

## **ATRIBUTOS E BENEFÍCIOS DA NOVA GASOLINA S50**

Ricardo A. B. Sá, Katia M. Silva, Eurico S. Mello Neto, Juliana Belincanta, Luiz G. R. Lopreato, Pedro C. Vicentini  
PETROBRAS/CENPES (Petróleo Brasileiro S.A.)

E-mails: [rsa@petrobras.com.br](mailto:rsa@petrobras.com.br), [kmsilva@petrobras.com.br](mailto:kmsilva@petrobras.com.br), [e.mello@petrobras.com.br](mailto:e.mello@petrobras.com.br), [jbelincanta@petrobras.com.br](mailto:jbelincanta@petrobras.com.br), [lopreato@petrobras.com.br](mailto:lopreato@petrobras.com.br), [pcvicentini@petrobras.com.br](mailto:pcvicentini@petrobras.com.br)

### **RESUMO**

O presente trabalho reporta os principais atributos e benefícios relativos à gasolina S50, cuja disponibilização será obrigatória a partir de 2014. São abordadas as principais mudanças na especificação da gasolina, os resultados de desempenho da gasolina S50 em motores e veículos no tocante às emissões de poluentes, consumo de combustível, formação de depósitos em motor e desempenho veicular, e alguns aspectos que poderão ser percebidos pelos consumidores, como cor, odor, entre outros.

### **INTRODUÇÃO**

Gasolinas automotivas são usadas em motores de combustão interna com ignição por centelha e suas propriedades são balanceadas de forma a garantir um desempenho satisfatório do motor num amplo intervalo de condições operacionais e, ao mesmo tempo, possibilitar o atendimento aos limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos.

A tendência mundial de controle das emissões veiculares resultou, no Brasil, na Resolução CONAMA 18/1986 [1], que instituiu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), estruturado em diversas fases, tendo como objetivo diminuir as emissões de poluentes veiculares, propiciando a melhoria na qualidade do ar.

Para atendimento do PROCONVE, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) publicou, em dezembro de 2009, a Resolução ANP nº 38 [2] que estabelece uma nova especificação para a gasolina automotiva brasileira. Ela se destina aos veículos automotores homologados segundo os critérios fixados para a fase L-6 do PROCONVE, cuja disponibilização será obrigatória a partir de 1º de janeiro de 2014. Essa nova especificação reduz o teor de enxofre e as concentrações de olefinas e aromáticos no combustível, tendo como objetivo diminuir a emissão de poluentes, bem como propiciar condições para a combustão mais eficiente do combustível.

Para produção da gasolina com baixo teor de enxofre, a denominada Gasolina S50, a Petrobras realizou vultoso investimento para adaptação de seu parque de refino com a instalação de novas unidades de reforma catalítica, de hidrodessulfurização de nafta craqueada (HDS) e de hidrotreamento de nafta de coque (HDT).

## 1. CONTEXTO HISTÓRICO

A história do uso da gasolina automotiva pode ser dividida em duas fases [3]. A primeira delas, até a década de 70, é chamada de era do desempenho, onde as mudanças nas formulações foram determinadas pela busca de melhor desempenho, diminuição dos custos e aumento do volume de produção. Por outro lado, as mudanças ocorridas nos últimos 40 anos foram impulsionadas por leis ambientais direcionadas, sobretudo, para a redução da emissão de poluentes.

A introdução de leis ambientais mais restritivas teve um grande impacto na evolução da tecnologia automotiva. Como exemplo, pode-se mencionar a substituição dos carburadores nos sistemas de alimentação de combustível e a inclusão de catalisadores nos sistemas de exaustão. Concomitante a este processo, a formulação da gasolina automotiva teve seu desenvolvimento pautado pela eliminação do uso de chumbo tetra-etila, a introdução de oxigenados e a redução na concentração de alguns compostos, como o benzeno, o enxofre e os aromáticos.

No Brasil, o PROCONVE estabeleceu um cronograma de redução gradual da emissão de poluentes para veículos leves, resumido na tabela I. Para atender os limites indicados nesta tabela, a ANP regulamenta, através de Resoluções, as especificações das gasolinas de uso automotivo e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional. Atualmente, encontra-se vigente a Resolução nº57 de 2011 [4], e a Resolução nº38 de 2009 [2] indica os parâmetros que serão utilizados para a comercialização da gasolina em 2014, em consonância com a fase L-6 do PROCONVE.

Tabela I – Limites de emissões indicados no PROCONVE

Fases do PROCONVE	Ano Fabricação Veículo	CO (g/km)	HC (g/km)	NMHC (g/km)	NOx (g/km)	CHO (g/km)
L-1	1989	24,0	2,1	-	2,00	-
L-2	1992	12,0	1,2	-	1,40	0,16
L-3	1997	2,0	0,3	-	0,60	0,03
L-4	2005	2,0	-	0,16	0,25	0,03
L-5	2009	2,0	-	0,05	0,12	0,02
L-6	2014	1,3	-	0,05	0,08	0,02

Nota 1: CO - monóxido de carbono; HC - hidrocarbonetos; NMHC - hidrocarbonetos não metano; NOx - óxidos de nitrogênio; CHO - aldeídos.

Nota 2: Os limites máximos estabelecidos na Resolução CONAMA Nº 415, de 24 de setembro de 2009 (fase L-6) entram em vigor conforme cronograma abaixo:

I - veículos leves do ciclo Diesel: 100% a partir de janeiro de 2013.

II - veículos leves do ciclo Otto: a partir de 1º de janeiro de 2014 para os novos modelos e a partir de 1º de janeiro de 2015 para os demais.

## 2. ESPECIFICAÇÃO

A Resolução ANP nº 38, publicada em dezembro de 2009, estabelece a especificação para a gasolina automotiva que visa atender aos critérios fixados para a fase L-6 do PROCONVE. As principais características desta nova especificação, bem como a especificação vigente até 2014 são apresentadas na Tabela II e discutidas a seguir.

Tabela II – Especificação da gasolina C S800 (2013) [4] e gasolina C S50 (2014) [2]

Característica	Unidade	Metodo(s)		Gasolina C S50 [2]		Gasolina C S800 [4]	
		Nacional	Estrangeiro	mín.	máx.	mín.	máx.
Aditivos	-	-	-	-	-	-	-
Aspecto	-	NBR 14954	ASTM D4176	-	-	-	-
Benzeno	% volume	-	ASTM D3606/ D5443/ D6277	-	1,0	-	1,0
Chumbo	gPb/l	-	ASTM D3237	-	0,005	-	0,005
Cor	-	visual	visual	-	-	-	-
Corrosividade ao cobre a 50°C, 3h	-	NBR 14359	ASTM D130	-	1	-	1
Destilação	-	-	-				
10% evaporado	°C	NBR9619	ASTM D86	-	65,0	-	65,0
50% evaporado	°C	NBR9619	ASTM D86	-	80,0	-	80,0
90% evaporado	°C	NBR9619	ASTM D86	-	190,0	-	190,0
PFE	°C	NBR9619	ASTM D86	-	215,0	-	220,0
resíduo	% volume	NBR9619	ASTM D86	-	2,0	-	2,0
Enxofre total	mg/kg	-	ASTM D2622/ D3120/ D5453 / D6920 / D7039 / D7212	-	50	--	800
Etanol Anidro	% volume	NBR 13992	-	-	-	24,0	26,0
Goma atual lavada	mg/100 ml	NBR 14525	ASTM D381	-	5	-	5
Hidrocarbonetos	-	-	-			-	
aromáticos	% volume	NBR 14932	ASTM D1319	-	35	-	45
olefínicos	%volume	NBR 14932	ASTM D1319	-	25	-	30
Saturados	% Volume	NBR 14932	ASTM D1319	Anotar	Anotar		
IAD	-	-	ASTM D2699/ D2700	87,0	-	87,0	-
Massa Específica a 20 °C	kg/m³	NBR 7148/ NBR 14065	ASTM D1298/ D4052	anotar	anotar	anotar	anotar
MON	-	-	ASTM D2700	82,0	-	82,0	-
Período de indução a 100 °C	min	NBR 14478	ASTM D525	480	-	360	-
PVR	kPa	NBR 4149/ NBR 14156	ASTM D4953/ D5190/ D5191/ D5482	-	69,0	-	69,0
Silício	mg/kg	ICP-AES	ICP-AES	-	Anotar		
Fósforo	mg/l	-	ASTM D3231	-	0,2	-	-

Nota: Teor de etanol anidro na gasolina C em 25 % volume a partir de 1º de maio de 2013.

## 2.1. Composição da gasolina

A gasolina é uma mistura complexa de hidrocarbonetos, variando de quatro a doze átomos de carbono, cuja faixa de destilação situa-se tipicamente entre 30 °C e 215 °C. As correntes que compõe a gasolina provêm de diferentes processos de refino e são denominadas naftas. Em função das características do petróleo e do esquema de refino de cada refinaria é possível escolher as alternativas mais convenientes economicamente para adequação da produção às exigências da especificação.

Os hidrocarbonetos presentes nas correntes de nafta, conseqüentemente na gasolina comercializada, pertencem às famílias dos compostos parafínicos, naftênicos, aromáticos e olefinicos. Compostos aromáticos apresentam maior dificuldade de queima, aumentando as emissões de compostos poluentes, como o monóxido de carbono e particulados, produtos resultantes da queima incompleta dos hidrocarbonetos. Aromáticos pesados também aumentam a formação de depósitos em motores. Os compostos olefínicos são precursores de goma e, juntamente com o NO<sub>x</sub>, atuam na formação de ozônio atmosférico. [5]

Por força de lei federal, toda a gasolina automotiva comercializada no Brasil recebe etanol anidro combustível, em porcentagens que podem variar de 18 a 25% em volume, ou seja, toda a gasolina automotiva é uma mistura da gasolina tipo A (produzida nas refinarias) com etanol, constituindo-se na gasolina tipo C.

Para propiciar a diminuição da emissão de poluentes, a nova especificação estabelece a redução do teor de compostos aromáticos e olefínicos dos atuais 45%v/v e 30%v/v para 35% v/v e 25% v/v, respectivamente, na gasolina tipo C.

## 2.2. Estabilidade

A degradação da gasolina com o tempo é um fenômeno natural devido à oxidação. A capacidade de uma gasolina em resistir a alterações em sua composição ao longo do tempo é caracterizada como sua estabilidade.

Gasolinas automotivas recém-produzidas possuem normalmente um baixo teor de goma, mas podem oxidar durante estocagens prolongadas, formando peróxidos e gomas. Os peróxidos são altamente reativos e podem ser agressivos aos elastômeros presentes no sistema de alimentação de combustível dos veículos. A goma é um resíduo que não se volatiliza junto com a gasolina, podendo se depositar nas superfícies de carburadores, bicos injetores, hastes e tulipas das válvulas de admissão. Estes depósitos afetam a dirigibilidade do veículo, reduzem o desempenho do motor e aumentam as emissões de poluentes para o meio ambiente.

Os hidrocarbonetos olefínicos, principalmente as diolefinas conjugadas, são os hidrocarbonetos mais suscetíveis ao processo de oxidação da gasolina. Os compostos sulfurados, nitrogenados e oxigenados, mesmo presentes em pequenas quantidades, também interferem no processo de degradação do combustível.

A gasolina S50 será produzida a partir de correntes obtidas em unidades de hidrodessulfurização (HDS e HDT) que reduzirão o teor de diolefinas presentes na gasolina, resultando em maior estabilidade. Na nova especificação, o limite mínimo para o período de indução, teste utilizado para prever o comportamento de gasolinas automotivas quanto à estabilidade a oxidação, aumentará de 360 para 480 minutos, para a gasolina tipo C, garantindo maior estabilidade do produto.

### 2.3. Ponto final de ebulição (PFE)

A especificação da gasolina determina as temperaturas máximas nas quais 10%, 50% e 90% do combustível devem estar evaporados sobre condições definidas, bem como determina o ponto final de ebulição (PFE), que é a temperatura máxima observada durante o processo de destilação do produto. Estas características da destilação, juntamente com a pressão de vapor, controlam a partida do motor, seu aquecimento, aceleração, tendência ao tamponamento, a diluição do óleo lubrificante e, em parte, a economia de combustível.

Na nova especificação, a temperatura correspondente ao PFE está sendo reduzida de 220 °C para 215 °C. Essa redução visa um maior controle dos componentes da gasolina que possuem ponto de ebulição mais elevado. Componentes pesados contribuem para a maior formação de depósitos no motor e diluição do lubrificante, devido à queima incompleta.

### 2.4. Teor de enxofre

Uma das mudanças mais significativas da nova especificação de gasolina, necessária à adequação dos veículos as exigências da fase L-6 do PROCONVE, é a redução do teor de enxofre dos atuais 800 mg/kg para 50 mg/kg. Os óxidos de enxofre formados durante a combustão da gasolina são responsáveis por uma gama de efeitos adversos aos veículos e ao meio ambiente. Dentre esses, pode-se citar a corrosão em sistemas de exaustão dos motores, bem como o aumento das emissões de escapamento para veículos com catalisador, inviabilizando as novas tecnologias empregadas nos sistemas catalítico de adsorção de NOx desta nova fase do PROCONVE .

### 2.5. Condutividade

A condutividade elétrica consiste na habilidade de um fluido em dissipar carga elétrica, sendo que fluidos de baixa condutividade tendem a acumular carga em sua superfície. Tal fenômeno é indesejável, pois aumenta o risco de descargas elétricas quando do manuseio e distribuição de combustíveis, aumentando, por conseguinte, os riscos de incêndio e explosão.

Gasolinas automotivas com baixo teor de enxofre (< 50 mg/kg) tendem a apresentar baixa condutividade elétrica, em função da remoção de compostos polares que atuam como promotores naturais desta propriedade. No entanto, no caso da gasolina brasileira, a incorporação do etanol, produto que apresenta condutividade mais elevada, minimiza este problema. Ainda assim, as medidas de manuseio e controle de acúmulo de eletricidade estática devem ser observadas.

## 2.6. Cor e odor

As várias correntes de refino normalmente usadas na produção da gasolina possuem características diferentes. Algumas correntes importantes são: nafta de destilação direta, nafta craqueada, nafta craqueada hidrotratada, reformado, isomerizado e alquilado, cada qual com sua cor e odor característico. Deste modo, a cor e o odor da gasolina podem variar em função das correntes usadas na sua composição, sendo que estas propriedades não estão relacionadas com o desempenho do combustível no motor.

A gasolina S50 deverá apresentar coloração e odor diferentes, em função da mudança das correntes que compõem a gasolina. Ainda que exista esta tendência, recomenda-se atenção ao seu manuseio, minimizando o contato com o produto e a inalação dos seus vapores.

## 2.7. Silício

O silício é um contaminante da gasolina com potencial de causar depósitos em câmaras de combustão, danificando sensores de oxigênio e conversores catalíticos. Na nova especificação, embora não tenha sido determinado um limite para este contaminante, este parâmetro passa a ser monitorado. Ressalta-se que os processos de refino empregados na produção da nova gasolina S50 tende a reter esse contaminante, minimizando o impacto adverso que tal contaminante possa causar.

## 2.8. Fósforo

A presença de fósforo na gasolina é deletéria ao funcionamento dos sistemas catalíticos que tratam os gases de exaustão. Por isto, a especificação proíbe a adição de qualquer composto contendo fósforo ou chumbo. O teor de chumbo já vem sendo controlado na especificação brasileira, e o teor de fósforo será controlado na nova especificação, sendo que esta característica deverá ser analisada quando houver dúvida quanto à ocorrência de contaminação.

# 3. DEPÓSITOS EM VÁLVULAS

A nova especificação estabelece que toda a gasolina automotiva a ser comercializada a partir de 1º de janeiro de 2014 deverá conter aditivo detergente-dispersante nos critérios a serem estabelecidos pela ANP. O uso deste aditivo tem como objetivo minimizar a formação de depósitos em injetores e válvulas de admissão.

Embora os critérios para utilização do aditivo detergente-dispersante ainda não estejam definidos, recentemente foi publicada a norma ABNT NBR 16038 [6] que descreve o método de ensaio em banco dinamométrico para quantificação dos depósitos formados em válvulas de admissão em motores de ignição por centelha, equipados com sistema de injeção indireta de combustível.

Tendo em vista a importância deste parâmetro na gasolina 2014, é apresentado um breve resumo da metodologia de ensaio, bem como resultados experimentais com duas gasolinas com diferentes teores de enxofre, 50 mg/kg e 400 mg/kg, ambas sem aditivo detergente dispersante e em conformidade com as respectivas especificações [2] e [4], com o objetivo de avaliar a formação dos depósitos no motor deste novo combustível.

### 3.1. Metodologia de Teste

Nos ensaios para a avaliação da formação de depósitos em válvulas de admissão e câmaras de combustão utiliza-se de um motor Fiat 1.4 Tetra-fuel (figura 1) operando durante 100 horas, conforme parâmetros estabelecidos na Norma ABNT [6], visando garantir a repetibilidade das condições dos ensaios e dos resultados finais. A figura 2 ilustra as condições de operação do motor.

O resultado final do ensaio consiste na média das espessuras de depósitos medidas nas quatro câmaras de combustão e a média das massas de depósitos nas quatro válvulas de admissão. Os dados de operação e as condições gerais do motor são verificados para determinar se o teste foi válido.



Figura 1 – Motor no banco de provas.

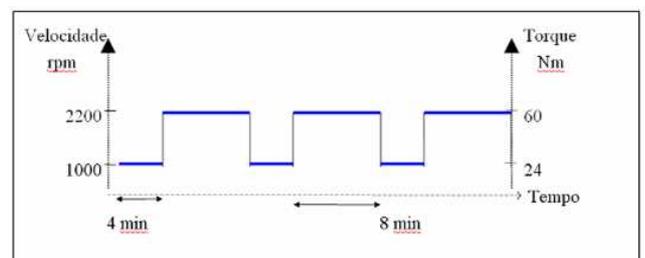


Figura 2 – Gráfico descritivo dos ciclos do ensaio de motor de acordo com a NBR 16038.

### 3.2. Resultados

As figuras 3 e 4 apresentam os resultados médios de três ensaios realizados com os dois combustíveis avaliados neste estudo.

Os resultados disponíveis indicam que tanto os depósitos em válvulas de admissão, quanto os depósitos em câmaras de combustão apresentam uma redução de 54% e 41%, respectivamente, na formação de depósitos. Essa redução é coerente com a redução da concentração de enxofre, do PFE e dos teores de aromáticos e olefinas na gasolina S50, conhecidamente relacionados à formação de depósitos.

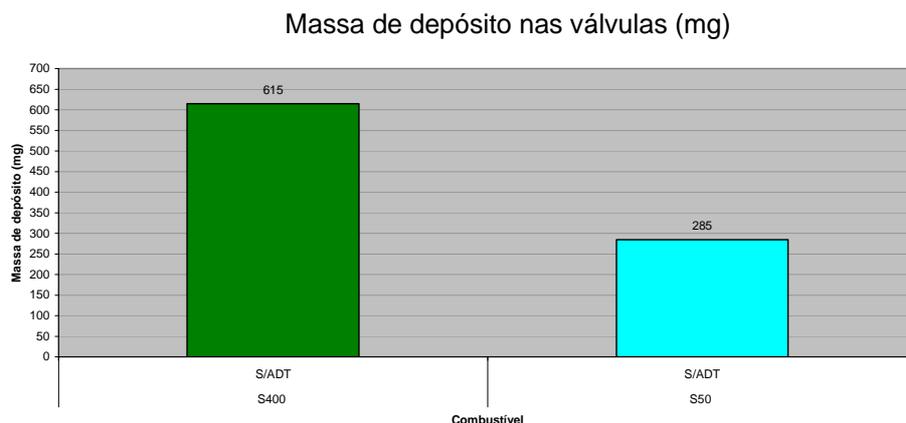


Figura 3 – Resultados médios de três ensaios de depósitos em válvulas com gasolina S400 e S50

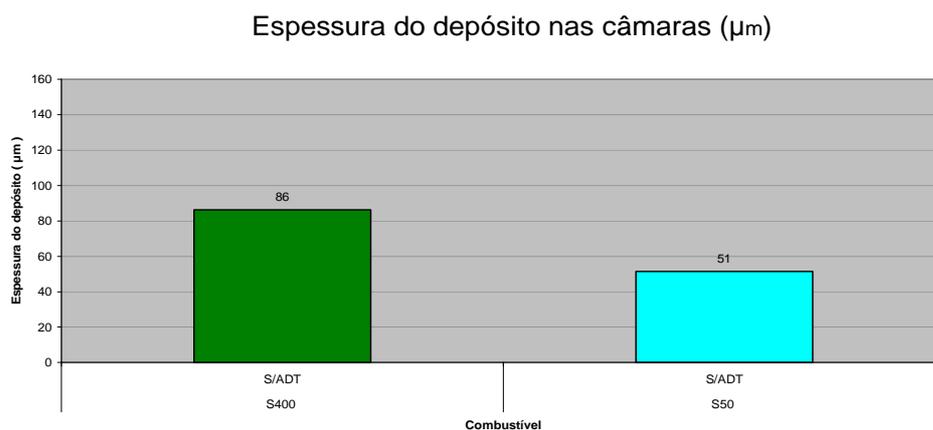


Figura 4 – Resultados médios de três ensaios de depósitos em câmaras com gasolina S400 e S50

#### 4. EMISSÕES DE ESCAPAMENTO E AUTONOMIA URBANA

Tendo o PROCONVE o objetivo primordial de “... reduzir e controlar as contaminações atmosféricas por fontes móveis ...”[7] foi realizado estudo sobre o uso da gasolina S50, formulada para atender aos requisitos da fase L-6, em veículos produzidos quando da vigência de outras fases do programa. O objetivo foi observar o efeito da gasolina S50 nas emissões e autonomia numa frota composta de veículos em uso com as variadas características.

Para realização do presente estudo foram utilizados 8 veículos leves, selecionados de diferentes fabricantes, idades, motorizações e tecnologias de controle de emissões, representando as fases L-3, L-4, L-5 do PROCONVE. Também foi testado um nono veículo,

que embora homologado como L-5, já atendia aos limites da fase L-6. A tabela III apresenta as principais características dos veículos testados.

Pelo fato de haver uma tendência das emissões de veículos em mau estado de manutenção serem pouco sensíveis à qualidade do combustível, todos os veículos foram revisados e aprovados no teste estático de emissões (marcha lenta e 2500 rpm) para leitura de THC (teor total de hidrocarbonetos) e CO (monóxido de carbono), conforme estabelecido pelo IBAMA para programas de Inspeção e Manutenção (I/M) [8].

Tabela III – Características dos veículos testados nos ensaios de emissões e de autonomia urbana.

Modelo	Cilindrada (l)	km inicial	Fase PROCONVE	Combustível	Câmbio	Ano
V1	1.0	177.219	L-3	Gasolina	manual	2001
V2	1.6	205.720	L-3	Gasolina	manual	2001
V3	2.0	61.419	L-4	Flex	manual	2007
V4	2.3	102.763	L-4	Gasolina	automático	2008
V5	2.0	102.703	L-4	Flex	automático	2008
V6	1.0	14.108	L-5	Flex	manual	2011
V7	1.0	18.633	L-5	Flex	manual	2011
V8	1.4	26.722	L-5	Flex	manual	2011
V9	2.0	11.182	L-5/L-6 <sup>(1)</sup>	Gasolina	automático	2011

Nota: (1) veículo homologado como L-5, mas que já atende aos limites L-6

Para a realização dos ensaios foram utilizadas duas gasolinas C com teor de enxofre que atende à atual especificação da ANP [4], gasolina S800, e outra com teor inferior a 50 mg/kg, valor que entrará em vigor a partir de 2014 [2]. Ambas as gasolinas foram preparadas com um teor de etanol de 22 %v/v, de modo a estar em um valor intermediário ao estabelecido na legislação, que tem variado entre 20 e 25 %v/v. A Tabela IV apresenta algumas das propriedades dos combustíveis avaliados neste estudo.

Tabela IV – Algumas propriedades das gasolinas S800 e S50 antes da adição de 22 %v/v de etanol.

Propriedades		Gasolina S800	Gasolina S50
Destilação (°C)	T10	52,8	57,7
	T50	93,2	100,2
	T90	157,2	175,1
	PFE	196,5	204,1
PVR (kPa)		62,1	48,9
Enxofre. (ppm)		412	38
Hidrocar- bonetos (%v)	Aromáticos	21,87	29,92
	Olefínicos	21,33	24,62
	Saturados	56,80	45,46

#### 4.1. Emissões Legisladadas e Autonomia Urbana

Os ensaios de emissões de escapamento foram executados em dinamômetro de chassi

(figura 5), segundo as normas ABNT NBR 6601 [9] e ABNT NBR 12026 [10]. Foram medidos o teor total de hidrocarbonetos (THC), monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e aldeídos (ALD=formaldeído + acetaldeído). Os hidrocarbonetos não metano (NMHC) foram calculados pela diferença entre o teor total de hidrocarbonetos e o metano (NMHC = THC - CH<sub>4</sub>). O teor de CO<sub>2</sub> é o único parâmetro indicado nesta etapa do estudo que não é legislado.



Figura 5 – Detalhe do veículo realizando ensaios de emissões e consumo de combustível.

Nos mesmos ensaios foram medidas as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e a autonomia urbana, em km/l, obtida pelo método do balanço de carbono, conforme a norma técnica ABNT NBR 7024:2010 [11]

Foram realizados no mínimo três ensaios válidos com cada conjunto combustível/veículo e os resultados de todos os poluentes e do consumo deveriam estar dentro de uma variação máxima de 30% entre o maior e o menor valor. Antes de cada seqüência de ensaios, os veículos foram condicionados com rodagem de 50 km para garantir a adaptação ao novo combustível.

Para identificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as médias, foi aplicado o método de comparação via Fisher LSD a um nível de confiança superior a 95% (p level < 0,05), com auxílio do software STATISTICA. Quando se verificou a influência do combustível como significativa, as médias foram comparadas entre si pelo cálculo da diferença percentual. Nos casos em que a hipótese de igualdade estatística entre as médias não pode ser descartada, os resultados são apresentados como “S/DIF” ou “0%”. As figuras 6 a 8 apresentam as variações estatísticas encontradas para a gasolina S50 em relação à gasolina S800.

Pode-se observar que o efeito do menor teor de enxofre da gasolina S50, em relação à gasolina S800, na redução das emissões é mais pronunciado nos veículos de tecnologias mais modernas, caracterizado por veículos da fase L-5 e L-5/L-6. O emprego dessa gasolina em tecnologias mais antigas apresentou resultados mais discretos em todos os poluentes. Em relação ao consumo não se observou melhorias com o uso da gasolina S50, sendo que em um veículo da fase L-4 ocorreu um discreto aumento de 2%.

#### 4.2. Emissões Não Legisladas – SO<sub>x</sub>

Dentre os poluentes primários não legislados, podemos destacar os óxidos de enxofre, generalizados por SO<sub>x</sub>, cujo impacto depende predominantemente do teor de enxofre presente nos combustíveis derivados do petróleo.

A redução do teor de enxofre da gasolina para 50 mg/kg, a partir de 2014, causará um grande impacto na redução das emissões desse poluente, principalmente aquelas decorrentes das emissões das fontes móveis.

Esse impacto pode ser estimado com base no estudo publicado pela CETESB [12], levando-se em conta o fator de emissão (FE) e os dados publicados pelo Ministério do Meio Ambiente [13], reportando a seguinte equação para determinação do FE para SO<sub>x</sub>.

$$FE_{(SO_x)} = \frac{M_{SO_2} \cdot d \cdot S}{M_s \cdot C}$$

onde:

$M_{SO_2}$  : massa molecular do SO<sub>2</sub> (64g)

$M_s$  : massa molecular do S (32g)

d : massa específica do combustível (kg/m<sup>3</sup>)

S : fração mássica do enxofre no combustível

C : consumo médio de combustível (km/l)

Adaptando esta expressão para o cálculo da massa de SO<sub>x</sub> em função do consumo total anual de gasolina, ano base 2012, e considerando os seguintes dados:

V: vendas de gasolina A = 31.662.000 m<sup>3</sup>

d: massa específica média da gasolina: d = 745 kg/m<sup>3</sup>

S<sub>ppm</sub>: teor de enxofre da gasolina atual: S<sub>ppm</sub> = 800 mg/kg = 800 ppm em massa

A quantidade em massa de SO<sub>x</sub> descarregada na atmosfera por uma gasolina com 800 mg/kg foi de:

$$M_{(S)} = \frac{M_{SO_2} \cdot d \cdot V \cdot S_{ppm}}{10^6 \cdot M_s} = 37741 \text{ ton}$$

Considerando a redução do enxofre para 50 mg/kg, a massa de enxofre descarregada na atmosfera será dezesseis vezes menor. Projetando um aumento de 20% no consumo de gasolina, essa massa reduzirá para aproximadamente 2.830 ton, ou seja, cerca de 8 % dos níveis atuais, o que sem dúvida será muito expressivo.

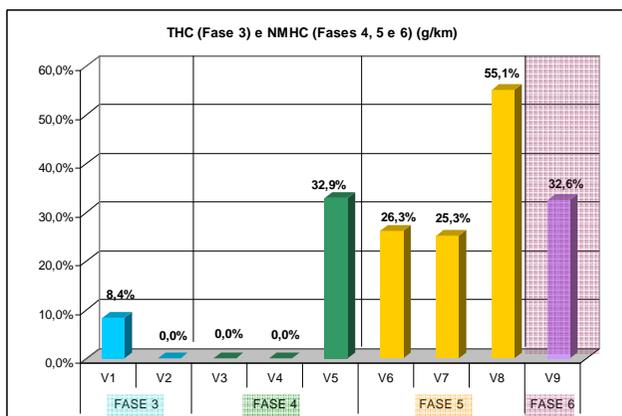


Figura 6- Diferenças percentuais para THC e NMHC nos veículos agrupados por fases do PROCONVE

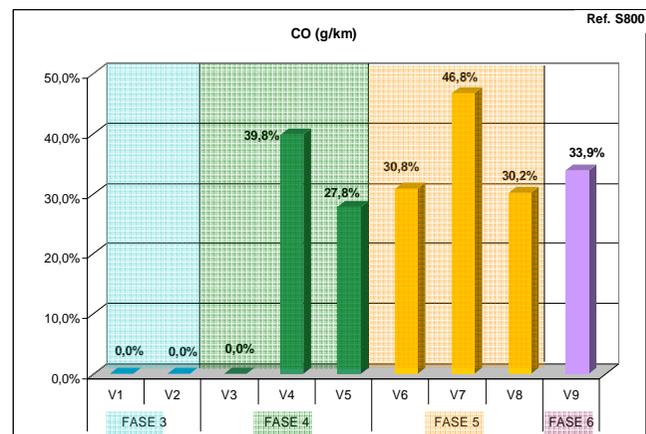


Figura 7: Diferenças percentuais para CO nos veículos agrupados por fases do PROCONVE

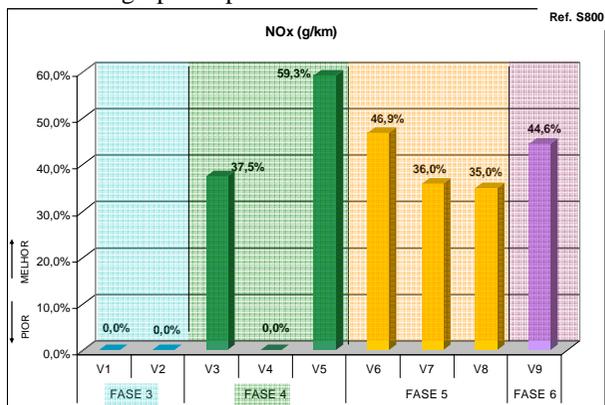


Figura 8: Diferenças percentuais para NOx nos veículos agrupados por fases do PROCONVE

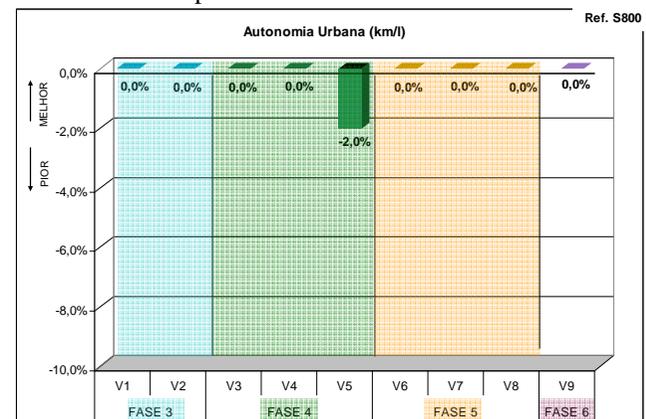


Figura 9: Diferenças percentuais para Autonomia Urbana nos veículos agrupados por fases do PROCONVE

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O aumento ocorrido nas últimas décadas do número de veículos automotores que circulam no país, aliado ao crescimento industrial ocorrido no mesmo período, tem provocado a elevação exponencial das emissões de poluentes, prejudicando consideravelmente a regeneração da atmosfera. Esse fato tem provocado a crescente preocupação com alguns poluentes primários, legislados ou não, que são emitidos diretamente pelas fontes móveis e fixas para a atmosfera.

Os organismos governamentais têm desenvolvido legislações específicas com o intuito de mitigar esses e outros problemas relacionados às emissões veiculares. Nesse sentido, a Petrobras vem imprimindo grandes esforços nos últimos anos no sentido do desenvolvimento de combustíveis que contribuam tanto com o desenvolvimento tecnológico dos veículos quanto minimizem seu impacto ambiental.

Avaliando os resultados obtidos no presente trabalho pode-se constatar que ao se utilizar a gasolina com menor teor de enxofre (gasolina S50) há uma redução na formação de depósitos nas válvulas de admissão e na câmara de combustão, bem como uma redução nas emissões de alguns importantes componentes legislados e não legislados. Observou-se, ainda, que o efeito da gasolina S50, em relação à gasolina S800, na redução das emissões é mais pronunciado nos veículos de tecnologias mais modernas, caracterizado por veículos das fases L-5 e L-6.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986.
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, Resolução ANP nº 38, de 09 de dezembro de 2009.
- [3] GUBET, J. e FAURE-BIRCHEM, E., Fuels and Engines: Technology, Energy, Environment, Editora Technip, 1999.
- [4] AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, Resolução ANP nº 57 de 20 de outubro de 2011.
- [5] ACEA/EUROPIA European Programme on Emissions, Fuels and Engine Technologies, (EPEFE), Final Report, 1995.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Combustíveis – Medição de Depósitos em Válvulas de Admissão em Motor com Ignição por Centelha, ABNT NBR 16038, 2012.
- [7] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/programa-proconve>, acessado em 24/05/2013.
- [8] INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, Instrução Normativa nº 6 de 8 de junho de 2010, Brasília, DF, Brasil, 2010.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Veículos Rodoviários Automotores Leves – Determinação de Hidrocarbonetos, Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrogênio e Dióxido de Carbono no Gás de Escapamento – ABNT NBR 6601, 2012.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Veículos Rodoviários Automotores Leves – Determinação da Emissão de Aldeídos e Cetonas Contidas no Gás de Escapamento, por Cromatografia Líquida – Método DNPH – ABNT NBR 12026, 2009.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Veículos Rodoviários Automotores Leves – Medição do Consumo de Combustível – Método de Ensaio, ABNT NBR 7024, 2010.
- [12] CETESB - INVENTÁRIO DE EMISSÃO VEICULAR, 1992.
- [13] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, Relatório Final, 2011.