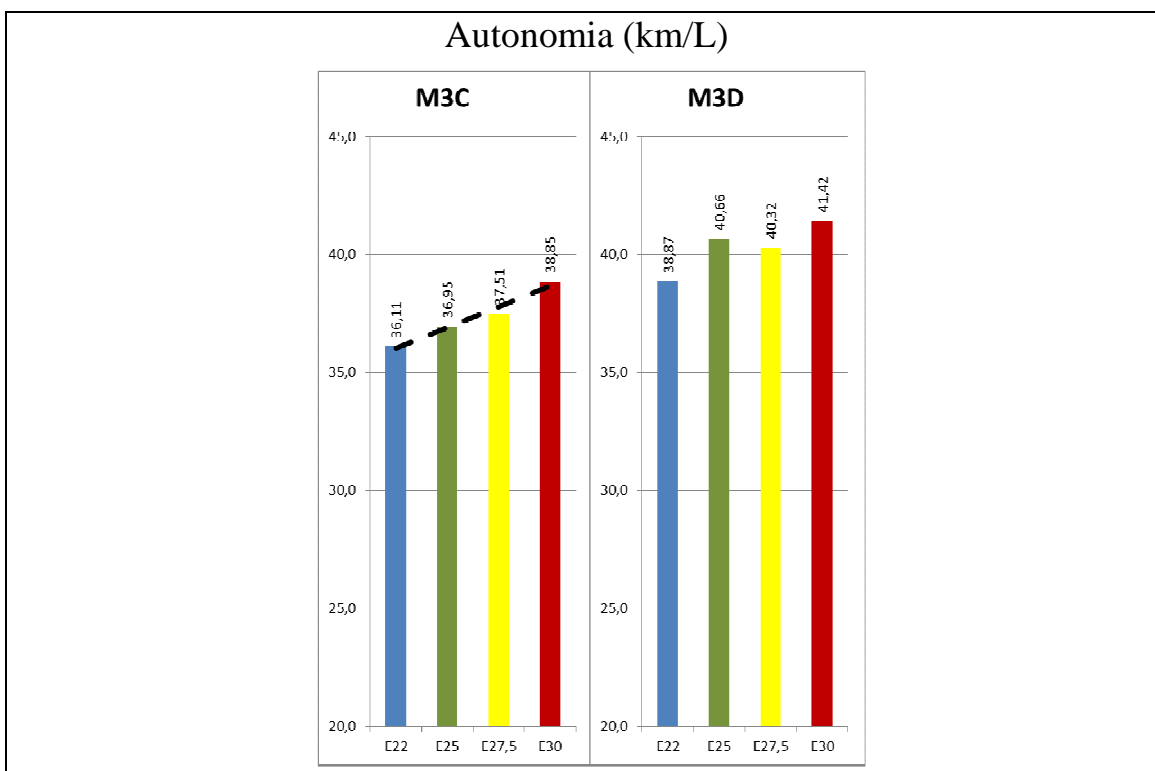


Fig. 7- Autonomia nas motocicletas.

As motos testadas estavam abaixo dos 18.000 km e por isso suas emissões foram comparadas contra os respectivos limites do PROMOT. Verificou-se que ambas atenderam a todos os limites, exceção feita ao CO. Cabe registrar que as motos atendiam aos limites de emissão de inspeção e manutenção veicular e não apresentavam anomalias funcionais.

Percebe-se uma tendência de redução das emissões de THC, CO e CO<sub>2</sub> que acompanha o aumento do teor de etanol.

Na emissão de NO<sub>x</sub>, observou-se uma tendência de aumento nas motos. Entretanto, vale ressaltar que para as duas motos o maior valor encontrado (M3D com E30) ainda foi 24% abaixo do valor estabelecido pelo PROMOT.

Para autonomia, observou-se melhora em ambas as motos. Tal situação pode ser explicada pelo fato das motocicletas até a fase M3 do PROMOT geralmente operarem com relação ar-combustível (RAC) bastante rica. Dessa forma, a utilização de um combustível com maior teor de oxigênio tende a aproximar a RAC da relação estequiométrica, resultando numa melhora da autonomia.

### **Comparação com E22**

As tabelas II a IV apresentam a comparação entre os combustíveis E25, E27,5 e E30 contra a referência E22. Quando a utilização da técnica ANOVA indicou de antemão que a influência do combustível não era significativa, escreveu-se o código “s/dif.”. Onde ela foi considerada significativa, calculou-se a emissão ou autonomia a partir das respectivas retas de regressão, além dos intervalos de confiança correspondentes. Quando houve superposição dos intervalos de confiança dos valores que estavam sendo comparados, novamente colocou-se “s/dif”. Nos casos em que isso não ocorreu, procedeu-se o cálculo da diferença percentual entre os valores estimados, sendo que o sinal negativo antes do valor indica uma redução na emissão ou autonomia. Para melhor visualização, resultados que representam uma melhora no atributo estão destacados em verde, enquanto resultados piores estão em vermelho.

**Tabela II- Comparação entre emissões e autonomia com E25 e E22.**

E25 x E22		
Motos	M3C	M3D
THC	s/dif	-11%
CO	-24%	-30%
NO <sub>x</sub>	62%	30%
CO <sub>2</sub>	-2%	s/dif
Autonomia	3%	2%

**Tabela III- Comparação entre emissões e autonomia com E27,5 e E22**

E27,5 x E22		
Motos	M3C	M3D
THC	s/dif	-21%
CO	-44%	-56%
NOx	114%	55%
CO <sub>2</sub>	-4%	s/dif
Autonomia	5%	4%

**Tabela IV- Comparação entre emissões e autonomia com E30 e E22**

E30 x E22		
Motos	M3C	M3D
THC	s/dif	-30%
CO	-64%	-81%
NOx	165%	81%
CO <sub>2</sub>	-5%	s/dif
Autonomia	7%	6%

Na comparação entre os resultados obtidos com E25 e E22 (tabela II), percebem-se reduções das emissões de THC, CO e CO<sub>2</sub> que chegam respectivamente a 11%, 30% e 2%. Entretanto houve um aumento na emissão de NOx de até 62%, e melhora da autonomia em até 3%.

Com a utilização dos combustíveis E27,5 e E30 percebe-se uma acentuação dos comportamentos acima descritos, conforme pode ser observado nas tabelas III e IV.

Em relação à referência E22, a utilização de E27,5 resultou em reduções mais marcantes nas emissões de THC e CO (até 21% e 56%, respectivamente), redução mais discreta (até 4% ) de CO<sub>2</sub>, e expressivo aumento das emissões de NOx (até 114%) que podem ser explicados pelo fato das motocicletas estarem reguladas para misturas mais ricas. Na medida em que o teor de etanol foi aumentado, os motores trabalharam mais otimizados, acarretando inclusive no aumento da autonomia em até 5%.

Com E30 percebe-se a acentuação desse comportamento, e as reduções das emissões de THC, CO e CO<sub>2</sub> foram de até 30%, 81% e 5%, respectivamente, e o aumento das emissões de NOx atingiram valores de até 165%. A autonomia melhorou ainda mais (até 7%) confirmando o ajuste mais rico da relação ar-combustível.

**Comparação com E25**

Na comparação dos teores propostos (E27,5 e E30) com E25, percebe-se que para ambos persiste a tendência de redução das emissões de THC (exceto M3C), CO e CO<sub>2</sub> (exceto M3D) e aumento das emissões de NOx e na autonomia (exceto M3D), conforme indicado nas tabelas V e VI.

**Tabela V- Comparação entre emissões e autonomia com E27,5 e E25**

E27,5 x E25		
Motos	M3C	M3D
THC	s/dif	-10%
CO	-26%	-36%
NOx	32%	19%
CO <sub>2</sub>	-2%	s/dif
Autonomia	2%	s/dif

**Tabela VI- Comparação entre emissões e autonomia com E30 e E25**

E30 x E25		
Motos	M3C	M3D
THC	-5%	-21%
CO	-52%	-73%
NOx	64%	39%
CO <sub>2</sub>	-3%	s/dif
Autonomia	4%	4%



## 5. COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DA MONTADORA

O quadro I a seguir mostra uma comparação dos resultados obtidos nos testes realizados pelo CENPES, com aqueles apresentados no relatório técnico encaminhado pela Yamaha (anexo III).

**Quadro I – Comparação dos resultados do E27,5 em relação ao E25 dos testes realizados pelo CENPES e pela YAMAHA**

	CENPES			YAMAHA		
HC	Comparação	M3C	M3D	Comparação	M3C	M3D
	E27,5 x E25	s/dif.	-10%	E27,5 x E25	s/dif.	-5%
CO	Comparação	M3C	M3D	Comparação	M3C	M3D
	E27,5 x E25	-26%	-36%	E27,5 x E25	-16%	-24%
NOx	Comparação	M3C	M3D	Comparação	M3C	M3D
	E27,5 x E25	32%	19%	E27,5 x E25	14%	16%
CO <sub>2</sub>	Comparação	M3C	M3D	Comparação	M3C	M3D
	E27,5 x E25	-2%	s/dif	E27,5 x E25	-1%	-1%
Aut.	Comparação	M3C	M3D	Comparação	M3C	M3D
	E27,5 x E25	2%	s/dif	E27,5 x E25	1%	1%

Pode-se observar a mesma tendência nos resultados, diferindo entre si apenas em seus valores. As motocicletas ensaiadas na montadora apresentavam uma regulagem da mistura menos rica que as similares testadas pelo CENPES. Por esta razão tiveram menor impacto na variação dos resultados em função do aumento do teor de etanol na mistura com gasolina. No entanto, ressalta-se que ambas as motocicletas apresentaram resultados de NOx bem próximos do limite do PROMOT já com a gasolina E22. Consequentemente, esses limites foram ultrapassados a partir do E27,5.

## 6. CONCLUSÕES

Neste trabalho avaliou-se o impacto dos teores de 27,5 e 30% v/v. de EAC adicionados à gasolina, em comparação à gasolina padrão de emissões, usada como referência, com 22% v/v de EAC, em ensaios de emissões e autonomia urbana.

Nos testes efetuados no CENPES, identificou-se uma representativa redução nas emissões de THC, CO e CO<sub>2</sub> que acompanhou o aumento do teor de etanol entre os níveis de 22%v/v e 30%v/v, assim como uma melhora da autonomia. Contudo, foi observado um expressivo aumento nas emissões de NOx, apesar dessa elevação não acarretar o atingimento do limite do PROMOT para esse poluente.

Na comparação entre os resultados obtidos com E27,5 e E25, verificou-se reduções de até 10% em THC, 36% em CO, 2% em CO<sub>2</sub> e melhora de até 2% na autonomia. Em relação ao NOx ocorreu um aumento de até 32%. Ressalta-se que nesses testes os limites do PROMOT não foram atingidos em qualquer momento.

Na comparação dos resultados do CENPES com os fornecidos pela montadora destaca-se que a mesma tendência foi observada, diferindo apenas em relação aos valores encontrados. Essa diferença pôde ser explicada pelo fato das motocicletas alugadas testadas pelo CENPES estavam operando com mistura mais rica, razão pela qual o aumento do etanol apresentou resultados mais favoráveis.

Adicionalmente, deve-se ressaltar que possíveis efeitos dos novos teores de etanol na durabilidade de componentes não fizeram parte do escopo deste trabalho. Esse estudo deverá ser realizado pela indústria de ciclomotores, representados pela ABRACICLO.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (<sup>1</sup>) Relatório Técnico PETROBRAS CENPES, Efeito do E27,5 e do E30 em Veículos, Motocicletas e Motor a Gasolina, Relatório Técnico DPM 008/14, outubro de 2014;
- (<sup>2</sup>) Relatório Técnico PETROBRAS CENPES, Efeito do E27,5 e do E30 em Veículos a Gasolina Cedidos pela ANFAVEA, Relatório Técnico DPM 010/14, novembro de 2014;
- (<sup>3</sup>) AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), Resolução ANP nº5/2005, fevereiro de 2005;
- (<sup>4</sup>) AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), Resolução ANP nº6/2005, fevereiro de 2005;
- (<sup>5</sup>) Parlamento Europeu, Diretiva 97/24/CE, 1997;
- (<sup>6</sup>) Montgomery D. C., George C. R.; Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros – LTC Editora, 2003;

## **ANEXO I**

### **ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DOS COMBUSTÍVEIS**

**Resultados de caracterização de gasolina Padrão – Testes de Emissões e Autonomia**

Propriedades	Métodos Utilizados	Resultados				
		Gasolina A C 057/14 2014-012310-53	Gasolina E22 C 061/14 2014-013406-93	Gasolina E25 C 062/14 2014-013427-18	Gasolina E27,5 C 063/14 2014-013476-04	Gasolina E30 C 064/14 2014-013562-63
Aspecto	Visual	LII	LII	LII	LII	LII
Cor	Visual	amarelo claro	alaranjado	alaranjado	alaranjado	alaranjado
Teor de etanol	NBR 13992	-	22	24	26,5	30
Corrosividade ao cobre	ASTM D130	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a
Destilação: PIE, C	ASTM D86 (automático)	33,2	35,4	34,7	36,0	37,1
10% evaporado, °C		55,4	53,9	53,1	53,3	55,2
50% evaporado, °C		101,1	72,5	72,6	72,8	73,6
90% evaporado, °C		168,2	161,2	158,5	156,3	155,4
PFE, °C		199,1	194,8	195,0	194,3	194,4
Resíduo, %v		0,6	1,2	1,1	1,1	1,1
Enxofre, mg/kg	ASTM D5453	17	15	14	14	14
Goma atual lavada, mg/100 mL	ASTM D381	1,5	1,5	1,0	1,5	2,5
Massa específica a 20°C, kg/m <sup>3</sup>	ASTM D4052	731,4	744,8	745,1	749,8	750,1
Período de Indução. Minutos	ASTM D525	> 720	> 720	> 720	> 720	> 720
Pressão de vapor a 37,8 °C, kPa	ASTM D5191	54,8	56,5	58,2	56,7	56,2
Tipos de Hidrocarbonetos: Aromáticos, %v	CG N 2377	27,7	ND	ND	ND	ND
Olefínicos, %v		9,4				
Saturados, %v		62,3				
Não identificados, %v		0,6				
Benzeno, %v	CG	0,18	ND	ND	ND	ND
C, % m	ASTM 5291	86,3	78,2	77,1	75,6	75,0
H, % m	ASTM 5291	13,7	13,5	13,5	13,5	13,6
O, % m	ASTM 5622	-	8,3	9,4	10,9	11,4
Poder calorífico bruto, MJ/Kg	ASTM D4809	46,539	42,392	41,903	41,658	40,729
Lubricidade	ASTM D6079	764	691	681	671	679

LII = Límpido e isento de impurezas

**Resultados de caracterização do etanol anidro (C051/2014)**

<b>Ensaio</b>	<b>Métodos Referência</b>	<b>Limites <sup>(1)</sup></b>	<b>2014-010347-38</b>
Aspecto	Visual	LII	LII
Cor	Visual	(2)	laranja
Acidez total, mg/L	NBR 9866	30 máx.	14,4
Condutividade elétrica, $\mu\text{S/m}$	NBR 10547	389 máx.	103
Massa específica a 20°C, $\text{kg/m}^3$	ASTM D4052	791,5 máx.	789,4
Teor alcoólico, % massa	NBR 5992	99,3 mín.	99,9
Resíduo por evaporação, mg/100 mL	NBR 8644	5 máx.	2
Teor de hidrocarbonetos, % vol.	NBR 13993	3 máx.	0
Sódio, mg/kg	NBR 10422	2 máx.	1,4
Ferro, mg/kg	NBR 11331	5 máx.	< 0,1
Sulfato, mg/kg	NBR 10894	4 máx.	0,14
Cloreto, mg/kg	NBR 10894	1 máx.	0,19

LII = Límpido e isento de impureza

(1) Resolução ANP nº 7, de 9 de fevereiro de 2011.

(2) Laranja após adição do corante especificado

## **ANEXO II**

**RESULTADOS DE EMISSÕES DE POLUENTES E AUTONOMIA**

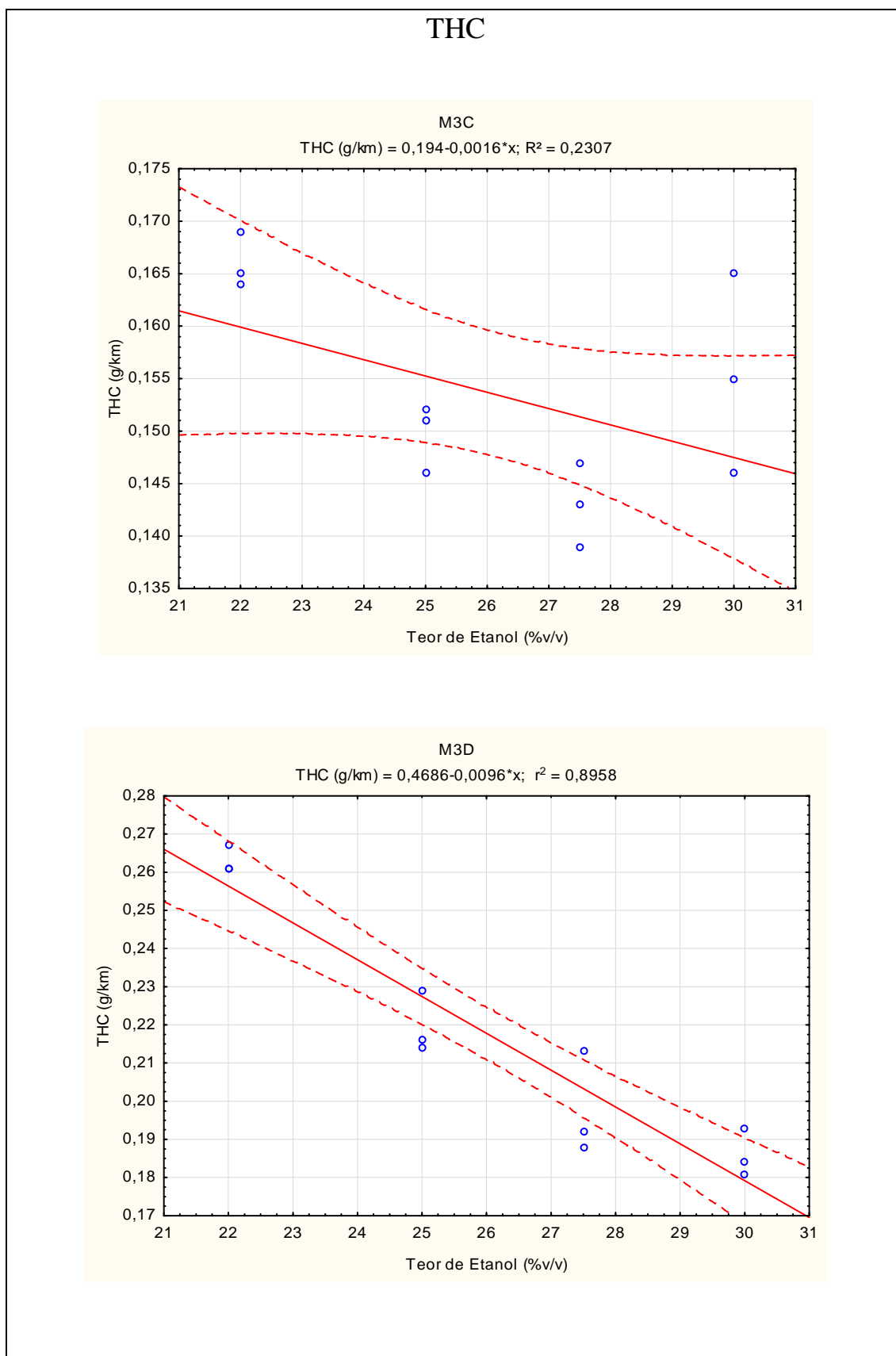
**GRÁFICOS RESULTANTES DA ANÁLISE DE REGRESSÃO**

## Resultados de emissões e autonomia em motocicletas

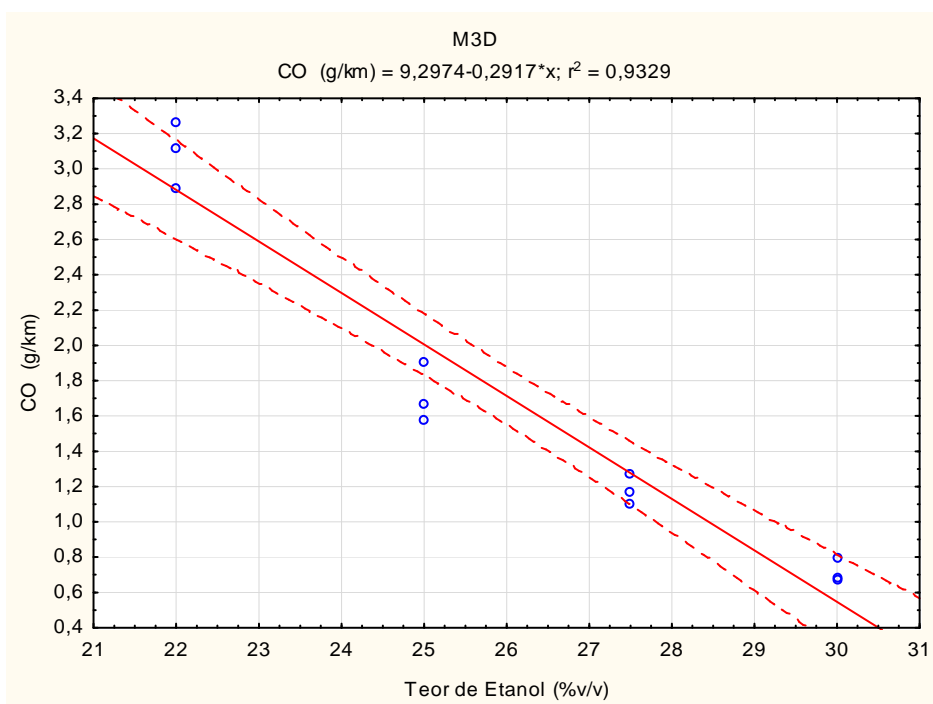
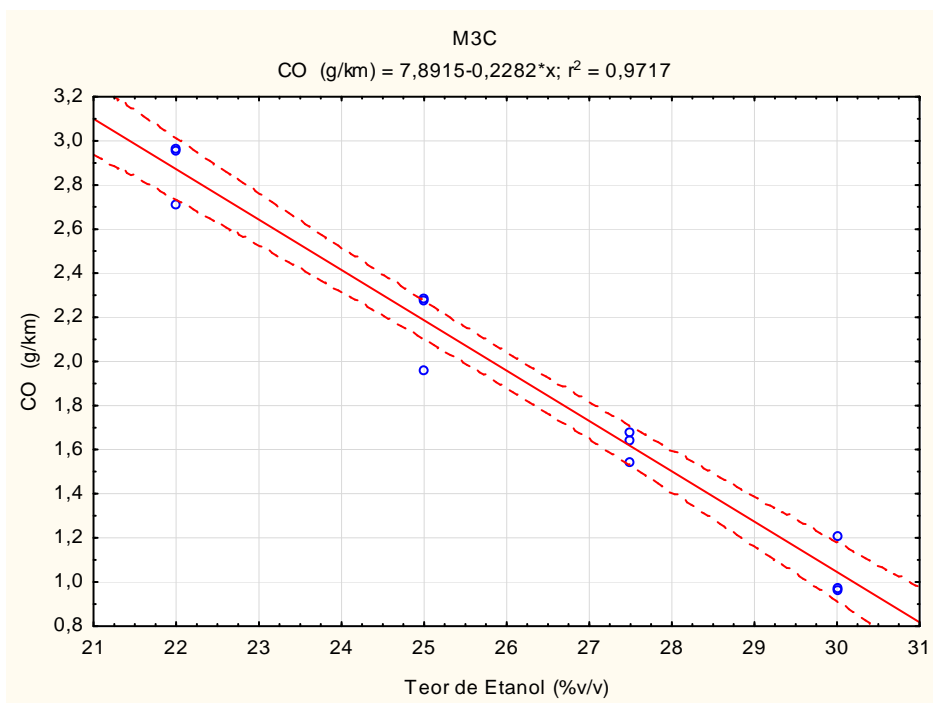
Moto	Teor de Etanol (% v/v)	THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Autonomia (km/L)
M3C	22	0,164	2,716	0,019	54,932	36,41
M3C	22	0,169	2,958	0,019	54,671	36,33
M3C	22	0,165	2,964	0,021	55,926	35,59
M3C	25	0,152	1,958	0,031	54,529	36,99
M3C	25	0,146	2,274	0,024	54,162	36,92
M3C	25	0,151	2,283	0,026	54,114	36,93
M3C	27,5	0,139	1,541	0,036	53,602	37,68
M3C	27,5	0,147	1,645	0,035	53,676	37,50
M3C	27,5	0,143	1,680	0,036	53,870	37,35
M3C	30	0,155	0,963	0,056	52,700	38,50
M3C	30	0,146	0,969	0,051	51,651	39,26
M3C	30	0,165	1,212	0,042	51,878	38,78
M3D	22	0,267	3,122	0,057	50,475	38,67
M3D	22	0,261	2,887	0,061	50,432	38,97
M3D	22	0,261	3,259	0,055	49,844	38,97
M3D	25	0,216	1,664	0,074	49,369	40,80
M3D	25	0,229	1,908	0,072	49,154	40,64
M3D	25	0,214	1,581	0,079	49,822	40,55
M3D	27,5	0,213	1,273	0,092	50,508	40,00
M3D	27,5	0,188	1,168	0,091	50,548	40,15
M3D	27,5	0,192	1,107	0,088	49,797	40,80
M3D	30	0,184	0,688	0,110	49,067	41,51
M3D	30	0,193	0,798	0,098	49,062	41,33
M3D	30	0,181	0,671	0,105	49,208	41,43

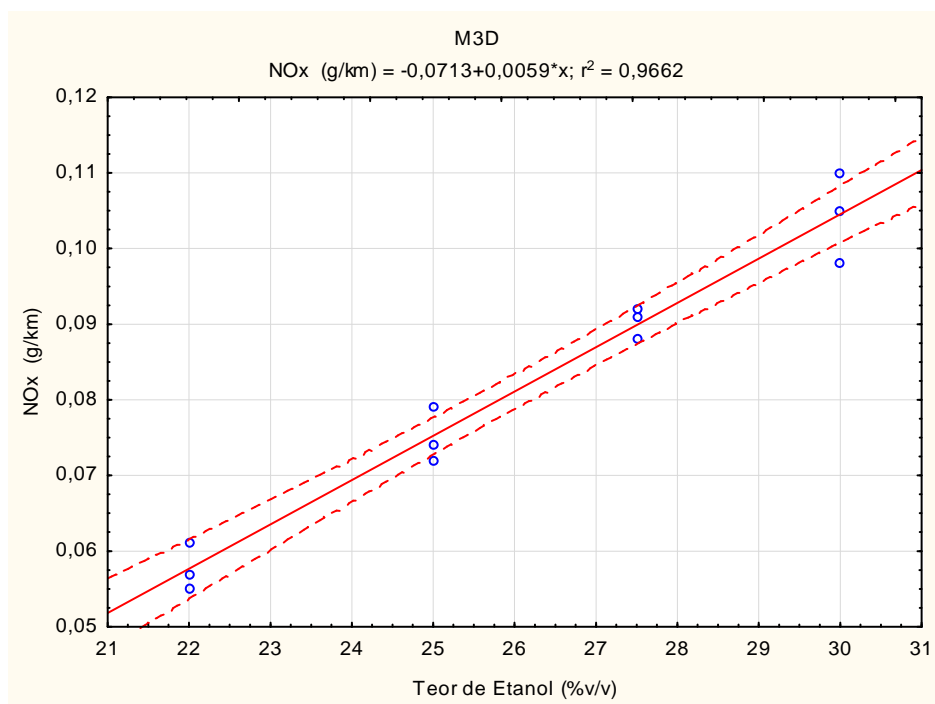
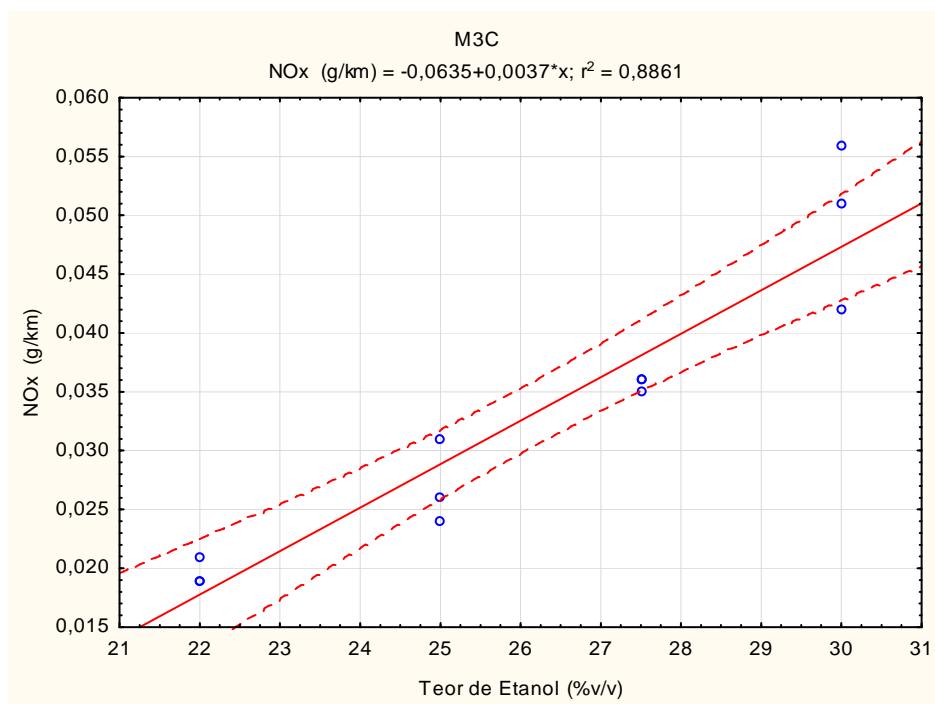


Representação Gráfica dos pontos experimentais, Regressão Linear e erro do ajuste para as motos

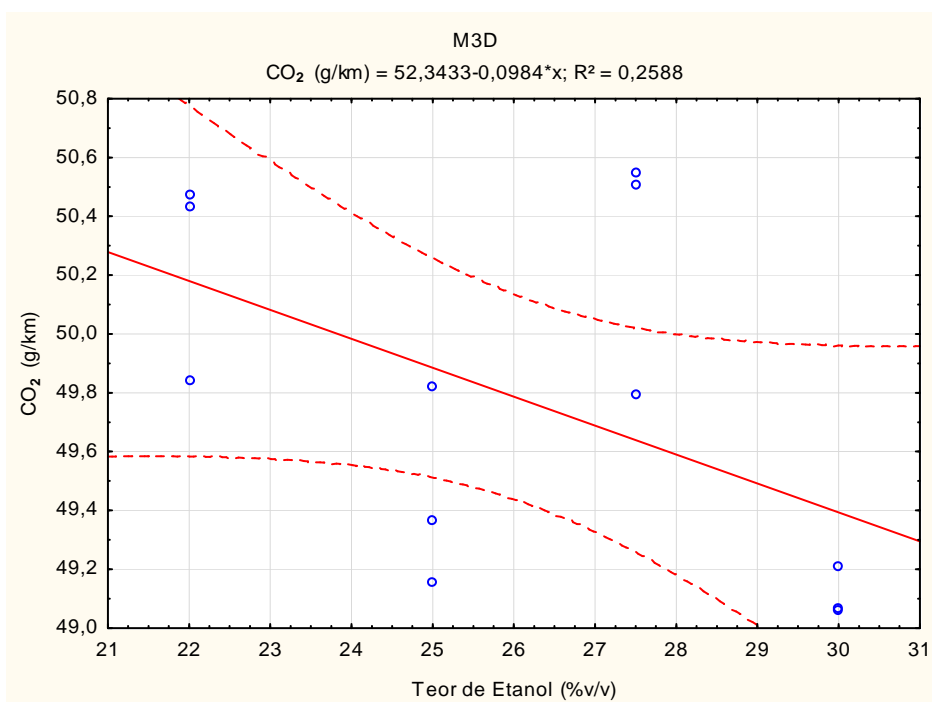
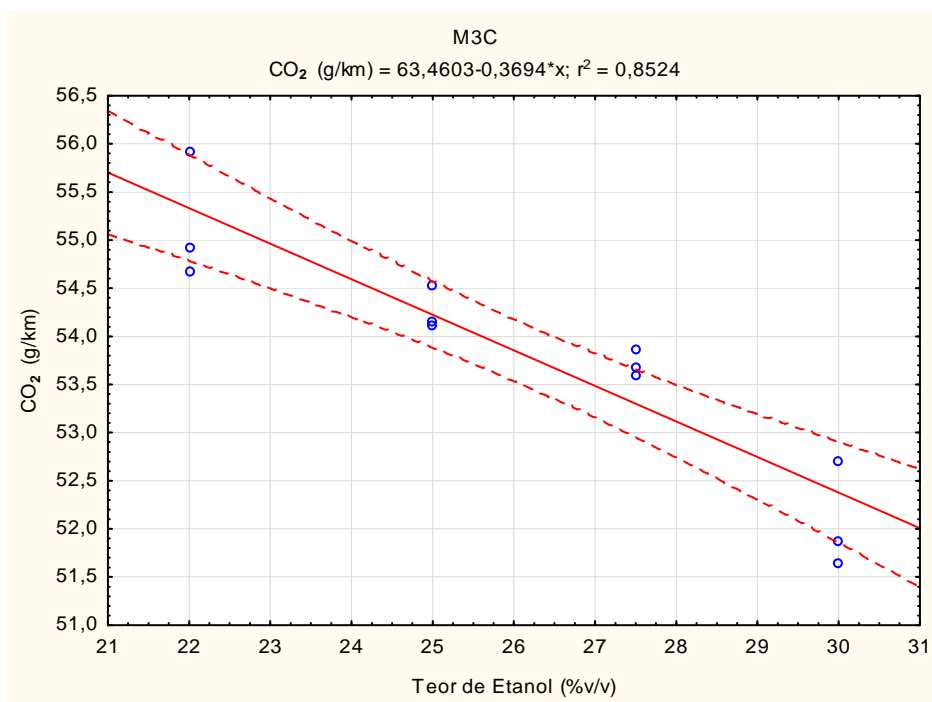


## CO

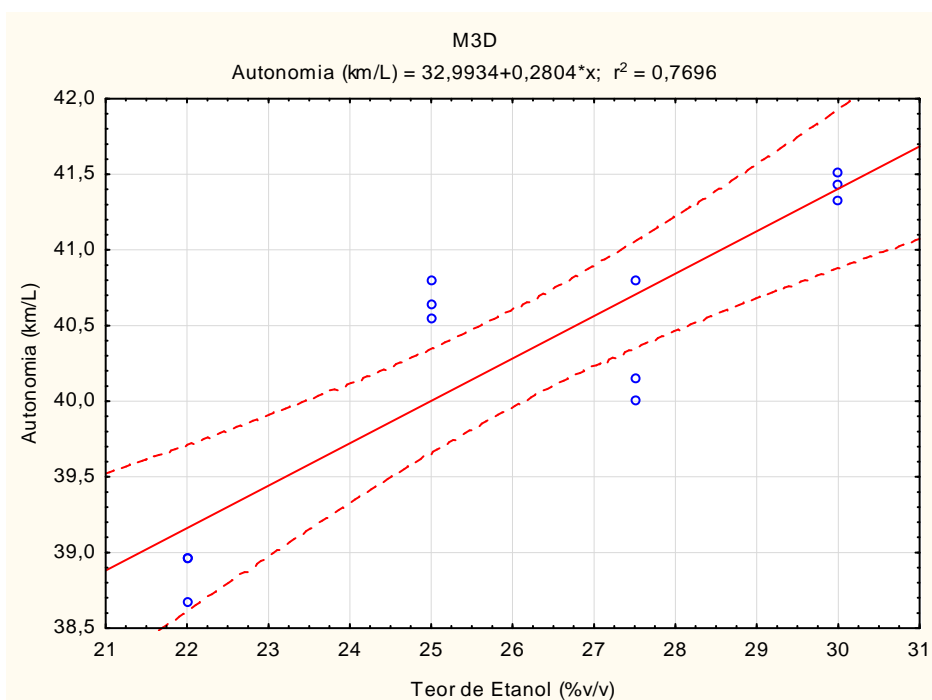
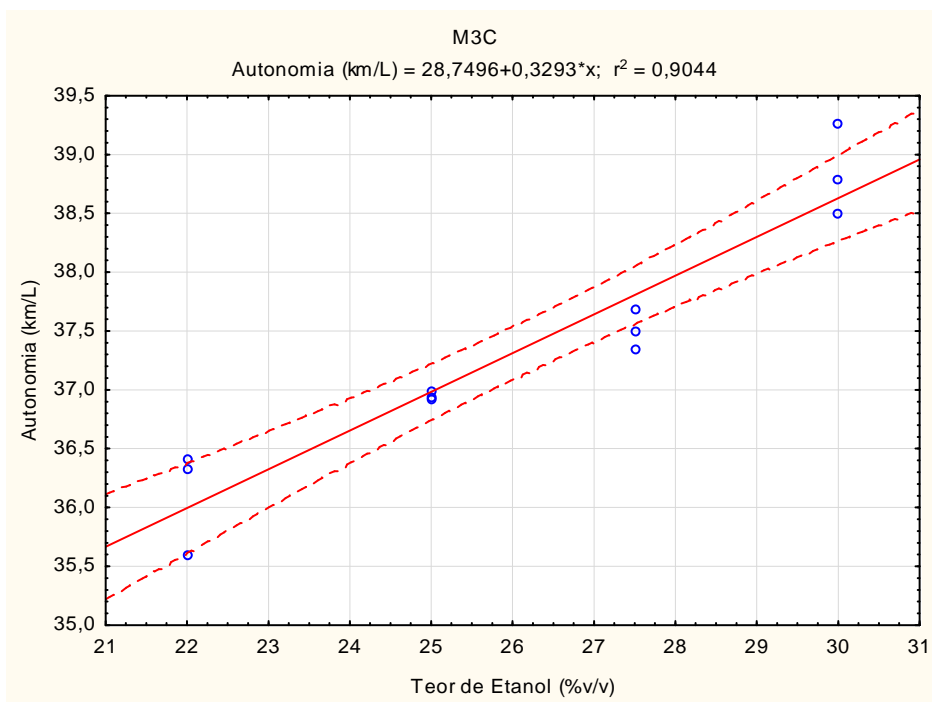


NO<sub>x</sub>

## CO<sub>2</sub>



## Autonomia



## Valores da Regressão para Veículos

Poluentes	Variáveis	M3C	M3D
THC	Coef. Linear	0,194	0,4686
	Coef. Angular	-0,0016	-0,0096
	E22	0,1588	0,2574
	Int.conf. E22	0,0119861	0,013921
	E25	0,154	0,2286
	Int.conf. E25	0,0074837	0,008692
	E27,5	0,15	0,2046
	Int.conf. E27,5	0,0077126	0,008958
	E30	0,146	0,1806
	Int.conf. E30	0,0115123	0,013371
CO	Coef. Linear	7,8915	9,2974
	Coef. Angular	-0,2282	-0,2917
	E22	2,8711	2,88
	Int.conf. E22	0,164924	0,331138
	E25	2,1865	2,0049
	Int.conf. E25	0,1029726	0,206751
	E27,5	1,616	1,27565
	Int.conf. E27,5	0,1061224	0,213075
	E30	1,0455	0,5464
	Int.conf. E30	0,1584059	0,318051
NOx	Coef. Linear	-0,0635	-0,0713
	Coef. Angular	0,0037	0,0059
	E22	0,0179	0,0585
	Int.conf. E22	0,005604	0,004639
	E25	0,029	0,0762
	Int.conf. E25	0,0034989	0,002897
	E27,5	0,03825	0,09095
	Int.conf. E27,5	0,0036059	0,002985
	E30	0,0475	0,1057
	Int.conf. E30	0,0053825	0,004456
CO <sub>2</sub>	Coef. Linear	63,46	52,343
	Coef. Angular	-0,3694	-0,0984
	E22	55,3332	50,1782
	Int.conf. E22	0,6506091	0,704296
	E25	54,225	49,883
	Int.conf. E25	0,4062169	0,439737
	E27,5	53,3015	49,637
	Int.conf. E27,5	0,4186423	0,453188
	E30	52,378	49,391
	Int.conf. E30	0,6248957	0,676461
Autonomia	E27,5 x E22	4%	s/dif.
	Coef. Linear	28,75	32,993
	Coef. Angular	0,3293	0,2804
	E22	35,9946	39,1618
	Int.conf. E22	0,4530476	0,649188
	E25	36,9825	40,003
	Int.conf. E25	0,2828666	0,405329
	E27,5	37,80575	40,704
	Int.conf. E27,5	0,291519	0,417728
	E30	38,629	41,405
	Int.conf. E30	0,4351423	0,623531

### **ANEXO III**

#### **RELATÓRIO DE ENSAIOS DE EMISSÕES E AUTONOMIA REALIZADOS NA YAMAHA**



YAMAHA MOTOR DA AMAZÔNIA LTDA. Rua Rio Jaguarão, 1842 - Vila Buriti - Manaus - AM - Brasil - CEP 69072-055 - Fone: (92) 2126-1660

## Teor de etanol anidro de referência no combustível de referência.

### 1. Objetivo:

Verificar o impacto em emissões de gases de motocicleta em função do aumento do percentual de etanol anidro de referência (EAR) na gasolina comercial.

### 2. Normas e procedimentos para execução dos ensaios:

2.1. Ciclo EURO 3: Diretiva Europeia nº 97/24

2.2. PROMOT III: Resolução CONAMA nº 342/2003

2.3. Combustível adotado de acordo com:

Etanol Anidro de referência (EAR): Resolução ANP nº 23/2010

Gasolina de referência: Resolução ANP nº 21/2009 – L6

2.4. Quantidade de ensaios e período de realização:

- Três ensaios com cada combustível para cada motocicleta (Yamaha Factor YBR125 e Yamaha T115 Crypton);
- Data de execução de ensaios: 27/08/2014 a 11/09/2014.

### 3. Motocicleta utilizada:

Marca/Modelo/Versão	Yamaha Factor YBR125	Yamaha T115 Crypton
Chassi	9C6KE1500B0000001	9C6KE1400A0000001
Cilindrada	123,7 cm <sup>3</sup>	113,7 cm <sup>3</sup>
Combustível	Gasolina	Gasolina
Ano/Modelo	2011	2010
Sistema de alimentação do combustível	Carburado	Carburado
Odômetro final (km)	1313	1278
Nível de emissões	PROMOT III	PROMOT III

### 4. Recursos:

4.1. Laboratório de emissões:

Yamaha Motor da Amazônia
Rua Rio Jaraguão, 1842
Bairro: Vila Buriti
Cidade: Manaus / AM
Cep: 69072-055





YAMAHA MOTOR DA AMAZÔNIA LTDA. Rua Rio Jaguarão, 1842 - Vila Buriti - Manaus - AM - Brasil - CEP 69072-055 - Fone: (92) 2126-1660

#### 4.2. Combustível para ensaio de emissões:

Gasool A22	78% do volume de gasolina referência com 22% em volume de EAR
Gasool A25	75% do volume de gasolina referência com 25% em volume de EAR
Gasool A27,5	72,5% do volume de gasolina referência com 27,5% em volume de EAR
Gasool A30	70% do volume de gasolina referência com 30% em volume de EAR

### 5. Resultado:

#### 5.1. Yamaha Factor YBR125:

Combustível	Date	CO [g/km]	HC [g/km]	NOx [g/km]	CO2 [g/km]	Consumo [km/l]
A22	28/08/2014	1,570	0,196	0,129	55,529	37,097
	29/08/2014	1,514	0,194	0,125	55,205	37,363
	29/08/2014	1,719	0,207	0,145	56,082	36,583
A25	02/09/2014	1,661	0,195	0,126	54,807	37,026
	04/09/2014	1,650	0,204	0,129	54,609	37,145
	14/08/2014	1,792	0,203	0,111	54,446	37,109
A27,5	09/09/2014	1,067	0,169	0,156	53,940	37,886
	10/09/2014	1,031	0,179	0,167	53,775	38,014
	11/09/2014	0,949	0,157	0,177	54,130	37,908
A30	22,/08/2014	0,769	0,154	0,195	53,590	38,091
	23/08/2014	0,708	0,228	0,212	54,786	37,193
	27/08/2014	0,433	0,141	0,205	54,042	38,172



YAMAHA MOTOR DA AMAZÔNIA LTDA. Rua Rio Jaguarão, 1842 - Vila Buriti - Manaus - AM - Brasil - CEP 69072-055 - Fone: (92) 2126-1660

## 5.2. Yamaha T115 Crypton:

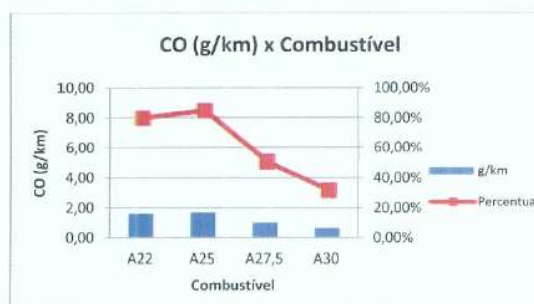
Combustível	Data	CO [g/km]	HC [g/km]	NOx [g/km]	CO2[g/km]	Consumo [km/l]
A22	27/08/2014	0,414	0,093	0,107	59,645	35,889
	28/08/2014	0,438	0,095	0,106	60,012	35,647
	29/08/2014	0,410	0,095	0,105	60,042	35,655
A25	02/09/2014	0,426	0,091	0,107	59,697	35,427
	03/09/2014	0,470	0,087	0,107	59,925	35,261
	04/09/2014	0,370	0,098	0,112	58,474	36,196
A27,5	09/09/2014	0,387	0,087	0,133	58,498	35,825
	11/09/2014	0,297	0,092	0,130	58,536	35,878
	11/09/2014	0,382	0,093	0,120	58,392	35,883
A30	22/08/2014	0,232	0,101	0,161	59,247	35,139
	23/08/2014	0,248	0,100	0,165	59,287	35,103
	26/08/2014	0,177	0,085	0,147	57,692	36,160

## 6. Tabelas e gráficos:

### 6.1. Motocicleta Yamaha Factor YBR125

Combustível	Média CO (g/km)	Variação em relação ao A22	% da média em relação ao limite Promot 3:
A22	1,601	-	80,05%
A25	1,701	6,25%	85,05%
A27,5	1,016	-36,54%	50,78%
A30	0,637	-60,21%	31,83%

Limite CO (g/km) PROMOT 3: 2,0 g/km

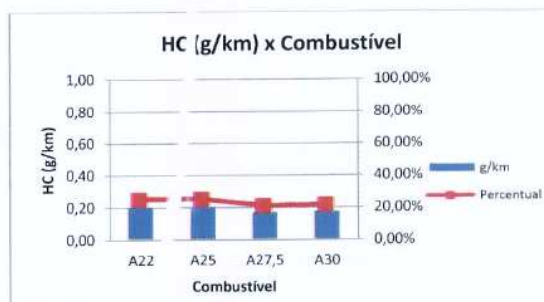






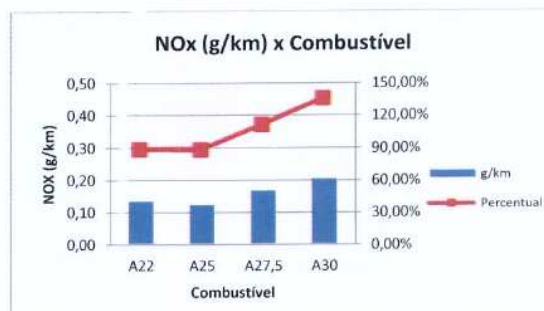
YAMAHA MOTOR DA AMAZÔNIA LTDA. Rua Rio Jaguarão, 1842 - Vila Buriti - Manaus AM - Brasil - CEP 69072-055 - Fone: (92) 2126-1660

Combustível	Média HC (g/km)	Variação em relação ao A22	% da média em relação ao limite Promot 3:
A22	0,199	-	24,88%
A25	0,201	1,01%	25,08%
A27,5	0,168	-15,58%	21,04%
A30	0,174	-12,56%	21,73%



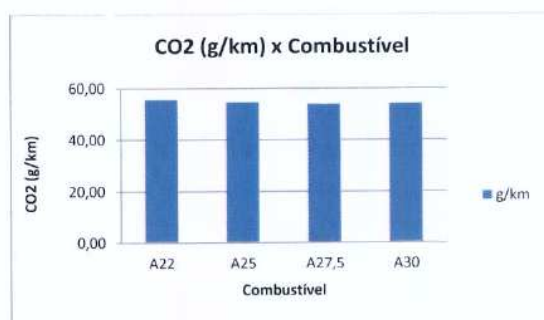
Limite HC (g/km) PROMOT 3: 0,8 g/km

Combustível	Média NOx (g/km)	Variação em relação ao A22	% da média em relação ao limite Promot 3:
A22	0,133	-	88,67%
A25	0,122	-8,27%	88,33%
A27,5	0,167	25,56%	111,11%
A30	0,204	53,38%	136,00%



Limite NOx(g/km) PROMOT 3: 0,15 g/km

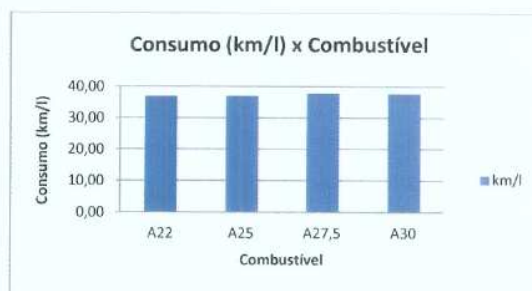
Combustível	Média CO2(g/km)	Variação em relação ao A22
A22	55,605	-
A25	54,621	-1,77%
A27,5	53,948	-2,98%
A30	54,139	-2,64%





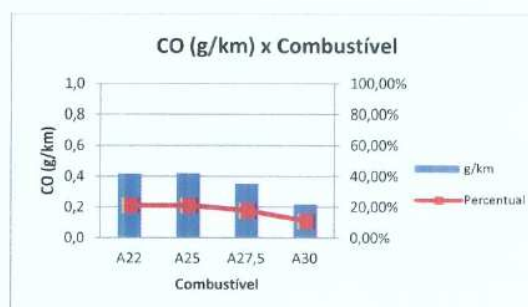
YAMAHA MOTOR DA AMAZÔNIA LTDA. Rua Rio Jaguarão, 1842 - Vila Buriti - Manaus - AM - Brasil - CEP 69072-055 - Fone: (92) 2126-1660

Combustível	Média Consumo km/l	Variação em relação ao A22
A22	37,014	-
A25	37,093	0,21%
A27,5	37,936	2,49%
A30	37,819	2,17%



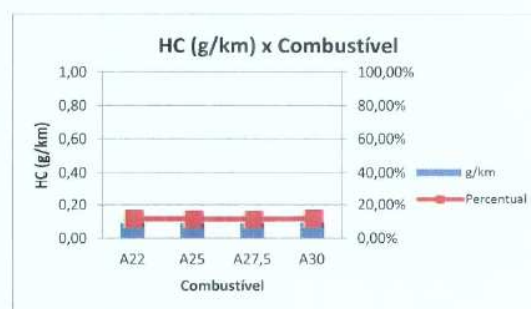
## 6.2. Motocicleta Yamaha T115 Crypton

Combustível	Média CO (g/km)	Variação em relação ao A22	% da média em relação ao limite Promot 3:
A22	0,421	-	21,03%
A25	0,422	0,24%	21,10%
A27,5	0,355	-15,68%	17,77%
A30	0,219	-47,98%	10,95%



Limite CO (g/km) PROMOT 3: 2,0 g/km

Combustível	Média HC (g/km)	Variação em relação ao A22	% da média em relação ao limite Promot 3:
A22	0,094	-	11,79%
A25	0,092	-2,13%	11,50%
A27,5	0,091	-3,19%	11,33%
A30	0,095	1,06%	11,92%

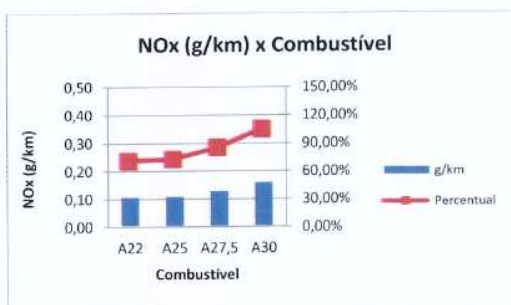


Limite HC (g/km) PROMOT 3: 0,8 g/km



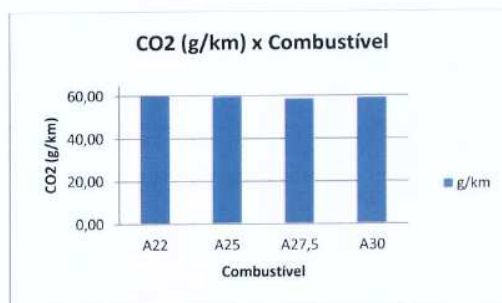
YAMAHA MOTOR DA AMAZÔNIA LTDA. Rua Rio Jaguarão, 1842 - Vila Buriti - Manaus - AM - Brasil - CEP 69072-055 - Fone: (92) 2126-1660

Combustível	Média NOx (g/km)	Variação em relação ao A22	% da média em relação ao limite Promot 3:
A22	0,106	-	70,67%
A25	0,109	2,83%	72,44%
A27,5	0,128	20,75%	85,11%
A30	0,158	49,06%	105,11%

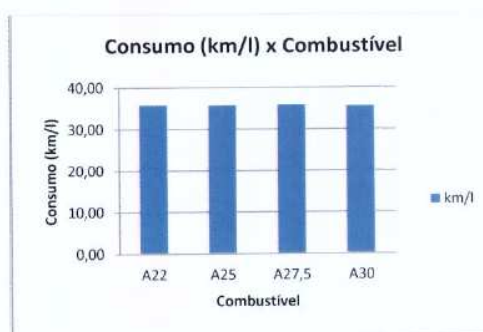


Limite NOx(g/km) PROMOT 3: 0,15 g/km

Combustível	Média CO2 (g/km)	Variação em relação ao A22
A22	59,900	-
A25	59,365	-0,89%
A27,5	58,475	-2,38%
A30	58,742	-1,93%



Combustível	Média Consumo (km/l)	Variação em relação ao A22
A22	35,730	-
A25	35,628	-0,29%
A27,5	35,862	0,37%
A30	35,467	-0,74%







YAMAHA MOTOR DA AMAZÔNIA LTDA. Rua Rio Jaguarão, 1842 - Vila Buriti - Manaus - AM - Brasil - CEP 69072-055 - Fone: (92) 2126-1660

---

## 7. Análise dos resultados:

Para os ensaios de emissões realizados nas motocicletas Yamaha T115 Crypton e Yamaha Factor YBR125, verificamos:

### ➤ Variação de CO (g/km):

- Para os combustíveis A22 com A25: ocorreu uma variação de (0,24%; 6,25%)
- Para os combustíveis A22 com A27,5: observou-se que ocorreu uma variação percentual maior (-15,68%; -36,54%)
- Para os combustíveis A22 com A30: observou-se que ocorreu uma variação maior (-47,98%; -60,21%)

### ➤ Variação do HC (g/km):

- Para os combustíveis A22 com A25: ocorreu uma variação de (-2,13%; 1,01%)
- Para os combustíveis A22 com A27,5: observou-se que ocorreu uma variação percentual maior (-3,19%; -15,58%)
- Para os combustíveis A22 com A30: observou-se que ocorreu uma variação maior (1,06%; -12,56%)

### ➤ NOx (g/km):

- Para os combustíveis A22 com A25: ocorreu uma pequena variação (2,83%; -8,27%)
- Para os combustíveis A22 com A27,5: observou-se que ocorreu uma variação percentual maior (20,75%; 25,56%)
- Para os combustíveis A22 com A30: observou-se que ocorreu uma variação maior (49,06%; 53,38%)

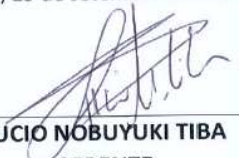


YAMAHA MOTOR DA AMAZÔNIA LTDA. Rua Rio Jaguarão, 1842 - Vila Buriti - Manaus - AM - Brasil - CEP 69072-055 - Fone: (92) 2126-1660

#### 8. Conclusão:

- Nos ensaios realizados com as motocicletas Yamaha Factor YBR125 e Yamaha T115 Crypton foi observado que:
  - Para HC (g/km), CO<sub>2</sub> (g/km) e Consumo (km/l): Houve uma pequena diminuição da variação percentual;
  - Para CO (g/km): Houve uma redução significativa com o aumento do Etanol Anidro de Referência (EAR);
  - NO<sub>x</sub> (g/km): Houve um aumento significativo para todos os combustíveis analisados;
- Nas misturas com o teor de etanol até 25% verificamos que não ocorre uma diferença significativa para os parâmetros analisados. Isso é devido às motocicletas apresentarem uma tecnologia desenvolvida inclusive para este percentual.
- Para as misturas com o teor acima de 25% ocorreu uma diminuição significativa de CO e o aumento significativo de NO<sub>x</sub> devido ao “desequilíbrio” da relação estequiométrica (ar/combustível) causado pelo aumento da porcentagem de Etanol Anidro de Referência (EAR) fazendo com que a mistura fique mais pobre.
- Como resultado, os valores de NO<sub>x</sub> (g/km) não só aumentaram, como ultrapassaram os limites regulamentados no PROMOT 3. Assim é previsível que esta situação poderá ocorrer com as demais motocicletas de diversas marcas e modelos que foram desenvolvidas para atender os limites estabelecidos no PROMOT 3.
- Outras considerações:
  - Para as motocicletas fabricadas para atender a fase anterior (PROMOT 2), onde os limites são mais brandos, este impacto será ainda maior devido a tecnologia adotada nos componentes de controle de emissão e de gases.

Manaus, 29 de setembro de 2.014.

  
\_\_\_\_\_  
**LUCIO NOBUYUKI TIBA**  
GERENTE