

ESTUDOS RELATIVOS AO ESTABELECIMENTO DE UMA
METODOLOGIA DE TESTES DE EMISSÃO EM VEÍCULOS,
APLICÁVEL EM SÃO PAULO

PROJETO-03/78

DIVISÃO DE FONTES MÓVEIS
GERÊNCIA DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS
SUEC/D TSA

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERRMANN JR., 345 CEP 05409 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

ARQUIVO TECNICO

CETESB

SÃO PAULO, JANEIRO DE 1979

B206
B732e (RCET)
022778

TO:	022778
FROM:	
DATE:	

PJ-03/78 - ESTUDOS RELATIVOS AO ESTABELE-
CIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE TESTES DE
EMISSÃO EM VEÍCULOS, APLICÁVEL EM S.PAULO

Com o objetivo deste projeto foram feitas várias reuniões com alguns órgãos filiados ao Governo para se orientar a definição sobre a metodologia de testes para veículos a ser adotada no Brasil.

O método norte-americano ou sistema CVS é o mais aperfeiçoado tecnicamente, tanto sob o ponto de vista de coleta da amostra de gases, quanto do sistema de análise e medição dos poluentes. Ele possui assim uma repetitividade bastante boa além de se utilizar de um ciclo de condução (Driving Cycle) determinado sob condições tecnicamente bem melhores, mais elaboradas e representativas do tráfego médio urbano. (ver anexo 1).

Sugerimos, por isso, a adoção do método completo norte-americano para medição de emissões de escape em veículos, que deverá ser implantado nas seguintes etapas:

- 1) O método e as especificações básicas dos equipamentos deverão constar em uma norma CETESB ou, se possível, brasileira.
- 2) Após o estabelecimento do método deverão ser medidos os veículos brasileiros já existentes para se ter o valor médio atual das emissões, dos automóveis nacionais.
- 3) Com base nos itens 1 e 2 e nos valores de qualidade do ar, deverão ser determinados os padrões de emissão ideais, que servirão pelo menos como meta a ser atingida pelo programa de controle de veículos novos.
- 4) Considerando a meta estabelecida e a dificuldade ou a possibilidade da Indústria Automobilística atendê-la, fixar os padrões de emissão e os prazos para a sua vigência.


- 5) À medida que se tiver novos valores de qualidade do ar e das emissões reais dos veículos, rever os padrões de emissão para se chegar ao objetivo principal do programa que é manter a composição de atmosfera dentro dos limites previstos pela OMS.

O procedimento descrito acima foi discutido com elementos de quatro indústrias automobilísticas (Ford, Volkswagen, General Motors e Chrysler) que opinaram favoravelmente.

Alguns órgãos governamentais como SEMA, CONMETRO, CTA, CNP e IPT que estão interessados em normalizar o método de testes para emissões veiculares, já nos contactaram, na CETESB, para formarmos um grupo de trabalho com tal objetivo, sendo que a SEMA já participou de uma reunião realizada em São Paulo, a respeito do assunto.

Em vista disso, sugerimos o encerramento do projeto PJ-03/78 com esse relatório e a abertura de um programa novo a ser realizado em conjunto pelas divisões DFM e DLTV com o objetivo de normalizar o método de teste CVS para o Brasil e fornecer toda a assessoria necessária às organizações governamentais acima referidas.

Cumpramos lembrar que possuímos grande parte do Federal Test Procedure já traduzida, que será a base necessária para o desenvolvimento desse programa.


Eng^o Gabriel Murgel Branco
Chefe da Divisão de Fontes
Móveis

GMB/abt
12/01/79

A ADOÇÃO DE UM PROCEDIMENTO DE TESTE DE
EMIÇÃO DE GASES DE ESCAPE EM VEÍCULOS,
APLICÁVEL EM SÃO PAULO

1) Introdução:

Para se conhecer a emissão de gases média de um veículo é necessário testá-lo em diversos regimes de funcionamento e, principalmente, nos regimes transitórios. O regime transitório tem grande importância, ' nesse teste, por dois motivos, a saber:

Em primeiro lugar é muito frequente, ocorrendo centenas de vezes por dia de uso do veículo e, em segundo, é sempre acompanhado de emissões mais intensas, por provocar enriquecimentos da mistura ' combustível, tanto na aceleração como na desaceleração. Isto ocor re porque na aceleração é preciso injetar combustível adicional pa ra se garantir a dirigibilidade do veículo e, na desaceleração o ar de entrada é bruscamente cortado, a pressão do coletor de admis são diminui e o combustível líquido já existente no tubo de admis são se evapora formando uma mistura mais rica.

Em vista disso para a realização de um teste de emissão é preciso se estabelecer um ciclo padronizado de regimes do motor, que consiste em um gráfico da velocidade do veículo em função do tempo, o qual ' deverá representar as condições de tráfego usual. O veículo em tes te será colocado num dinamômetro e dirigido de modo a se observar o perfil de velocidades imposto.

Em vista disso, é imprescindível, para a obtenção de um fator de emissão médio, submeter-se o veículo em teste a um ciclo de funcio namento composto por regimes de aceleração, velocidade de cruzeiro, desaceleração, marcha lenta e transitórios de diversos tipos.

2) O ciclo de testes norte americano:

2.1. O ciclo "seven-mode ":

Já no ano de 1956 os EUA iniciaram os estudos de determinação dos ciclos de teste de emissão. O primeiro destes ciclos foi o chamado "seven-mode cycle".

Este ciclo foi desenvolvido visando se ter uma representação das condições do tráfego de um veículo nas cidades norte-americanas, em termos de velocidades, acelerações e períodos de marcha lenta.

Desenvolveu-se, para isso, diferentes análises de dados de velocidades, horários, destinos etc. obtidos no tráfego da cidade. Inicialmente os dados foram coletados em 200 veículos particulares durante uma semana cada um e, posteriormente, outros dados foram obtidos num veículo que percorreu uma grande extensão da cidade registrando os parâmetros em fita magnética.

Em ambos os casos foram feitas reduções estatísticas dos dados, de forma que os resultados obtidos foram médias das acelerações, velocidades, períodos em marcha lenta e número de paradas.

Em vista disso, o ciclo de teste proposto (seven-mode) era repetitivo e formado por linhas retas, como mostrado abaixo.

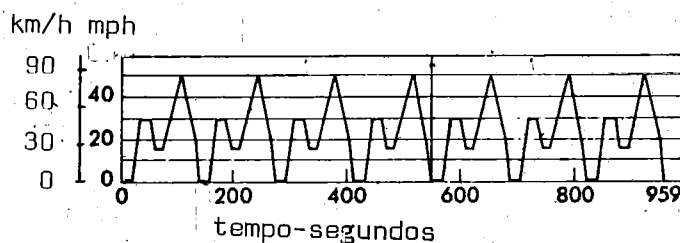


Fig. 1 - Ciclo "seven-mode"

Isto significa que somente os movimentos com acelerações ou des-
-acelerações constantes, velocidades constantes (cruzeiros) e
marcha lenta estão aí representados, estando esquecidas as
transições de regime, que são extremamente frequentes na maneir-
ra de se dirigir nas áreas urbanas.

Em vista desse importante detalhe, foi desenvolvido um novo
ciclo incorporando o regime transitório e, conseqüentemente,
uma nova técnica para determiná-lo, que serão descritos a se-
guir.

2.2. O ciclo CVS - 1

Com vistas a se ter um perfil de velocidades médio e "real"
foi levantado, experimentalmente, um gráfico de velocidades
que totalizou mais de 30.000 km de extensão rodados na cidade,
em diversos horários, em várias ruas e zonas e por vários moto-
ristas.

À partir deste gráfico foram escolhidos trechos ao acaso e jus-
tapostos de modo a se obter um "perfil de velocidades reduzi-
do", sempre formado por trechos reais do perfil total.

Como medida teórica da validade do "perfil reduzido" alguns pa-
râmetros foram mantidos iguais aos seus correspondentes no grá-
fico completo tais como:

- . Velocidade e aceleração médias.
- . porcentagem do tempo total, gasta em regime de marcha
lenta.
- . número de paradas por unidade de comprimento do per-
curso.

É importante notar que, nesta segunda fase de desenvolvimento,
além da inclusão do grande número de regimes transitórios, foi
feita a imposição de que o ciclo não fôsse repetitivo.

Isto se deve ao fato de que quanto mais variado for o gráfico
de velocidades, tanto maior será a sua capacidade de incorpo-

rar nuances da maneira de se dirigir um veículo.

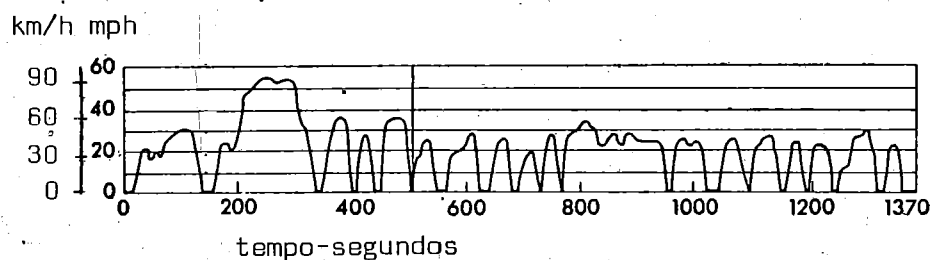


Fig.2 - Ciclo CVS-1 - (US-72)

Finalmente, a medida experimental da validade do ciclo de teste como representativo do tráfego urbano, sob o ponto de vista de emissões, foi feita através da comparação de testes de emissão feitos segundo o ciclo assim determinado e, também, feitos com o veículo rodando nas ruas de várias cidades (Los Angeles, Cincinnati e Ypsilanti).

Este tipo de comparação mostrou os seguintes coeficientes de correlação para o ciclo CVS:

<u>Poluente</u>	<u>coef. de correlação</u>
HC	0,99466
CO	0,94301
CO ₂	0,99716

2.3. O ciclo CVS - 3:

O Ciclo CVS - 3 consiste num aperfeiçoamento do CVS - 1.

Através de pesquisas estatísticas chegou-se a conclusão de que 57% das viagens dos veículos são iniciados com o motor quente. Além disso verificou-se que, à partir dos primeiros 500 segundos do testes CVS-1, a temperatura do motor se estabiliza.

Em vista desses dois fatos o teste de emissão passou a ser completado por uma repetição dos primeiros 505 segundos com o motor quente, e a coleta dos gases foi dividida em 3 etapas:

- 1º) Coleta durante os primeiros 505 segundos (frio)
- 2º) Coleta após a estabilização da temperatura (estabilizado)
- 3º) Coleta do período repetido de 505 segundos (quente)

A emissão total é, então, uma média ponderada dessas três amostras, como mostra a fórmula abaixo:

$$E = 0,43 E_{\text{frio}} + 0,57 E_{\text{quente}} + E_{\text{estab.}}$$

O gráfico completo do método CVS-3 é, portanto, o seguinte.

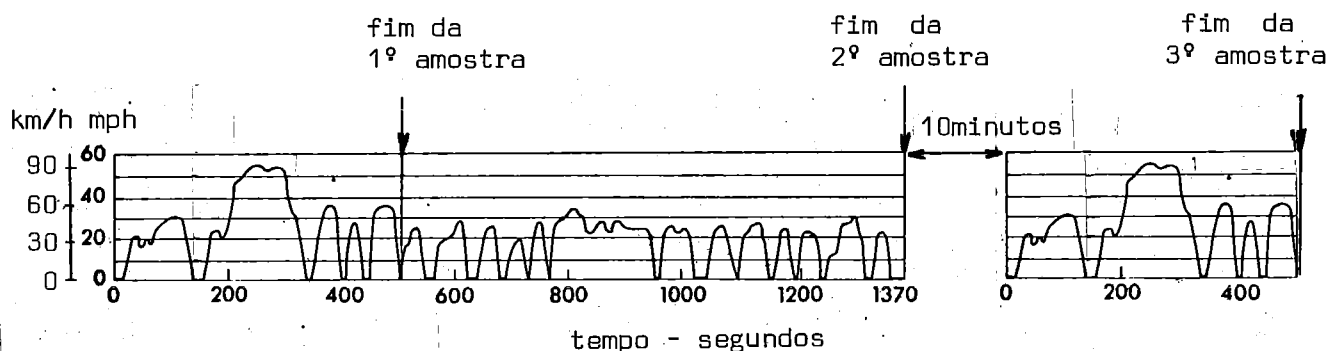


Fig.3 - Ciclo CVS-3 (US-75)

2.4. O sistema de amostragem CVS:

O sistema de amostragem CVS (Constant Volume Sampling) é uma inovação na técnica de amostragem de gases em veículos para se obter o fator de emissão em gramas por quilômetro, ao invés de concentração em volume ou ainda em gramas por teste.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Para isso desenvolveu-se o seguinte artifício:

Uma bomba de ar de vazão constante (da ordem de $1,5 \text{ m}^3/\text{seg}$) suga todo o volume de gases produzido pelo veículo, que é previamente misturado, numa câmara, com ar ambiente o qual completa a vazão total de gás bombeado.

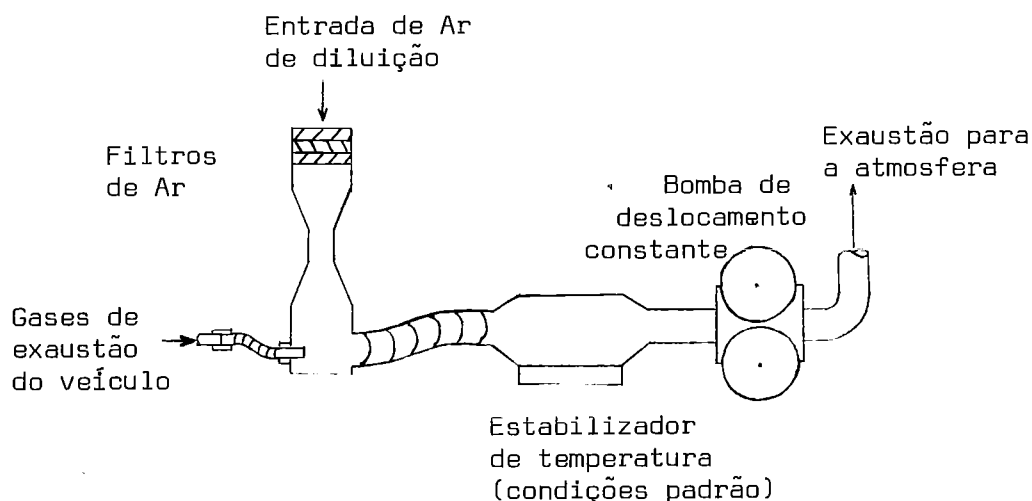


Fig. 4 - Sistema de Amostragem - CVS -

As concentrações de poluentes são medidas após a mistura e, como a vazão é então conhecida pode-se facilmente determinar a produção em massa de poluentes instantânea.

Além disso parte da amostra é armazenada em sacos plásticos (1 no caso do CVS-1 e 3 no caso do CVS-3) para a análise final, que dará a média emitida durante todo o período de amostragem.

Uma vantagem inerente ao processo CVS é que a diluição inibe as reações entre os poluentes após a coleta da amostra, antes da medida final.

3. O teste europeu ECE-R-15

Na Europa o teste de emissão em veículos obedece a um ciclo do estilo do "seven-mode", ou seja formado por linhas retas, sem a ocorrência

frequente de transitórios, que é repetido quatro vezes sucessivas.

A amostragem é feita sem diluição e armazenada em um saco plástico para as posteriores medições de volume e concentrações de gases, necessárias ao cálculo das massas de poluentes emitidos. O resultado é dado em gramas por teste.

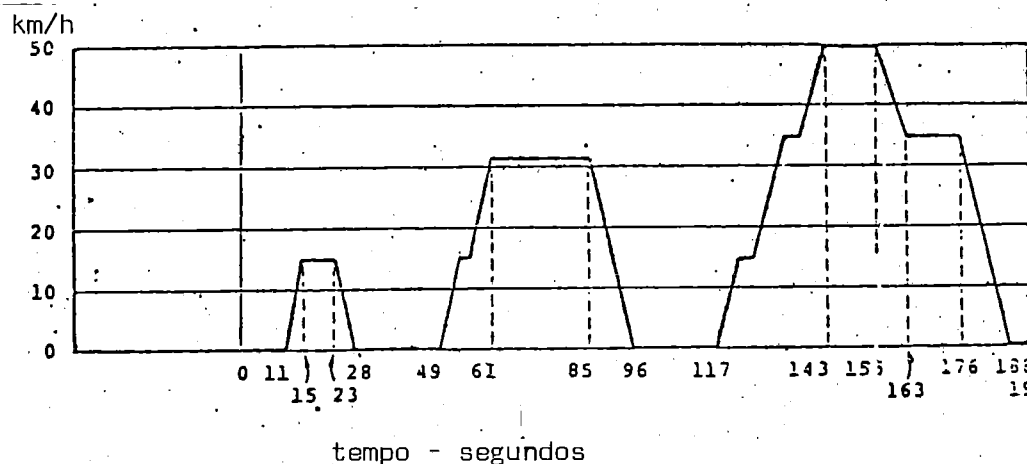


Fig.5 - Ciclo ECE (Europeu)

4) Estudo Comparativo entre os ciclos ECE e CVS:

4.1. A inclusão dos movimentos transitórios:

Com base no que já foi exposto podemos concluir que o sistema europeu ECE, ao contrário do CVS possui deficiências na sua construção, semelhantes àquelas incorporadas no ciclo "seven-mode", ou seja é formado por movimentos excessivamente padronizados e desprovidos de regimes transitórios.

Entretanto, uma pesquisa mais aprofundada foi feita pela Volkswagen Alemã em 1977, onde ficaram evidenciados mais alguns pontos, necessários à comparação entre os métodos CVS e ECE, que serão tratados nos dois itens a seguir.

4.2. A validade do ciclo de teste como representativo das condições de tráfego urbano.

Comparando as distribuições de frequência da velocidade e da

aceleração que ocorrem em veículos seguindo cada um dos ciclos em pauta e, também, rodando nas cidades européias, a Volkswagen mostra, em seu relatório, que o ciclo europeu se desvia, em quase todos os pontos, das condições realmente predominantes nas cidades européias, restando, apenas, algumas situações válidas que ocorrem raramente em áreas centrais, as quais estão sendo hoje transformadas em zonas de pedestres.

Segundo esse mesmo estudo, o ciclo CVS se mostrou mais satisfatório no sentido de representar o tráfego europeu, não importando, no caso, o fato de ter sido determinado em cidades da América do Norte, onde os veículos são geralmente grandes e de transmissão automática ao contrário dos da Europa, que são predominantemente pequenos e de transmissão mecânica.

4.3. Aparelhagem de medição e o armazenamento da amostra.

Com base em 30 testes repetidos em veículos Polo, Golf, Passat e Kombi, a Volkswagen comparou os processos de amostragem Europeu (sem diluição) e CVS (com diluição), utilizando sempre o ciclo de teste ECE.

Dessas comparações resultaram os seguintes coeficientes de correlação estatística:

<u>poluente</u>	<u>coef.correlação r:</u>	<u>método</u>
CO	0,88	absorção de infra-vermelho
CO ₂	0,97	absorção de infra-vermelho
NO _x	0,67	Quimioluminescência

Para os gases CO e CO₂ as correlações são razoáveis. Entretanto, no caso do NO_x, que é uma mistura de NO e NO₂, a composição exata da mistura difere de um sistema de amostragem para outro por que, no sistema Europeu (sem diluição), o gás se modifica depois de amostrado, pois o NO reage com o oxigênio livre formando NO₂, apesar da temperatura ser mantida entre 5°C e 17°C. Além disso o NO₂ reage com a água proveniente da combustão.

No caso dos hidrocarbonetos os problemas são ainda mais sérios. Com o resfriamento da amostra os componentes mais pesados condensam e, além disso, os processos de análise são diferentes : o método CVS usa o processo de ionização de chama enquanto que o Europeu usa a absorção de infra-vermelho, de modo que a correlação, nesse caso, foi impossível ($r = 0,34$).

Entretanto, pôde-se comparar os dois processos de amostragem , usando-se o método da ionização de chama para se fazer as medições de ambos, o que mostrou um afastamento de aproximadamente 10% entre os valores médios de emissão.

Em vista disso, a diluição da amostra é uma vantagem grande, pois elimina as reações dos compostos de nitrogênio e, também, dilui os hidrocarbonetos evitando o ponto de orvalho daqueles mais pesados.

A diluição da amostra, por sua vez, exige que o método de análise seja mais sensível, como o da ionização de chama, e que tem, também, a vantagem de não ser influenciado pela presença de água e de CO_2 nos casos de baixa concentração de HC.

4.4. Resumo

Em vista do que foi exposto, o sistema de testes americano CVS se mostra sempre vantajoso sobre o procedimento europeu e, principalmente, nos seguintes aspectos:

- 1) inclui regimes de movimento transitórios.
- 2) é composto por trechos de um perfil real.
- 3) não possui trechos repetidos.
- 4) em termos de acelerações e velocidades representa melhor as condições de tráfego, tanto americanas quanto européias.
- 5) faz amostragem com diluição.
- 6) mede os hidrocarbonetos por ionização de chama enquanto que o procedimento europeu os faz por absorção de infra-vermelho, menos sensível.

5) UMA NOVA PROPOSTA PARA OS MÉTODOS DE TESTE DE EMISSÃO EM VEÍCULOS

A Volkswagen alemã, no mesmo estudo citado anteriormente, elaborou um novo procedimento de testes que foi proposto para substituir todos os métodos existentes, unificando-os mundialmente.

As características básicas dessa proposta são as seguintes:

- 1) diluição da amostra com ar.
- 2) análise de HC pelo método de ionização da chama (a ser aperfeiçoado)
- 3) o ciclo de testes é o da figura abaixo que foi obtido à partir de cópias de trechos do perfil CVS, de modo a se ter um ciclo melhor adaptado às condições do tráfego europeu, levantadas pelo CCMC (Committee of Common Market Automobile Constructors).

} como
 } no
 } CVS

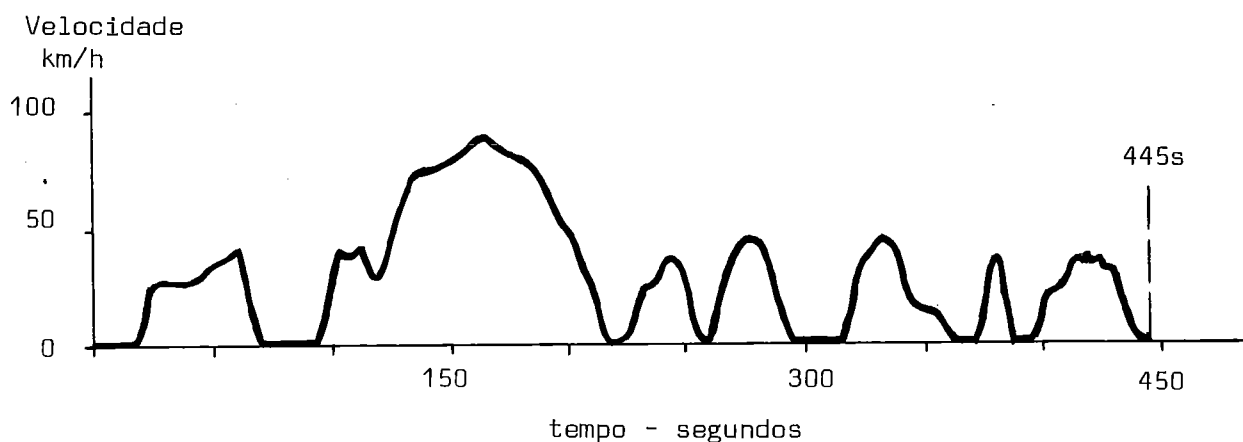


Fig. 6 - Ciclo proposto pela Volkswagen alemã

- 4) O ciclo é repetido uma vez para se ter a medida da influência da partida a frio, e a amostra é subdividida e armazenada em dois sacos plásticos.

É importante notar que esta proposta ainda exige uma experimentação mais detalhada mas que poderá ser adotada, inclusive no Brasil, no caso de haver uma comunização de normas em âmbito mundial.

Obs.: Note-se que a velocidade máxima, nesse ciclo, é de 90 km/h.

6) A ADOÇÃO DO PROCEDIMENTO DE TESTES CVS COMO NORMA EM SÃO PAULO:

Dentre os métodos descritos e comentados nos itens anteriores, o CVS é o único que podemos adotar como norma para o Estado de São Paulo e, eventualmente, para o Brasil.

As razões para isso são as suas vantagens apontadas no parágrafo 4.4 e, também, o fato de que já existe uma tecnologia desenvolvida para a fabricação de veículos com controle de emissão, compatível com esse método de teste.


Este último fato afasta a hipótese da adoção da proposta descrita no item 5 até que ela se torne uma norma mundial, assim como qualquer outro método novo que possa, por ventura, existir.

Fica desta forma sugerido e, praticamente, determinado que o método e o ciclo de teste de emissão em veículos sejam aqueles utilizados no procedimento norte-americano US-75 ou CVS-3. Restam apenas, os padrões de emissão que deverão ser fixados em função das necessidades de controle da poluição do ar.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) Development of the Federal Urban Driving Schedule - Ronald E. Kruse and Thomas A. Huls
EPA/SAE - 1973
- 2) Determination and Evaluation of Urban Vehicle Operating Patterns - Malcolm Smith and Michael J. Manos - Scott Research Laboratories Inc. - California
- 3) Code of Federal Regulations - Protection of Environment
CFR-40 EPA - 1976
- 4) ECE - Regulation N° 15
1972

- 5) Final Report on the Research - Project: Analysis of the Measuring and Testing Procedures for Motor Vehicle Exhaust Emissions, Regulated in Europe and in the USA.
Volkswagenwerk AG - 1977
- 6) Emissions From Combustion Engines and Their Control-D.J. Patterson ' and N.A. Henein -
Ann Arbor Science publishers inc. - 1974


Eng^o Gabriel Murgel Branco
Chefe da Divisão de Fontes
Móveis

GMB/abt.
01/08/78

BIBLIOTECA	
DEVOLVER EM	DEVOLVER EM

25/10/91
 25/10/91
 25/10/91