

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

(Trabalho apresentado no Instituto de Engenharia em 08/11/88
no Encontro Técnico
"Tecnologia dos Motores e Componentes e o PROCONVE)

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO H. R. M. JUNIOR, 345 CEP 05489 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

A EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES
COM A IMPLANTAÇÃO DO
PROCONVE

Eng^o Gabriel Murgel Branco
Eng^o Elcio Luiz Farah
Eng^o Alfred Szwarc
Eng^o Moacir Perensin

800
2.4.88
1988

CLASS

025356

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Luiz Antonio Fleury Filho

Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Alaôr Caffé Alves

Secretário

CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Walter Lazzarini

Diretor-Presidente

Carlos Pedro Jens

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia

Lineu Rodrigues Alonso

Diretor de Controle da Poluição de Regiões Metropolitanas

Luiz Antonio Ercolin

Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Carlos Pedro Jens

Diretor de Normas e Padrões Ambientais

RESPONDENDO INTERINAMENTE

Ricardo Augusto Grecco Teixeira

Diretor Administrativo e Financeiro

Walter Godoy dos Santos

Diretor de Controle da Poluição do Interior

A EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES COM A IMPLANTAÇÃO DO PROCONVE

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

1. Introdução

O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE estabelece, através da Resolução CONAMA Nº 18/86, as exigências de controle de emissões para veículos e motores novos através de vários estágios de implantação, iniciando pe los ônibus urbanos fabricados a partir de 1º de outubro de 1987.

Antes disso, porém, ações complementares ao controle de emissão foram realizadas conforme previsto no próprio Programa, visando à preparação da infra-estrutura necessária, à decisão de inves timentos, o treinamento de pessoal, o levantamento de dados, o desenvolvimento de métodos de ensaio etc. Entre estas, a elabo ração do Relatório de Valores Típicos de Emissão - RVTE consti tuiu a força propulsora que determinou o "início de funcionamento" do Programa, onde começaram a aparecer as primeiras dúvidas reais e as soluções para os problemas de execução dos trabalhos, constituindo-se no exercício prévio da Homologação de Protótipos em todos os seus aspectos, tanto técnicos como burocráticos e administrativos. Além disso, o levantamento de dados consegui dos através destes relatórios (semestrais para todas as configu rações de veículos em produção, desde junho de 1986) permite a visualização de um panorama bastante completo da situação atual do projeto dos veículos brasileiros, no tocante à emissão de po luentes.

2. Efeitos Imediatos do PROCONVE

Diante de um Programa detalhado com ações previstas para um in tervalo de tempo de mais de dez anos, as entidades direta ou in diretamente envolvidas com a fabricação de veículos e motores viram-se diante de um vasto campo de conhecimentos e ações, ain

da por explorar no Brasil, apesar do PROCONVE necessitar de algumas complementações que somente serão possíveis no decorrer da sua implantação.

Para a exploração desse campo e o cumprimento das ações previstas surgiu o primeiro efeito do Programa: a aproximação Governo Indústria, complementada pelo interesse da Universidade de São Paulo, onde será instalado o Laboratório Governamental de Emissões para Motores Pesados e onde já se realizaram dois cursos de Atualização em Emissões Veiculares para universitários, com um total de 46 alunos.

O desenvolvimento tecnológico já tomou o rumo do controle de emissões, inicialmente através de pequenas correções, na calibração e projeto de alguns motores, mas contando também com o lançamento de novas tecnologias como a injeção eletrônica, apresentada no último Salão do Automóvel.

A conscientização pública também já assume proporções interessantes, dando-se através da divulgação escrita, falada e televisada das discussões sobre a poluição atmosférica por veículos, bem como da obrigatoriedade de inclusão de recomendações de manutenção para o controle de emissões, nos manuais de serviço e do proprietário, além de uma mensagem sobre o assunto através de adesivos afixados nos veículos novos.

Ao lado das principais decorrências acima, o PROCONVE, através da exigência dos RVTE, criou as necessidades de montagem dos laboratórios de emissão veicular e de treinamento e formação de pessoal especializado, tanto nas entidades governamentais como nas indústrias montadoras, de autopeças e PETROBRÁS. O levantamento de dados efetuado através desta exigência permite conhecer e situar o problema das emissões veiculares, tendo confirmado o levantamento inicial realizado pela CETESB para subsidiar a criação do PROCONVE. Hoje, conhecendo-se mais amplamente este panorama, a discussão e o planejamento das ações de controle são muito mais seguras, o que confere ao país a capacidade de

decidir, gerenciar e realizar o combate à poluição por veículos em condições comparáveis às existentes nos países desenvolvidos. Além disso, o planejamento e implantação de outras atividades e ações, como de transporte, tráfego e matriz energética por exemplo, tem suas decisões subsidiadas pelo conhecimento das respectivas influências nas emissões de poluentes atmosféricos.

Finalmente, o desenvolvimento e aprimoramento de métodos de ensaio especialmente para o uso do álcool como combustível foi acelerado pelo PROCONVE, tendo já produzido uma importante modificação na medição da emissão evaporativa de veículos a álcool, acrescentando mais uma página à literatura técnica conhecida internacionalmente, com a demonstração de que é possível medir tal emissão de álcool com os mesmos equipamentos e procedimentos de ensaio previstos para a medição de hidrocarbonetos, introduzindo-se correções matemáticas nas formulações de cálculo da emissão e da calibração dos mesmos.

3. RVTEs para Veículos Leves

A primeira série de RVTEs (1º semestre de 1986) teve o mérito de dar início ao Programa, porém algumas configurações não puderam ser ensaiadas por falta de veículos típicos no exiguo prazo fixado para o trabalho, sendo, por isso, retirada da comparação estatística realizada entre os diversos semestres. Entretanto, o atendimento daquela série, realizado através de resultados de ensaios já realizados anteriormente pelas montadoras, onde figuram configurações com quase uma centena de ensaios, permitiu avaliarmos a dispersão estatística das emissões de um veículo fabricado no Brasil e que se situa na faixa de 30% a 50% do valor médio.

Para os quatro semestres seguintes (2º semestre/86 a 1º semestre/88) os dados foram divididos em dois grupos (álcool e gasolina) e agrupados em faixas previamente estabelecidas e plotados em histogramas de frequência, ou seja, número de modelos que apresentaram valores de emissão dentro de cada faixa esco

colhida. Cumpre lembrar que os quatro histogramas foram plota dos em superposição, não sendo válida a interpretação de que as barras da direita (1º semestre/88) correspondam a emissões mais altas que as da esquerda (2º semestre/86) dentro de uma mesma faixa.

As figuras 1 a 6, mostrando o histograma de emissões de CO, HC e NO_x para veículos a álcool e a gasolina, separadamente, não apresentaram qualquer tendência sistemática de variação das emissões, quando comparados os diversos semestres, fato já esperado por não estarem ainda em vigor naquelas datas as exigências de redução das emissões.

Por esta razão, adotou-se os histogramas do 1º semestre de 1988, como os representativos da produção atual, os quais estão re-apresentados nas figuras 7 a 9, agora de forma a tornar visível a comparação das produções de veículos a álcool x gasolina.

Pode-se então concluir que os veículos a álcool apresentam a tendência de emitir menor quantidade de poluentes de exaustão, porém muitos modelos a gasolina têm emissão drasticamente menores do que muitos outros a álcool. Além disso, pode-se verificar também que, para ambos os combustíveis, a produção de veículos, como um todo, já está atendendo relativamente bem aos níveis da fase I do PROCONVE (24,0 g/km de CO, 2,1 g/km de HC e 2,0 g/km de CO), sendo que muitos modelos estão também respeitando os limites da fase II (12,0 g/km de CO, 1,2 g/km de HC e 1,4 g/km de NO_x) e, finalmente, todos os casos estão longe de atender a qualquer dos limites da fase III (2,0 g/km de CO, 0,3 g/km de HC e 0,6 g/km de NO_x), mesmo considerando cada poluente isoladamente.

Ainda considerando a produção de veículos como um todo, as figuras 10 a 12 apresentam os mesmos histogramas do 1º semestre de 1988, ponderados pelos volumes de vendas de cada configuração ocorridos no mesmo semestre e calculados separadamente para veículos a álcool e a gasolina. Tais figuras mostram uma tendência

da concentração de vendas nos modelos cujas emissões atendem a fase I e, em alguns casos a fase II.

A análise acima, entretanto, não se presta à avaliação do atendimento individual de cada configuração aos limites do PROCONVE, estabelecidos, simultaneamente, para os três poluentes. A Tab. 1 mostra o total de configurações que atenderiam simultaneamente aos limites de CO, HC e NOx em cada fase do Programa, comparado ao total de configurações avaliadas em cada um dos últimos três semestres. Cabe lembrar novamente que a variabilidade entre os diversos semestres deve-se à pequena representatividade estatística dos dados levantados para cada RVTE, não podendo ser extraída qualquer tendência de evolução sistemática dos dados apresentados.

TABELA 1

| | | 1º SEM/87 | | 2º SEM/87 | | 1º SEM/88 | |
|---|----|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| | | ÁLCOOL | GASOL. | ÁLCOOL | GASOL. | ÁLCOOL | GASOL. |
| Nº DE CONFIGURAÇÕES QUE ATENDEM A FASE: | 1ª | 12 | 7 | 15 | 8 | 17 | 7 |
| | 2ª | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| TOTAL DE CONFIGURAÇÕES AVALIADOS | | 26 | 17 | 24 | 17 | 27 | 13 |

Complementarmente, as Fig. 13 a 15 mostram os níveis de emissão de 11 configurações de modelos 89 já certificados e, portanto, que atendem simultaneamente e com segurança aos limites de CO, HC e NOx previstos para a primeira fase do PROCONVE.

Com relação à emissão evaporativa de combustível, os dados disponíveis ainda são escassos, visto que apenas recentemente a VOLKSWAGEN e a BROSOL concluíram a montagem dos primeiros equipamentos de ensaio necessários.

A maioria dos testes foram realizados no exterior, segundo o procedimento norte-americano, sem qualquer modificação ou correção para o uso de álcool como combustível.

A Fig. 16 mostra os resultados obtidos para 13 configurações, indicando que os veículos a gasolina estão emitindo, em média, 4 vezes mais que o limite máximo prescrito pelo PROCONVE. Aparentemente os veículos a álcool estariam atendendo ao limite, exceção feita a uma configuração básica.

Entretanto, a CETESB, com a colaboração da VOLKSWAGEN e da BRO-SOL, que gentilmente permitiram a realização de ensaios nas suas câmaras evaporativas com a finalidade de adaptar os procedimentos de cálculo e calibração para a evaporação de etanol, determinou, experimental e teoricamente, que os resultados obtidos naquelas câmaras devem ser multiplicados por um fator da ordem de 2,3, decorrente das referidas correções do método.

Ao supormos que os outros equipamentos semelhantes utilizados sejam passíveis do mesmo fator de correção, podemos ter a expectativa de que os modelos a álcool emitem, em média, 1,6 vezes o padrão prescrito no PROCONVE, já considerando-se o fator 2,3.

Diante desses resultados, pode-se concluir que:

- a) Os veículos brasileiros a gasolina exibem resultados similares aos de outros países e necessitarão, basicamente, das mesmas técnicas de controle de emissão evaporativa conhecidas e utilizadas nos EUA.;
- b) As configurações de veículos a álcool têm emissão evaporativa real e inferior às suas correspondentes a gasolina, mas necessitarão de modificações de projeto que reduzam significativamente esta emissão;
- c) Diante da necessidade da introdução de correções matemáticas no método de determinação da emissão evaporativa de veículos a álcool, é recomendável a divisão do Programa em duas etapas, constituindo a primeira no atendimento ao padrão sem as

correções do método, utilizada para a solução dos casos mais graves com as técnicas mais simples e, a segunda, o atendimento do mesmo limite com o método corrigido. Uma análise global dos problemas de Engenharia e Desenvolvimento envolvidos e do cronograma do PROCONVE, permite constatar tal viabilidade e sugerir o atendimento do limite de 6 g/ensaio, com o método corrigido, em 1º de Janeiro de 1992, quando os projetos de todas as configurações de veículos leves deverão ter sido revistos para o atendimento de novos limites de gás de escape (fase II).

4. RVTEs para Motores Diesel

Com relação ao índice de fumaça de motores Diesel (pesados), pelos mesmos motivos expostos para o caso dos veículos leves, os RVTEs mais completos e significativos são aqueles referentes aos três últimos semestres (1º sem/87 a 1º sem/88).

Da mesma maneira, os índices de fumaça dos motores Diesel não apresentaram qualquer tendência sistemática de variação, quando comparados os diversos semestres, como mostra a Fig. 17.

A Fig. 18 repete a distribuição das diversas configurações, referentes ao 1º sem/88 por faixas do coeficiente "k", o que consideramos uma imagem representativa da produção atual de motores Diesel. Esta figura permite concluir que a maioria das configurações produzidas atualmente têm condições de atender ao limite ($k \leq 2,5$) prescrito no PROCONVE para 1º de Janeiro de 1989 para todos os motores Diesel, além de indicar a viabilidade do atendimento do índice 2,0 para um grande número de configurações a curto prazo.

Com relação à emissão de gases (CO, HC e NOx) pelo escapamento, novamente a falta de equipamentos específicos para este ensaio nos laboratórios brasileiros dificultou a aquisição de dados estando disponíveis apenas os resultados de algumas configurações ensaiadas no exterior.

Como o PROCONVE ainda não especifica os limites de emissão para estes casos, as Fig. 19 a 21 apresentam estes resultados comparados aos limites fixados em legislações estrangeiras. É importante ressaltar que, os números indicados com um "T" referem-se ao ensaio "Transiente" utilizado nos EUA., que difere fundamentalmente do procedimento prescrito no Brasil e na Europa (13 pontos) que utiliza apenas regimes constantes de rotação do motor. Entretanto, tais limites foram indicados visto que, na legislação que os introduziu (EUA 84), havia a opcionalidade entre os dois métodos com grande diferença para os limites de HC, pequena para NOx e nenhuma para CO. O quadro I apresenta os limites de diversas legislações, o que permite uma comparação entre as mesmas e uma visualização da evolução das exigências de controle dessas emissões.

De modo geral, os resultados apresentados permitem concluir que:

- a) A emissão de CO dos motores Diesel brasileiros estão bastante abaixo dos limites mais restritivos, fixados internacionalmente;
- b) A emissão de HC dos motores Diesel brasileiros estão compatíveis com as legislações internacionais, estando acima apenas do último estágio de evolução das exigências norte-americanas;
- c) A emissão de NOx dos motores Diesel brasileiros estão bastante acima dos limites tolerados internacionalmente, o que permite inferir que estes motores precisarão evoluir neste aspecto. Entretanto, os passos seguidos por outros países estão perfeitamente coerentes com o estágio atual brasileiro, o que permite a sugestão de adotá-los como exigência no Brasil.

Fig. 1

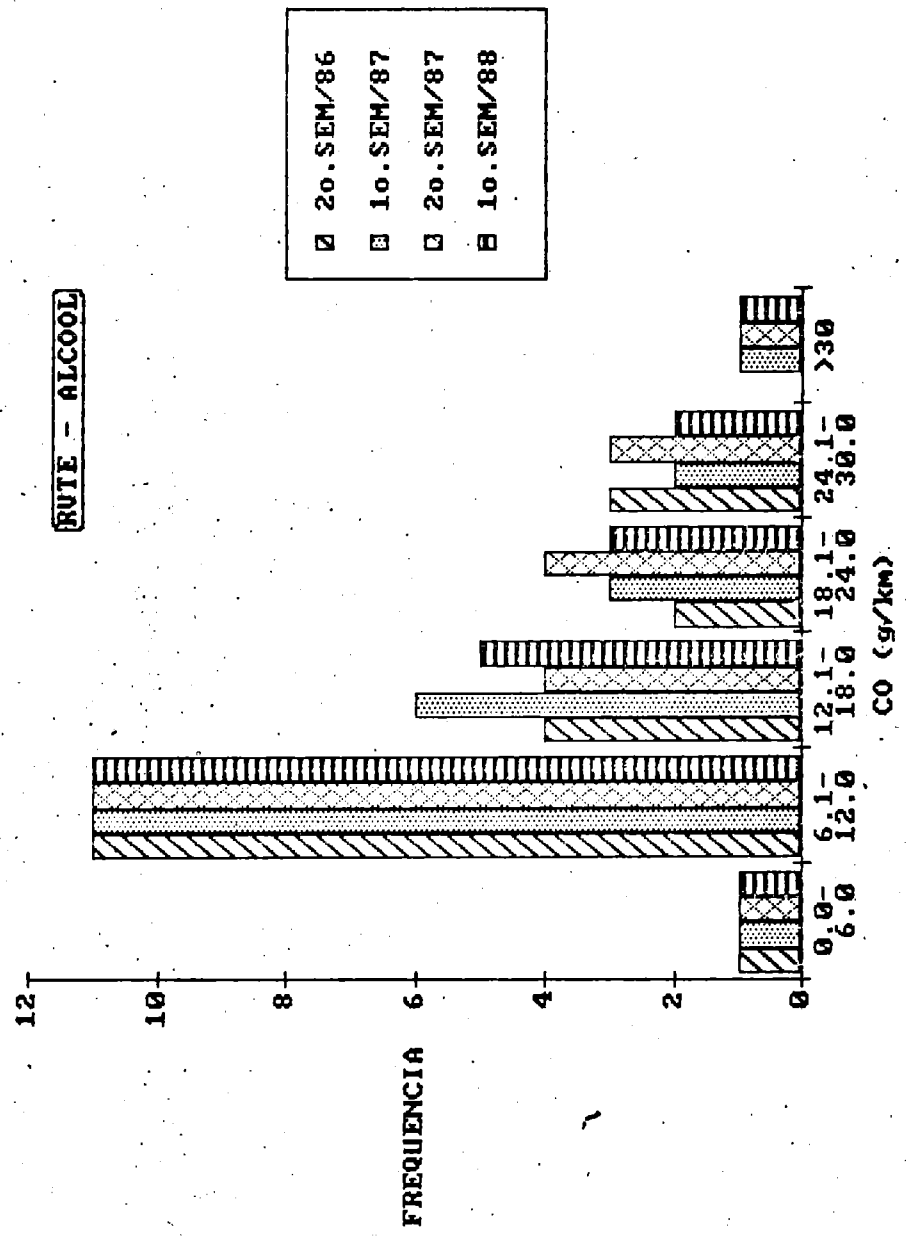


Fig. 2

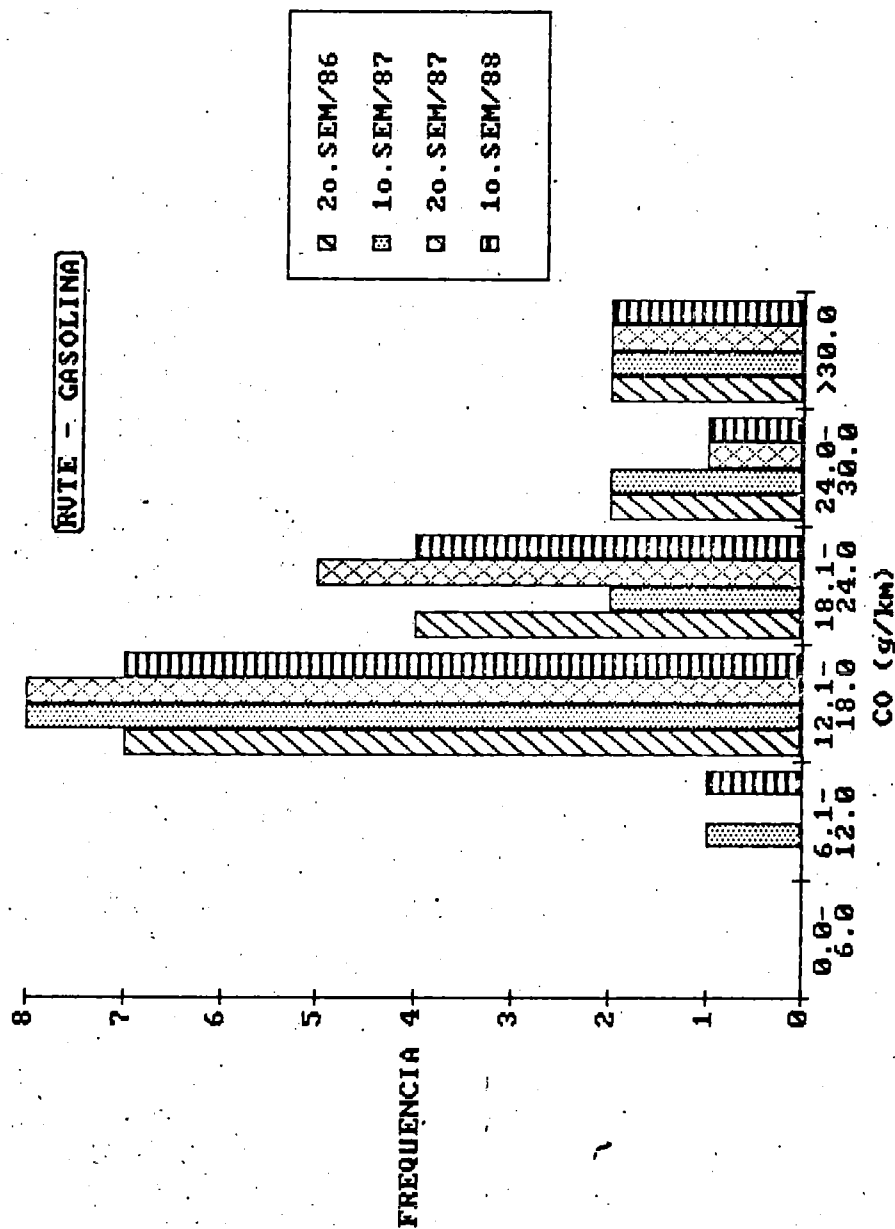


Fig. 3

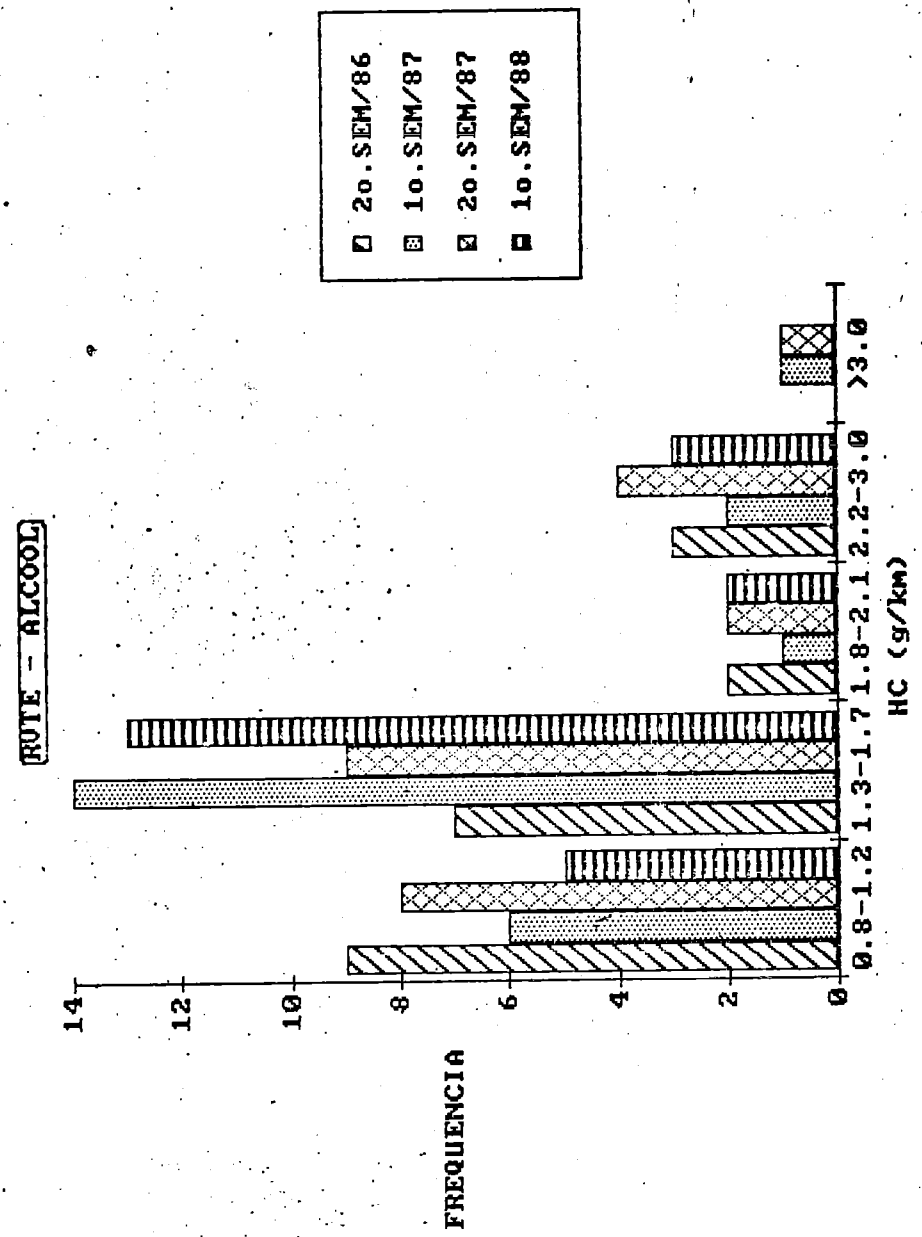


Fig. 4

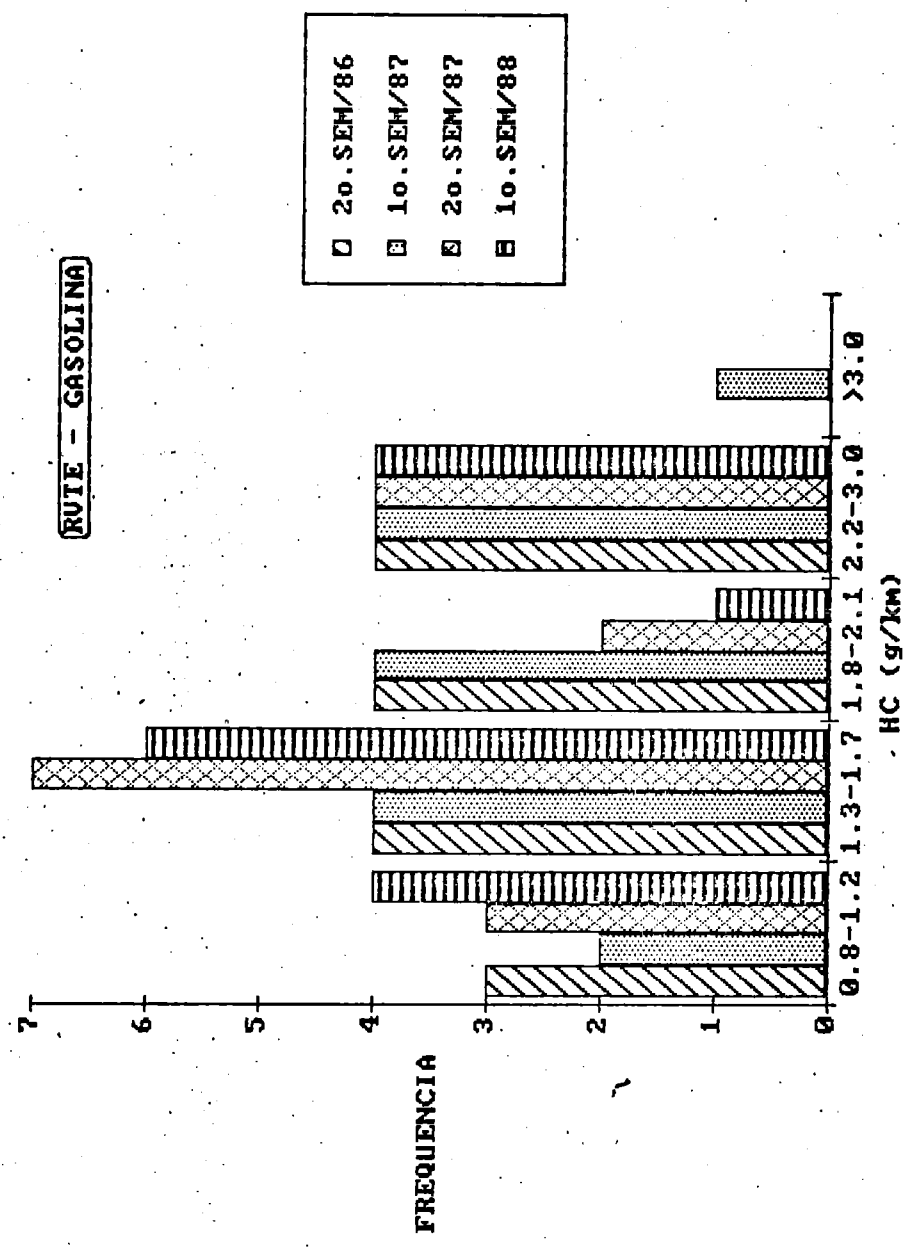


FIG. 5

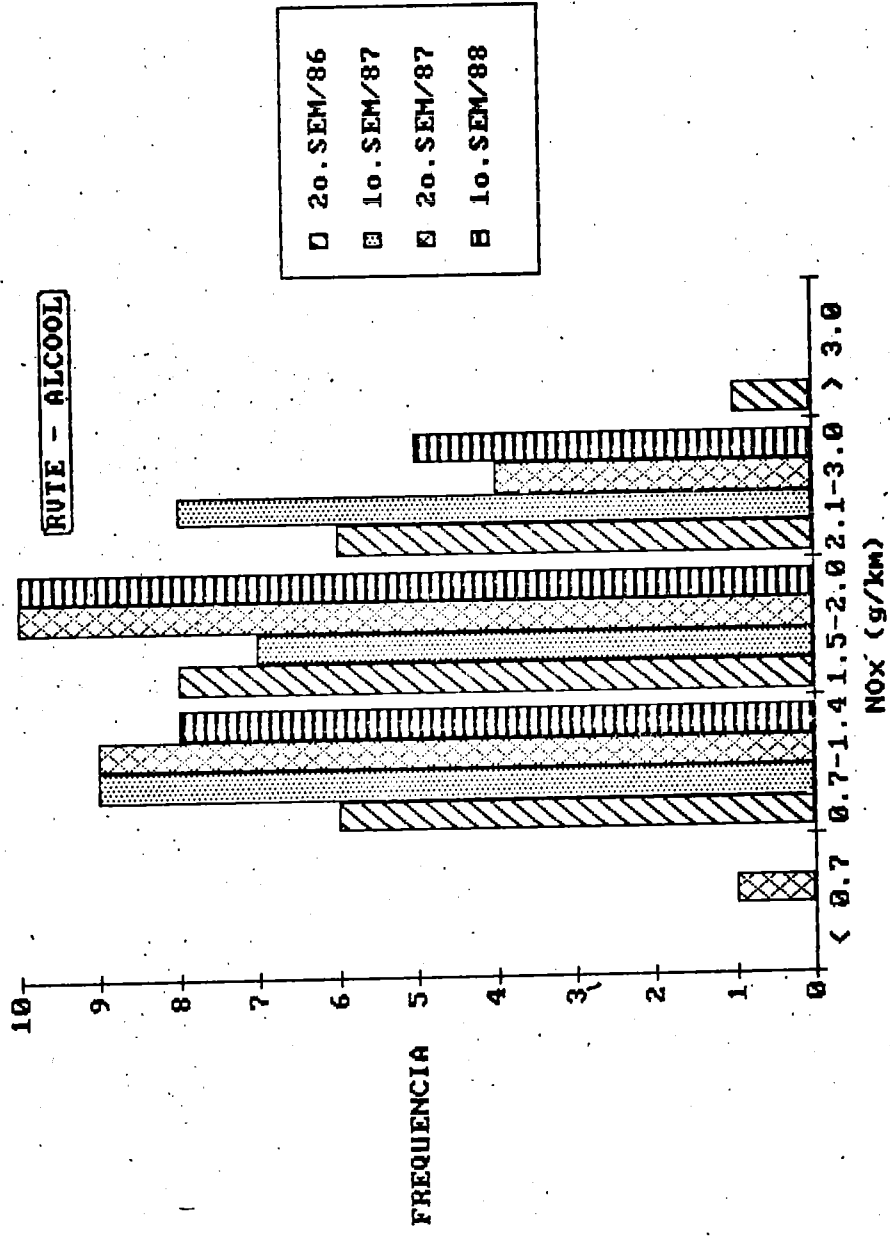
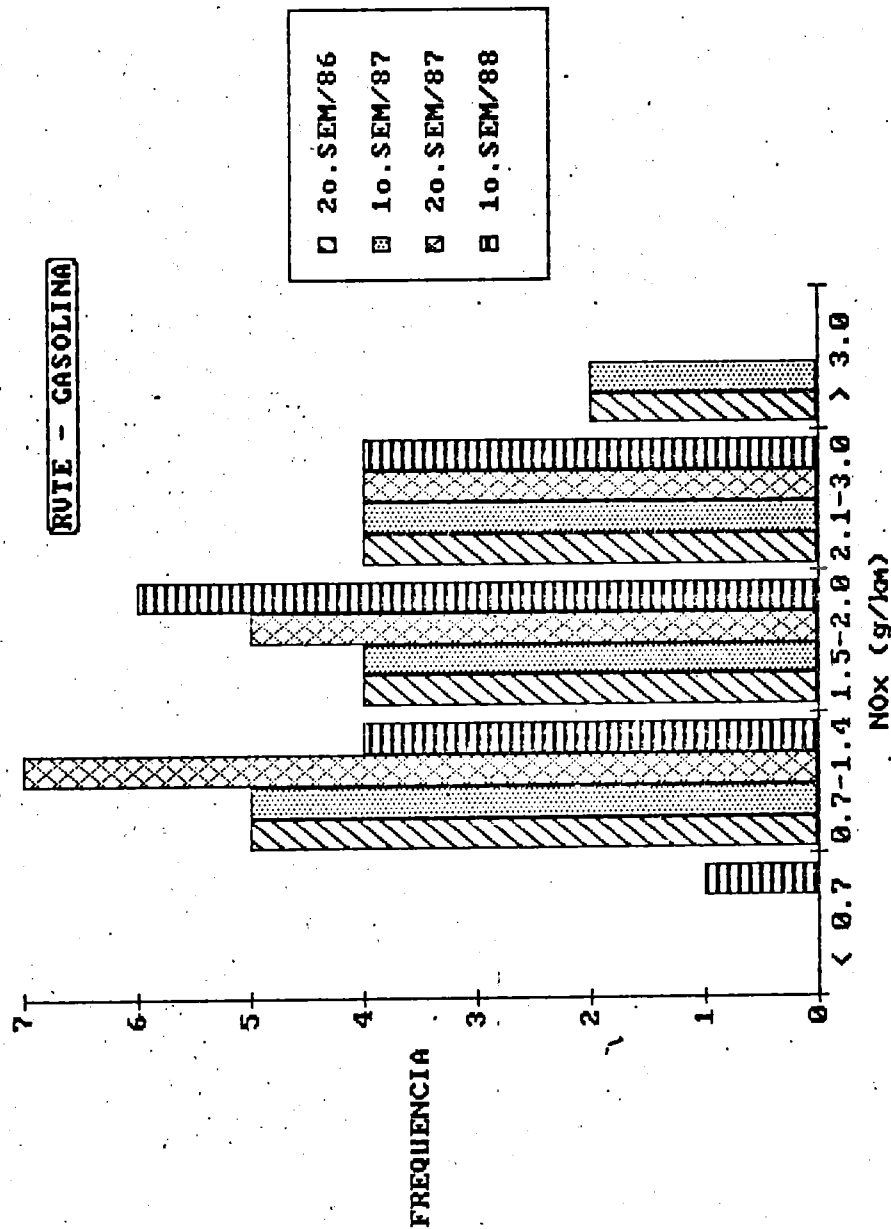


Fig. 6



RUTE - 10. SEM/88

□ ALCOOL
 ▨ GASOLINA

Fig. 7

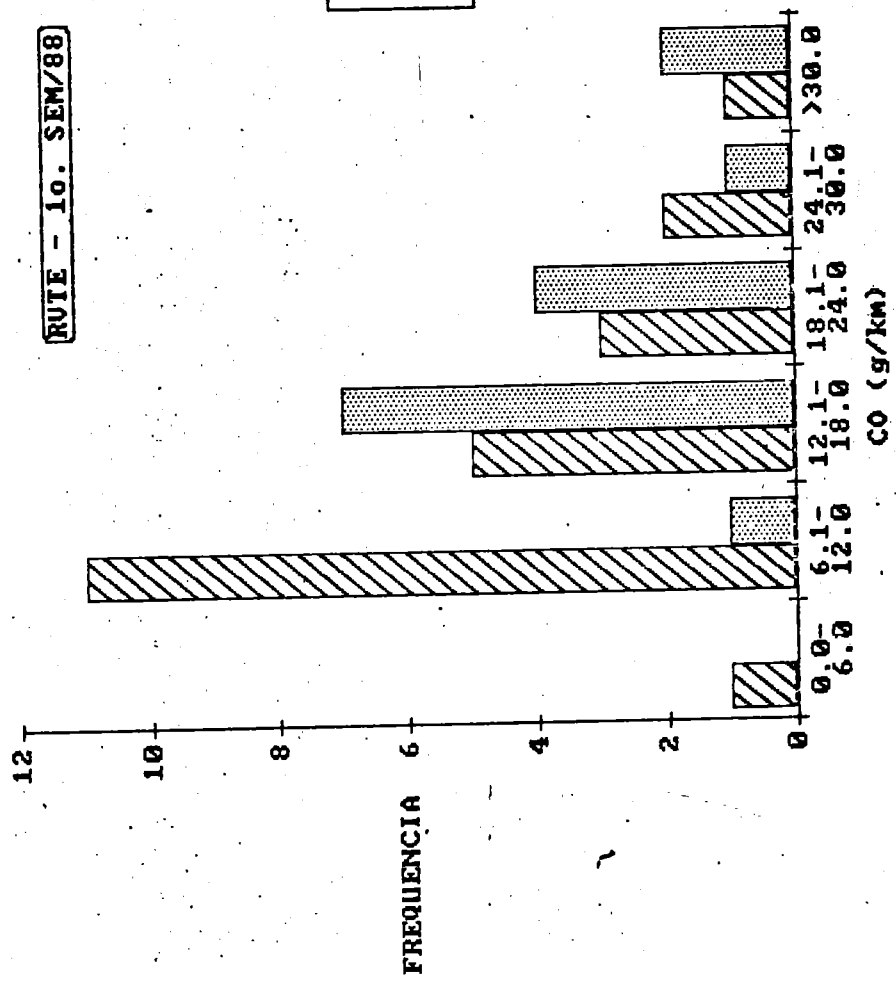


Fig. 8

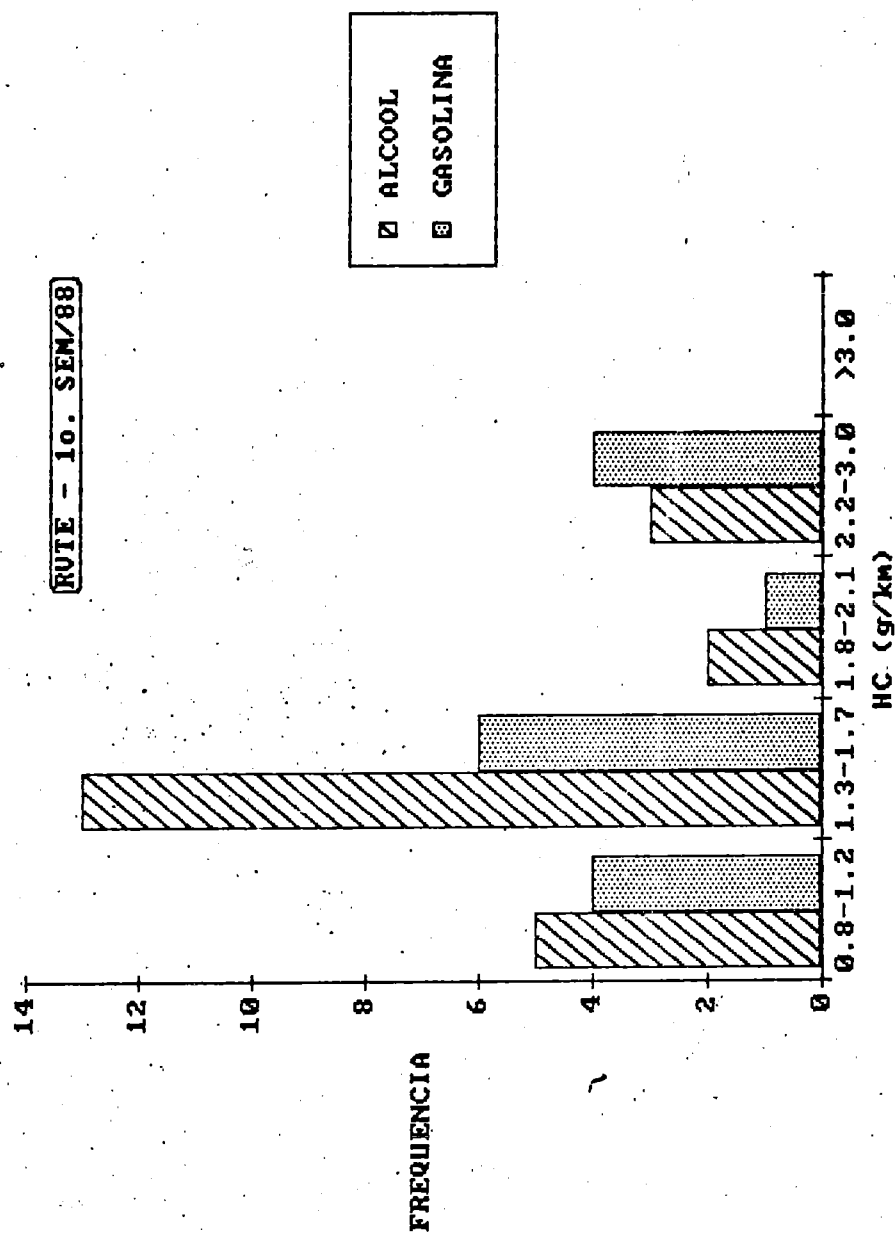
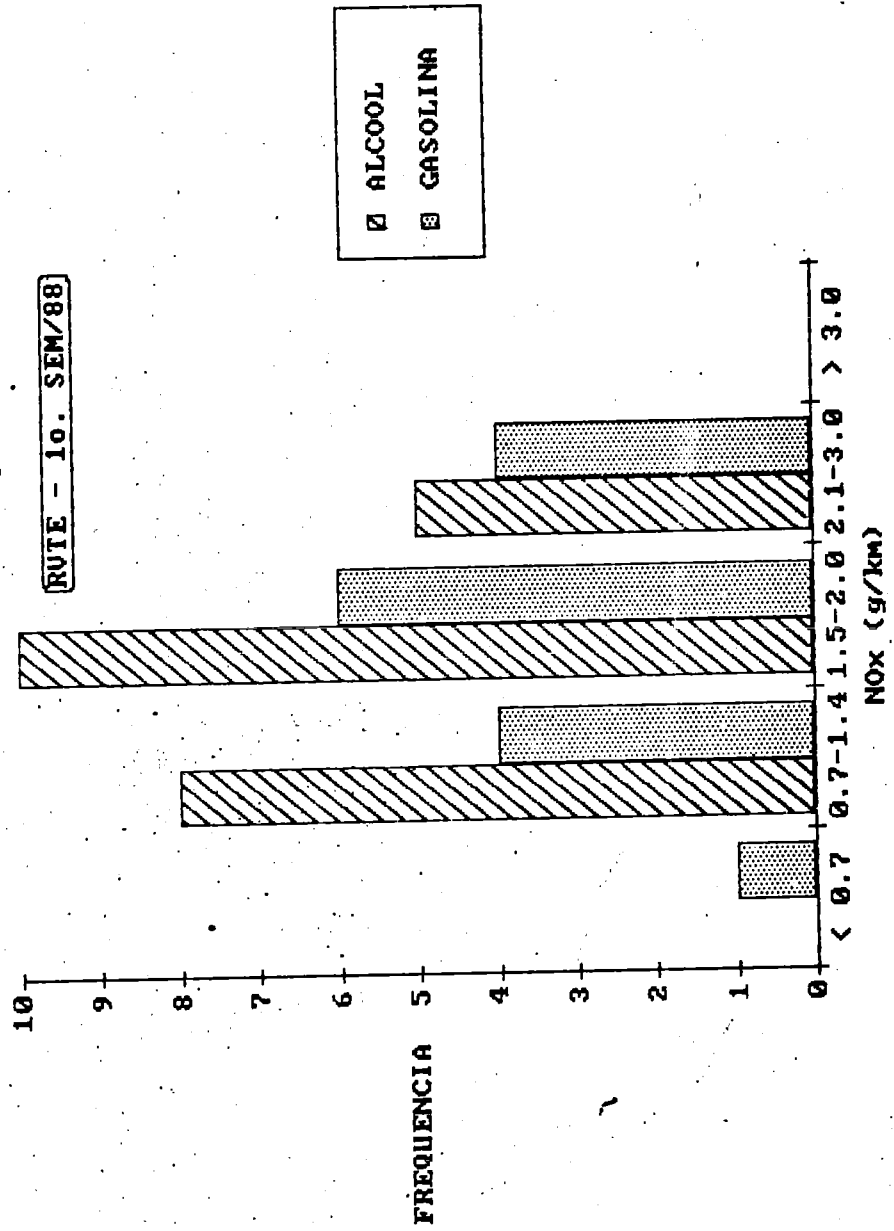


Fig. 9



SECRETARIA DE AGRICULTURA, PECUARIA E ZOOTECIA
 INSTITUTO DE ECONOMIA E FINANÇAS
 INSTITUTO DE RECURSOS HUMANOS

Fig. 10

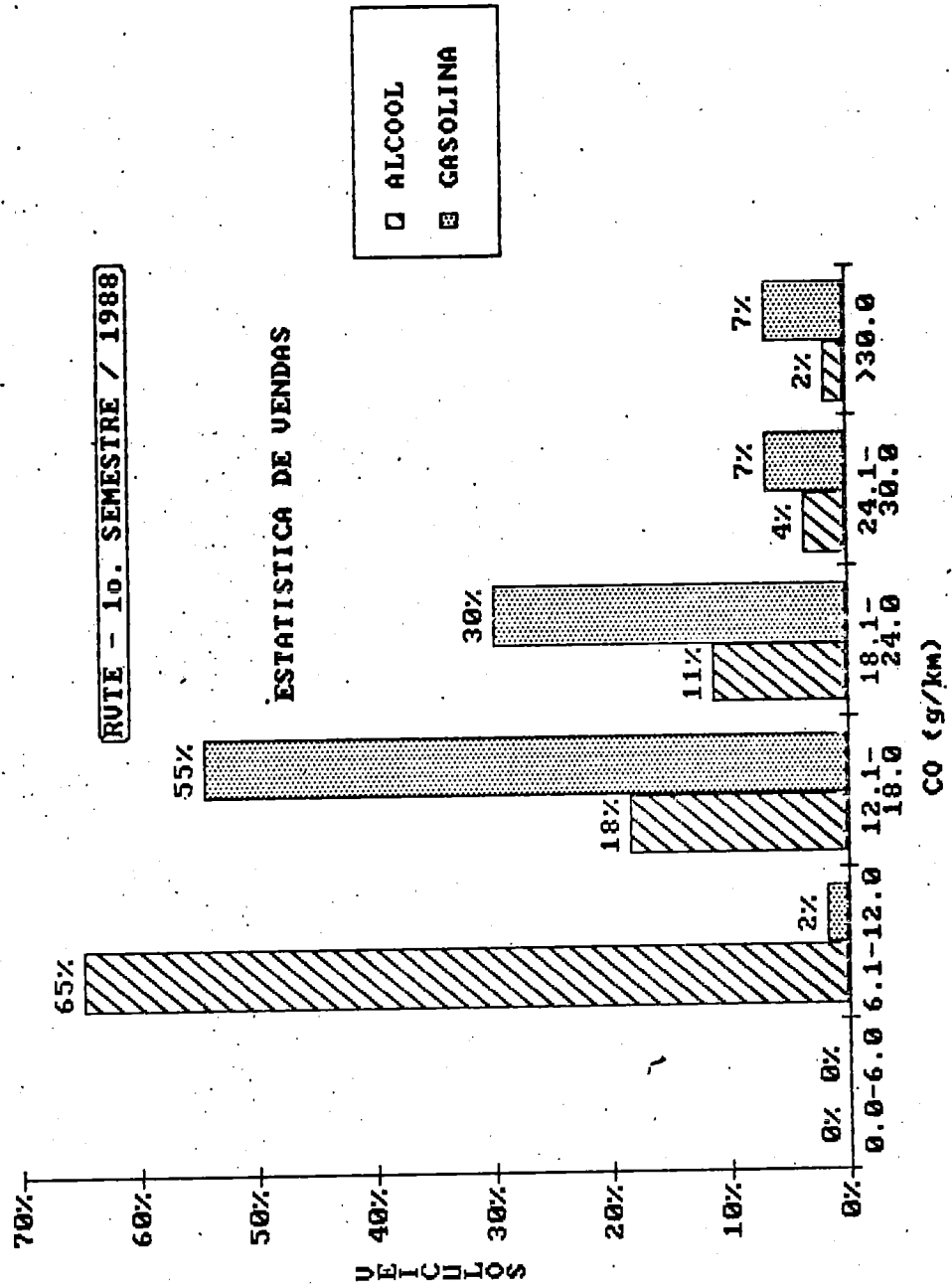


Fig. 11

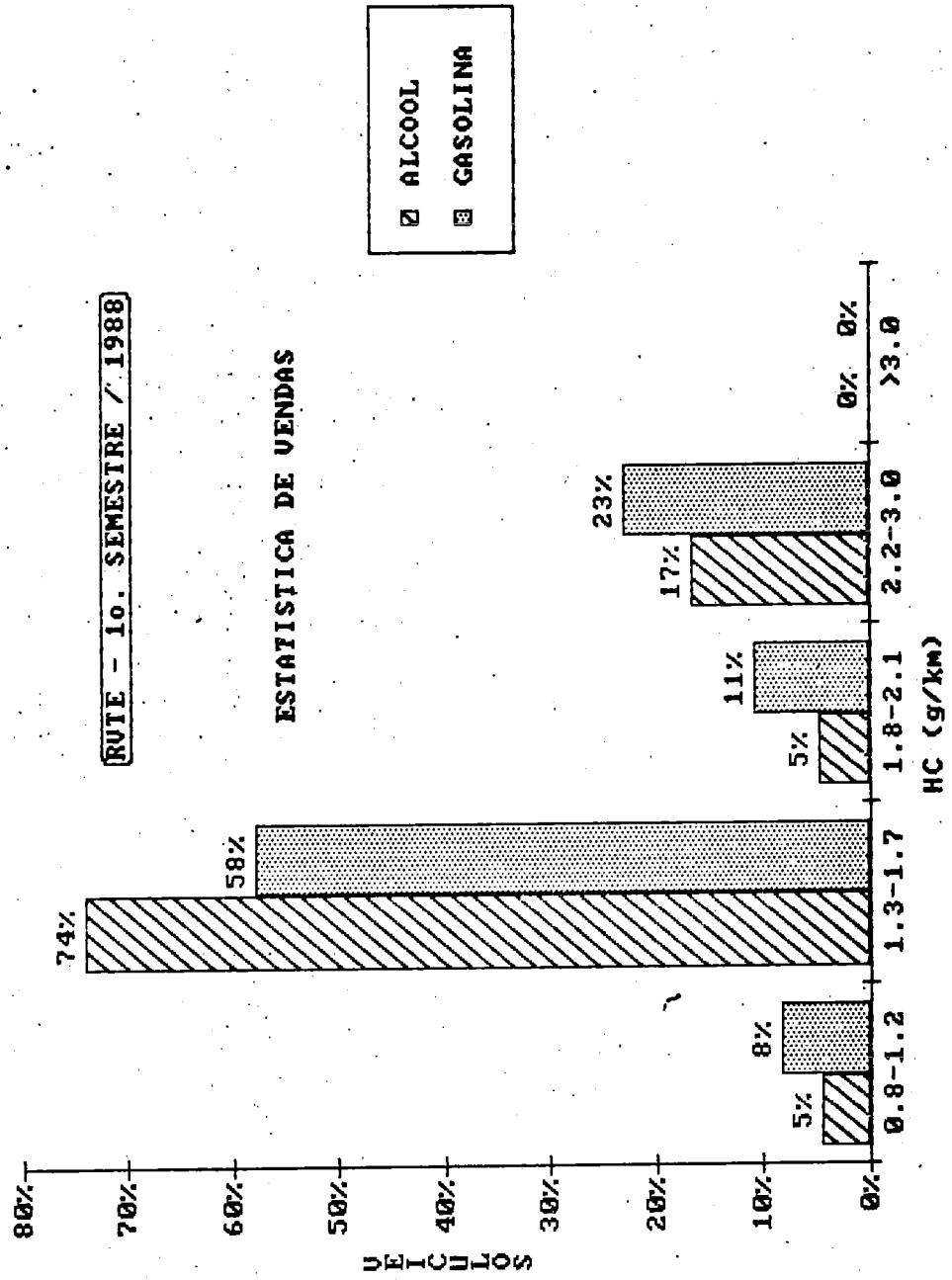


Fig. 12

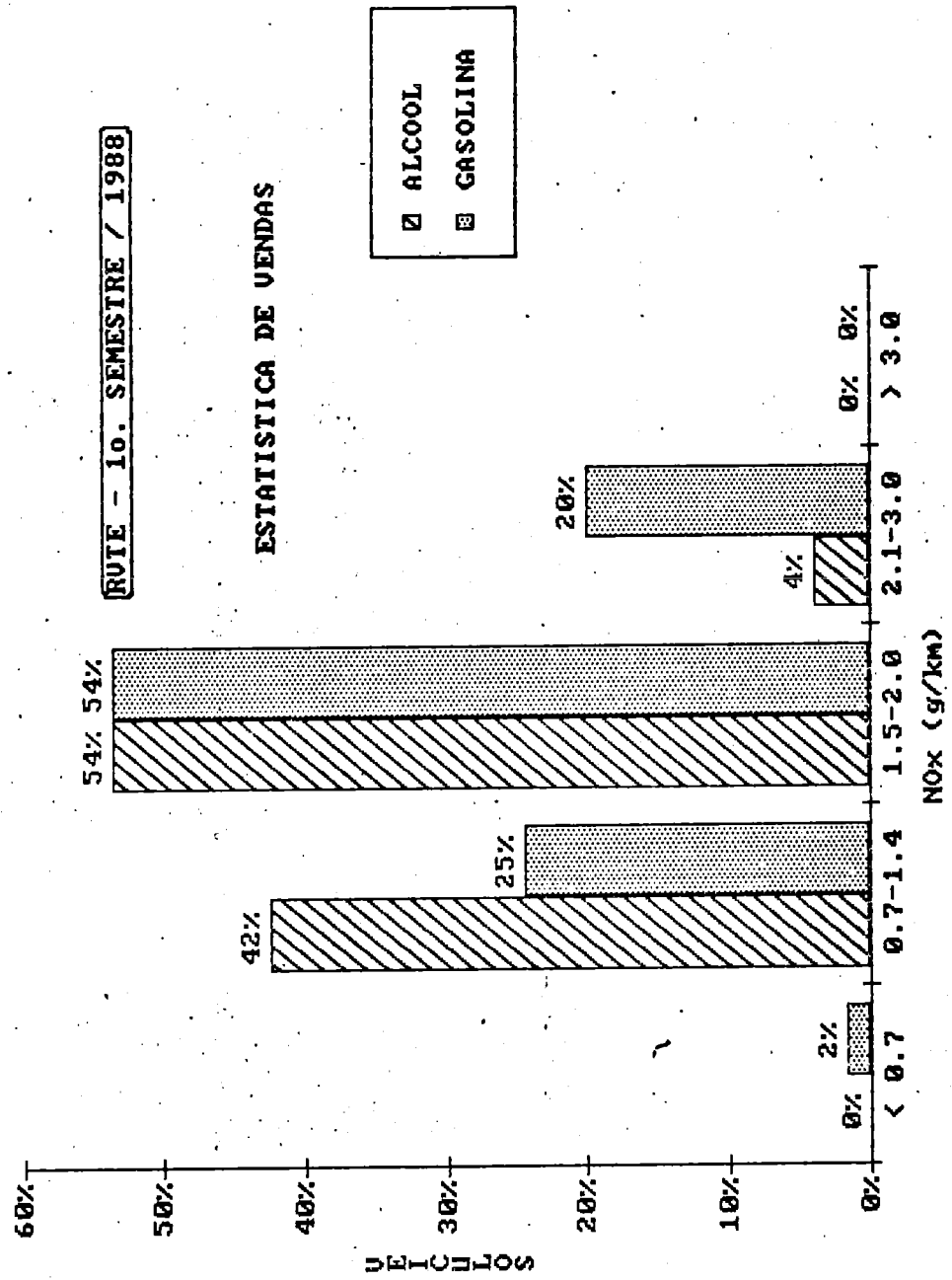


Fig. 13

CERTIFICAÇÃO - 1989

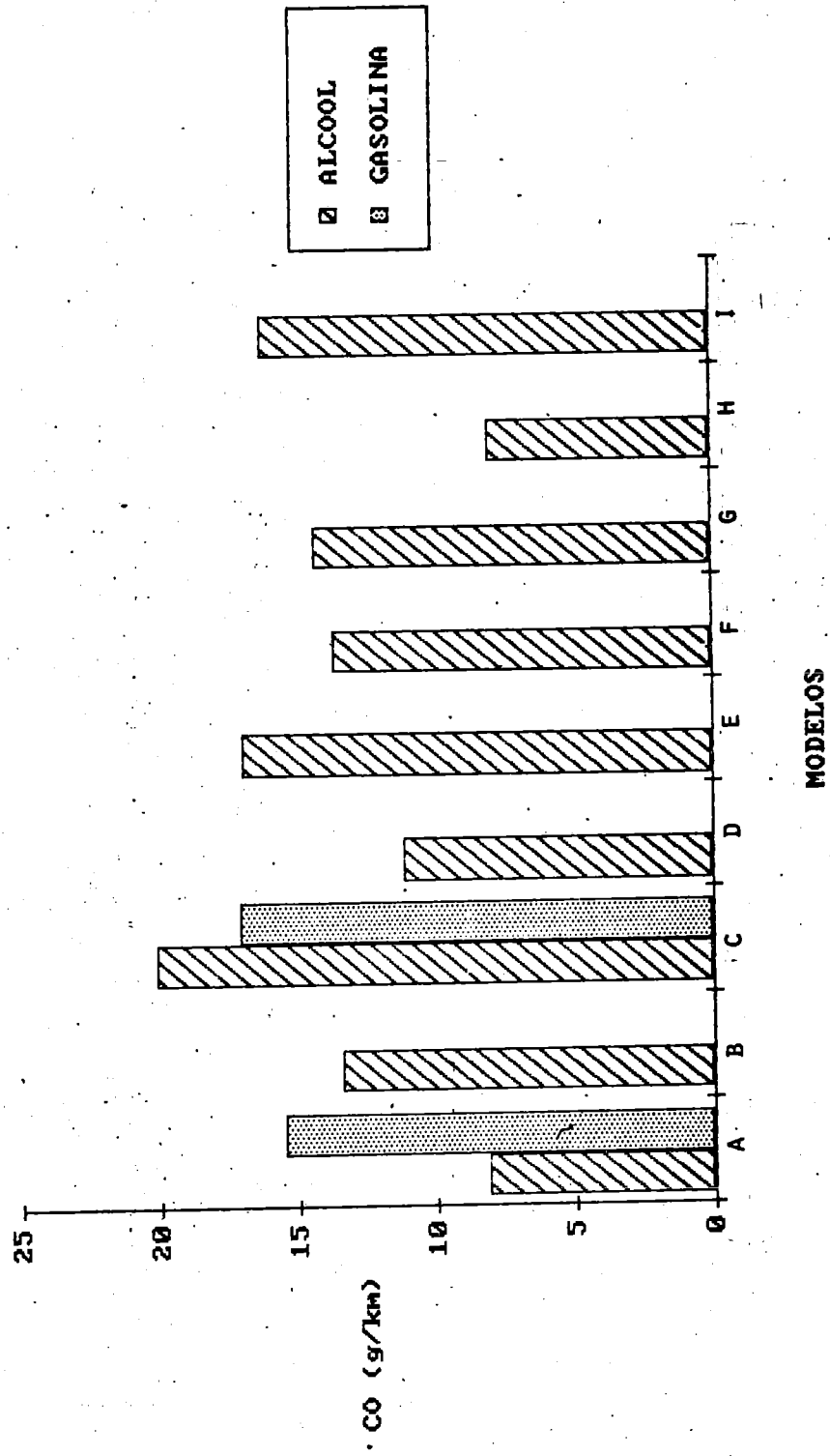


Fig. 14

CERTIFICAÇÃO - 1989

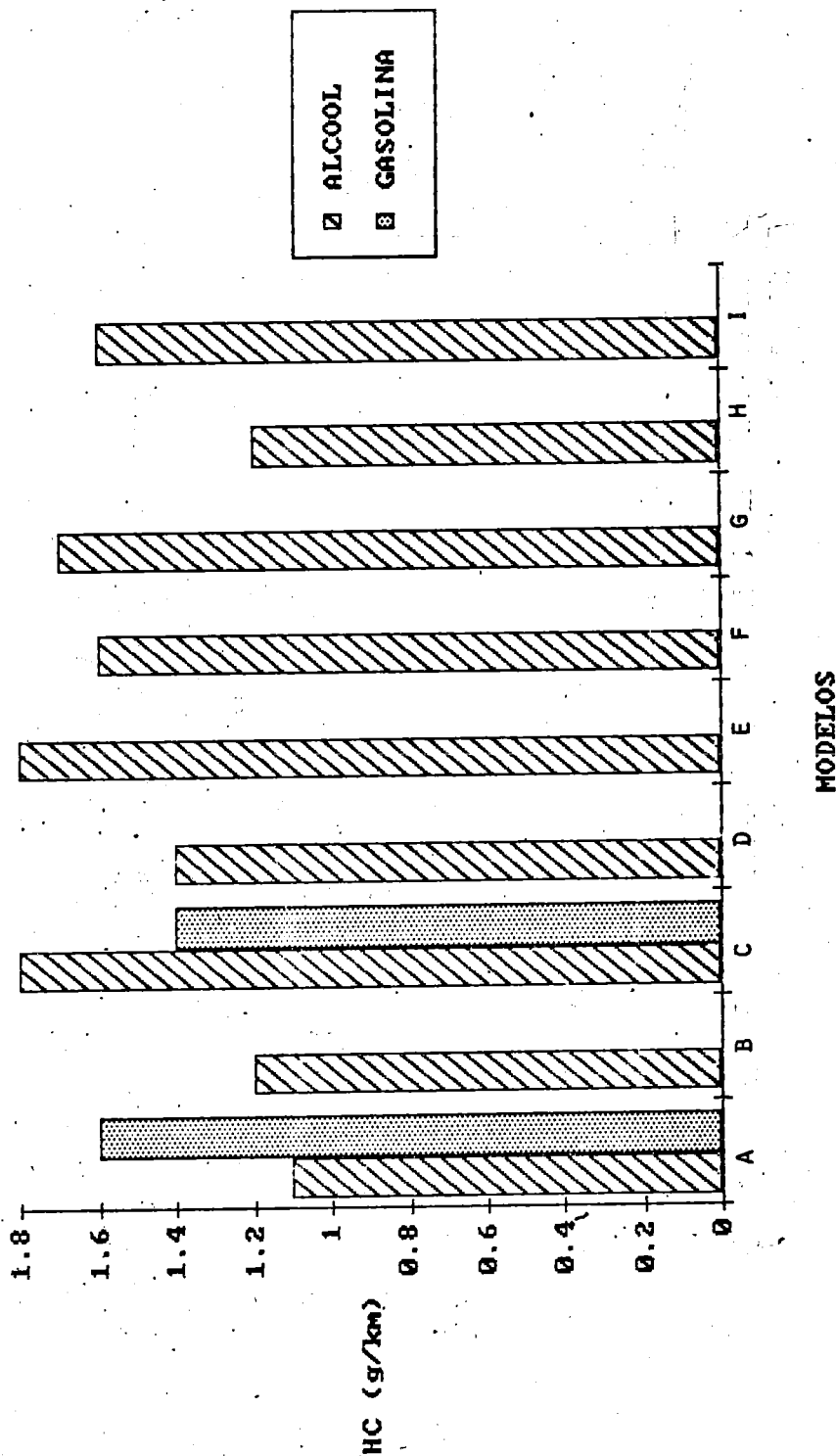


Fig. 15

CERTIFICAÇÃO - 1989

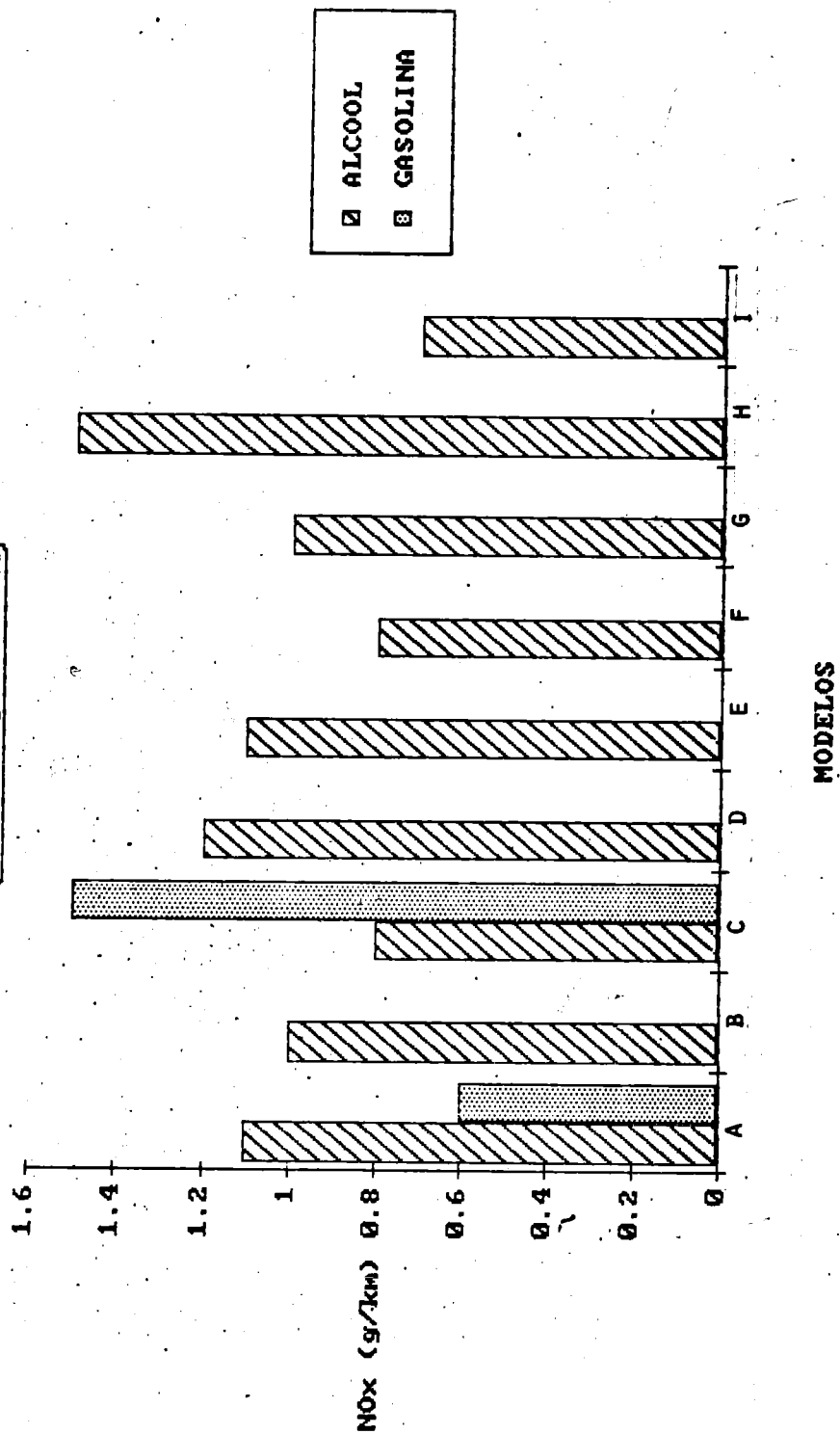


Fig. 16

ROTE - EMISSAO EVAPORATIVA

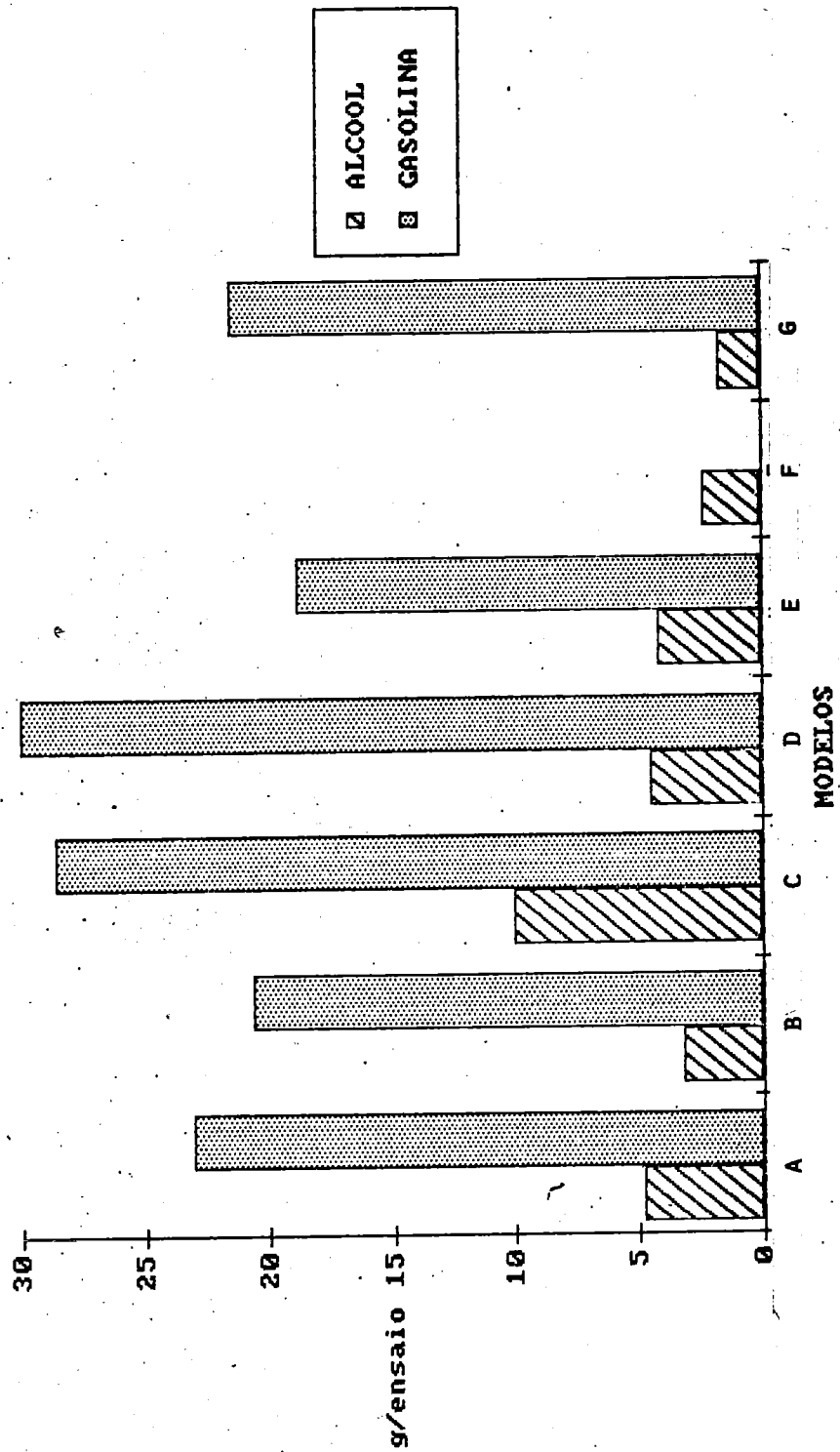


Fig. 17

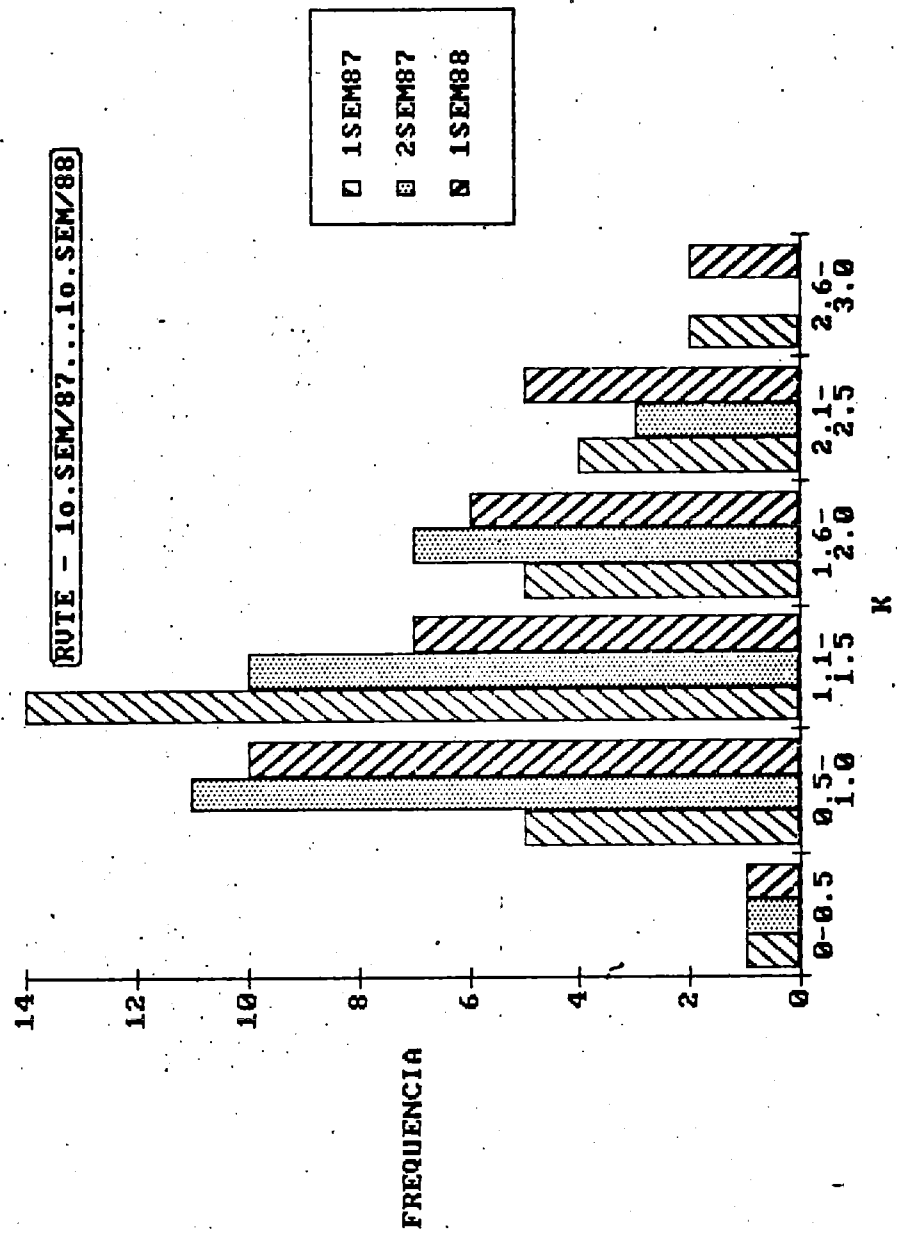


Fig. 18

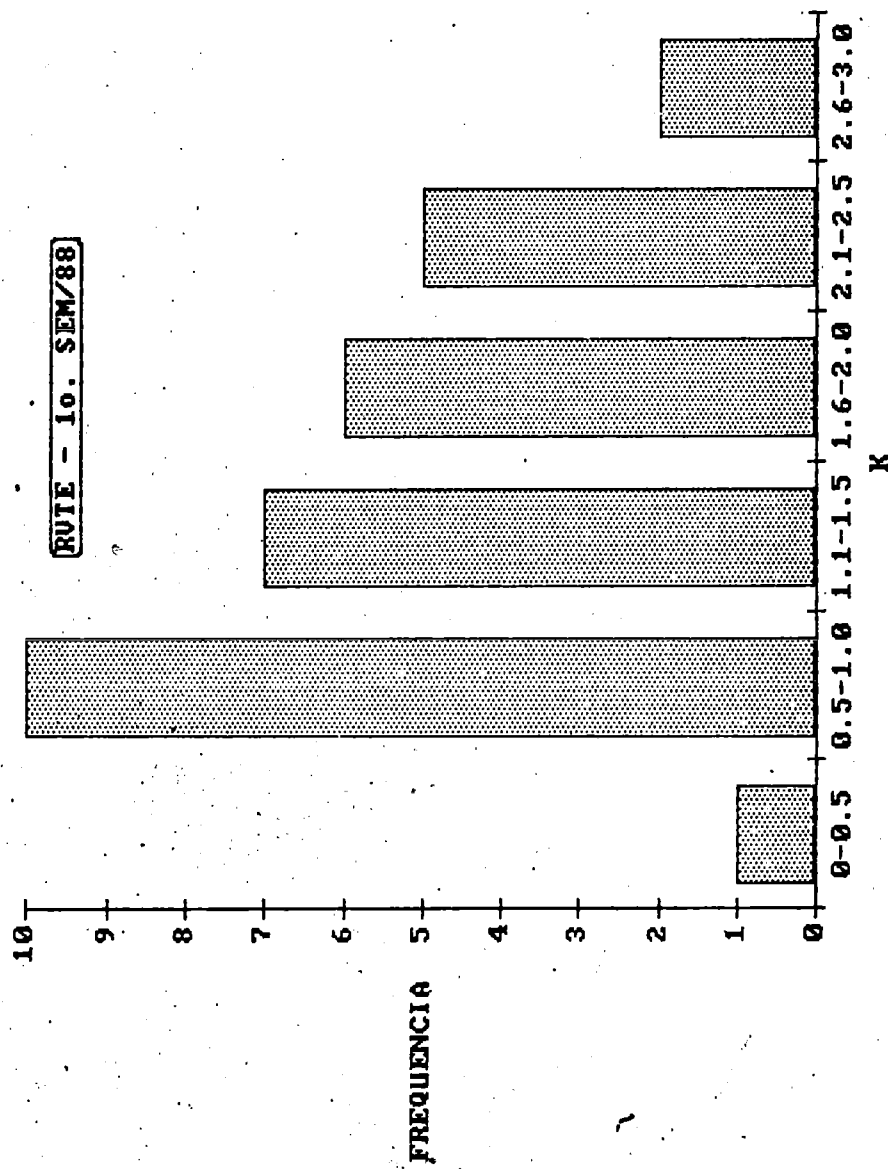
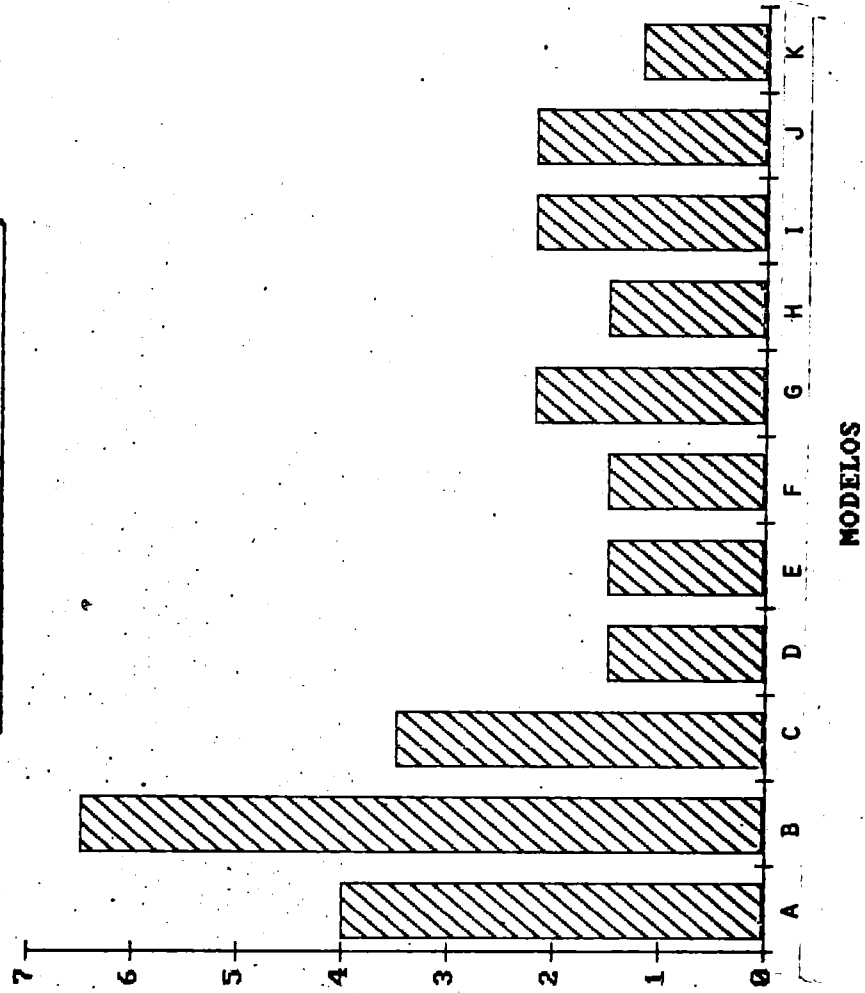


Fig. 19

RUTE - DIESEL - CO (g/bhp.h)



Padrões Internacionais

| | |
|-----------|--------------|
| USA 74 | 40 |
| USA 80 | 25 |
| USA 84/94 | 15.5 (15.5T) |
| ECE 88/90 | 8.4 |

Fig. 20

ROUTE - DIESEL - HC (g/Bhp.h)

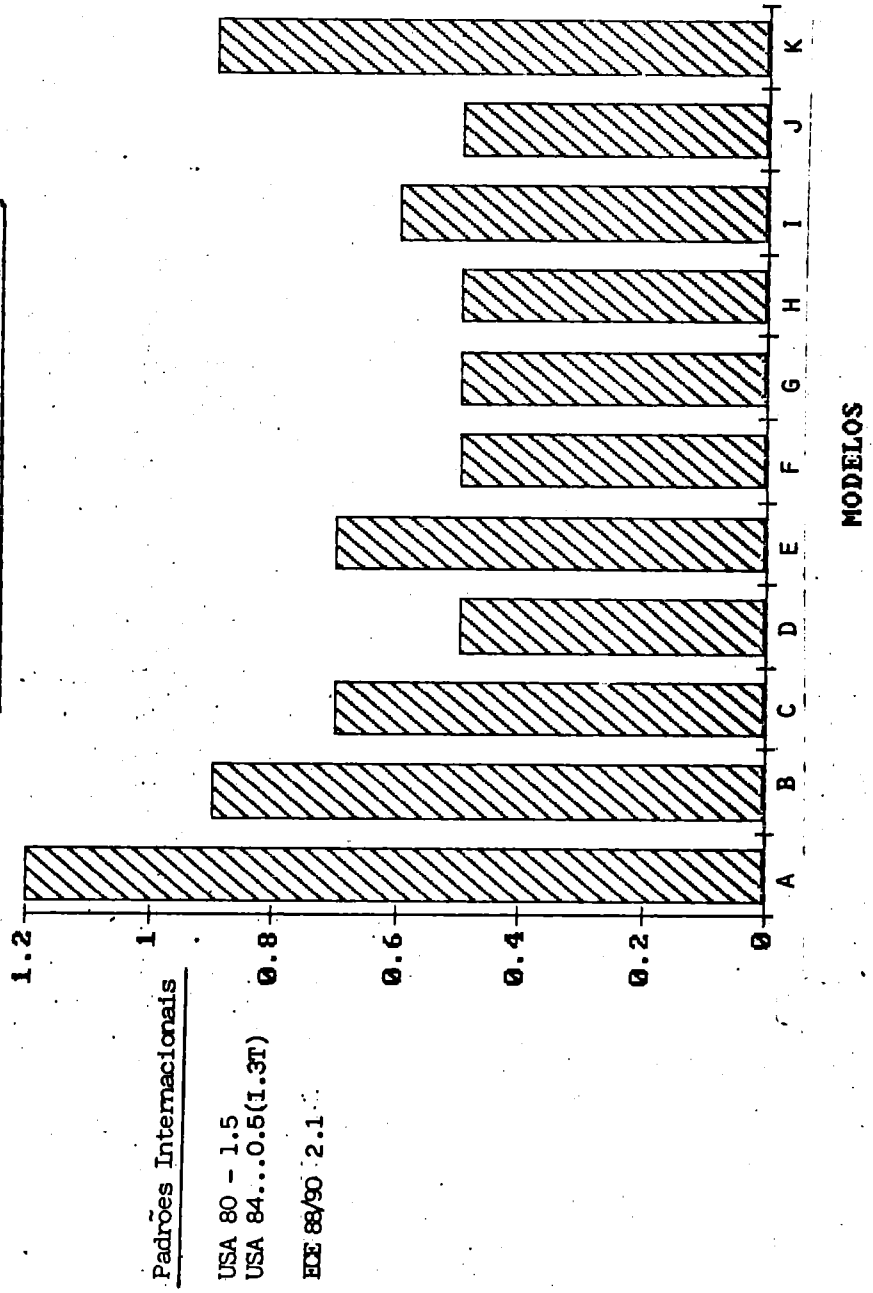
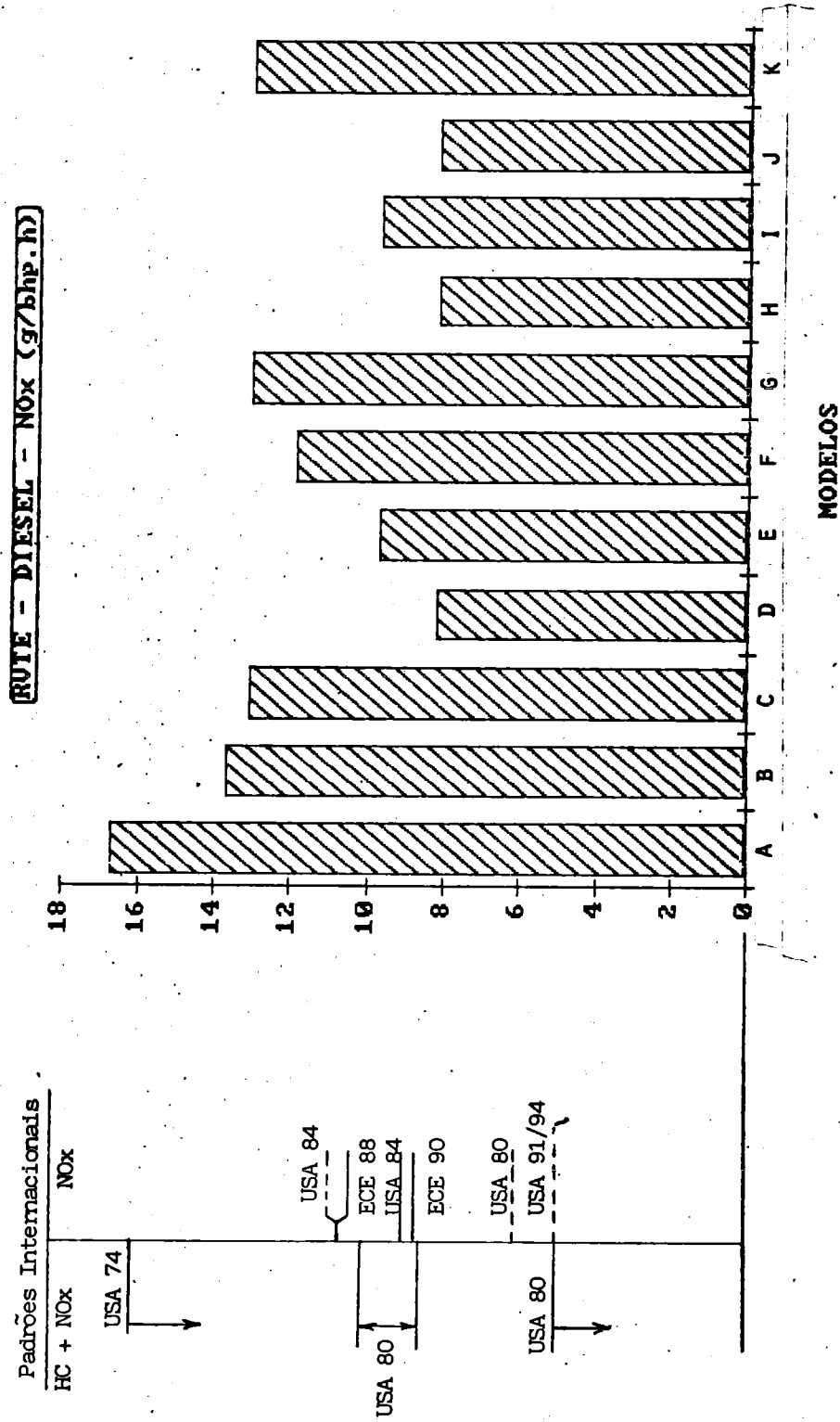


FIG. 21



30

22/9/94
DER
22/9/94