



COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA  
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05489 - PINHEIROS  
SÃO PAULO - BRASIL

AVALIACÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DO ALCÓOL NA GASOLINA EM  
DIFERENTES TEORES DE MISTURA, NAS EMISSÕES  
DE MONÓXIDO DE CARBONO

PJ. Nº 17.4

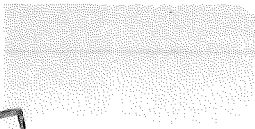
ARQUIVO TECNICO

AGOSTO/79

DLTV/GLA

SUPERINTENDÊNCIA DE TECNOLOGIA DO AR  
DIRETORIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMEN  
TO DO AR E DE CONTROLE DE FONTES DE  
POLUIÇÃO.

CL	
ADJ	28012
PL	



IDENTIFICATION NO

DATE

10/14/12

10/14/12

10/14/12

10/14/12

10/14/12

10/14/12

## S U M Á R I O

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA

- I. OBJETIVO
- II. DESCRIÇÃO DO ESTUDO
- III. RESULTADOS OBTIDOS
- IV. AVALIAÇÃO DOS DADOS
- V. CONCLUSÕES
- VI. ANEXOS

I. OBJETIVOCETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA

O presente estudo, tem por finalidade, avaliar a emissão de monóxido de carbono pelo cano de escape dos veículos automotores, utilizando-se como combustível álcool etílico anidro e gasolina sem chumbo nas proporções de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25% de álcool em marcha lenta e em diversas velocidades no dinamômetro de chassis, com carga e sem carga.

II. DESCRIÇÃO DO ESTUDO

Para os efeitos da execução deste projeto utilizou-se um dinamômetro de chassis onde se colocavam os veículos e imprimiam-se as diversas velocidades necessárias a uma simulação da condição normal de uso do veículo sem carga e outra com carga. Ao mesmo tempo eram feitas as leituras pelo analisador EPA/75 NDIR.

Também, analisou-se em marcha lenta o veículo, fora do dinamômetro.

Anteriormente ao início de cada teste e sempre que necessário durante a realização dos testes, foi feita uma regulagem no veículo.

Apresentou-se ainda informações sobre características gerais dos veículos, do combustível, equipamentos utilizados, equipamento de análise, sistemática de regulagem dos veículos e os testes executados.

II.1 Características gerais dos veículos utilizados

pequeno: marca: Chevrolet; modelo: Chevette; ano: 1977; carburador: DFV; tipo: simples; número de carburador: 1; cilindrada: 1398 cm<sup>3</sup>; número de cilindro: 4; hodômetro: 66923 km.

médio : marca: Chevrolet; modelo: Opala; ano: 1975; carburador: DFV; tipo do carburador: simples; número de carburador: 1;

.../...

cilindrada: 2474 cm<sup>3</sup>; nº de cilindro: 4; hodômetro: 84662 km.

grande : marca: Chevrolet; modelo: C-14; ano: 1976; carburador: DFV; tipo do carburador: simples; número de carburador: 1; cilindrada: 4278 cm<sup>3</sup>; nº de cilindro: 4; hodômetro 98979 km.

O conceito de pequeno, médio e grande foi estabelecido com base no tamanho do motor: pequeno até 2000 cm<sup>3</sup>; médio entre 2000 cm<sup>3</sup> e 3000 cm<sup>3</sup> e grande quando maior que 3000 cm<sup>3</sup>.

## II.2 Combustível utilizado

Foram utilizados, como combustível, gasolina pura sem chumbo e gasolina pura sem chumbo com a adição de álcool etílico anidro nas proporções 5, 10, 15, 20 e 25%.

## II.3 Equipamentos utilizados

Analizador de motores

Analizador de gás de escape EPA/75 (NDIR)

Analizador de distribuidor

Tacômetro

Dinamômetro de chassis

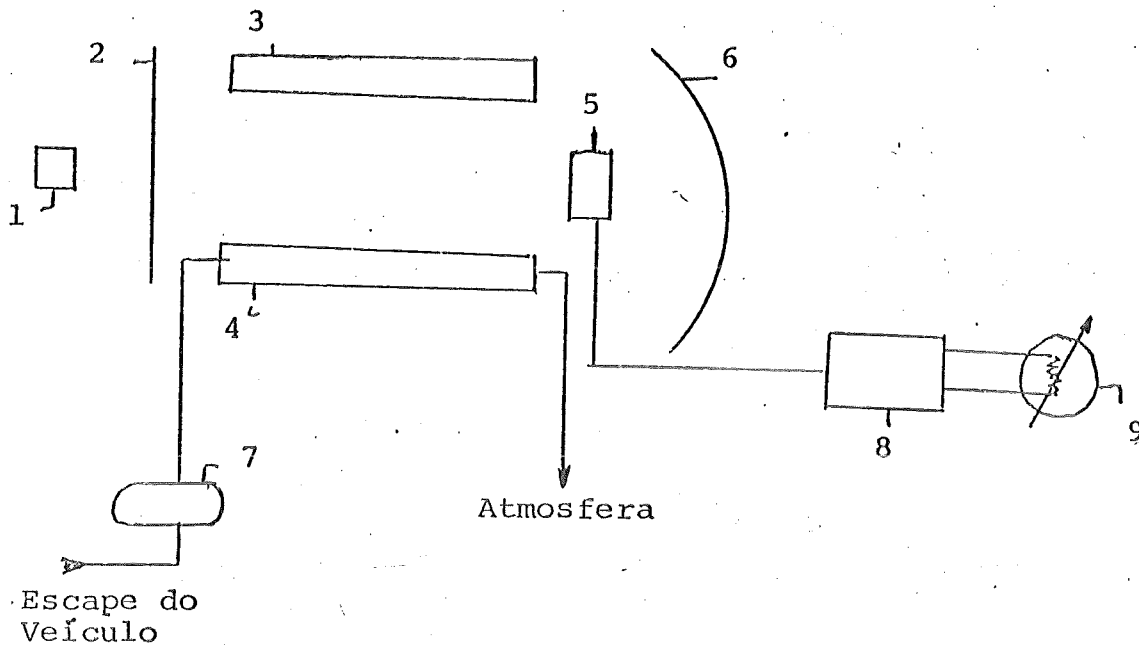
Lâmpada de ponto

Carregador de bateria

## II.4 Equipamento de análise

O equipamento para análise de monóxido de carbono (CO) pelo cano de escape é o "analizador de gás de escape EPA/75 (NDIR)".

### II.4.1 Princípio de funcionamento



CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA

1. Fonte de Infra Vermelho
2. Obturador
3. Célula de Referência
4. Célula de Amostragem
5. Sensores
6. Espelho
7. Bomba de Vácuo
8. Circuito Eletrônico
9. Indicador de Concentração

Uma fonte emite radiação de infra vermelho (1) que um obturador (2) se encarrega de direcionar ora para a célula de referência (3) ora para a de amostragem (4). A radiação que passa pela célula de referência e chega nos sensores (5) através do espelho (6) é o total emitido. A radiação que passa pela célula de amostragem onde o gás de es

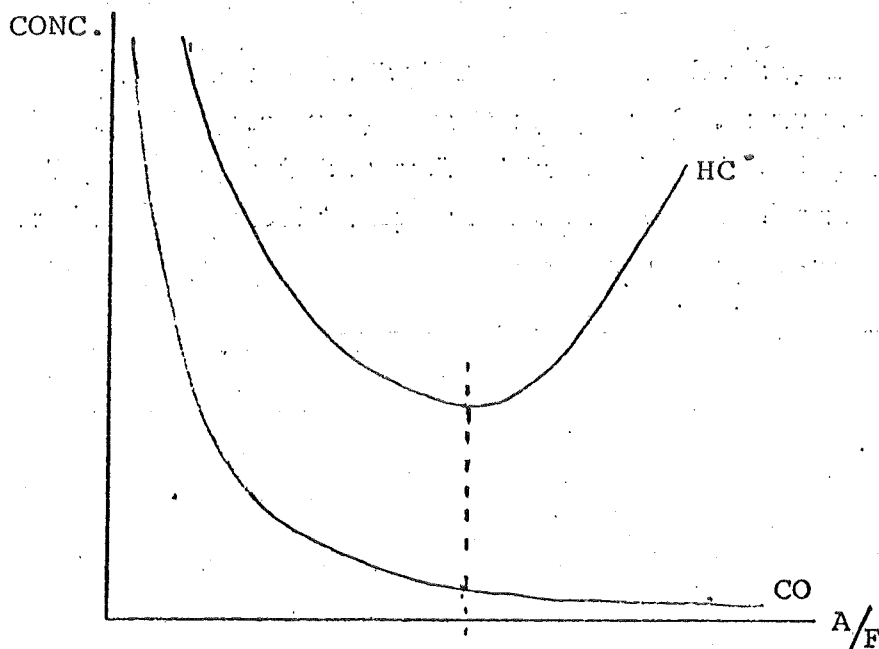
.../...

cape esta passando continuamente por meio de uma bomba de vácuo (7) e chega até os sensores através do espelho, é a radiação total emitida menos a que foi absorvida no trajeto, pelo gás de escape.

Os sensores encarregam-se de gerar um sinal; que é enviado a um circuito eletrônico (8) que o amplifica e o envia ao instrumento da concentração dos gases analisados (9).

### II.5 Sistemática de Regulagem

Fez um check-up nos veículos, colocando-os dentro da especificação do fabricante. Os veículos foram regulados, para gasolina pura sem chumbo e para cada mistura de álcool à gasolina procurando-se a mínima emissão de hidrocarbonetos.



Relação entre concentração de gás de escape e mistura ar-combustível.

## II.6 Testes executados

Os veículos foram testados em marcha lenta, no dinamômetro de chassis, sem carga, em 3a. marcha de câmbio, nas seguintes velocidades 40, 50, 60, 70 e 80 km/h; com gasolina pura, sem chumbo e com misturas de álcool à gasolina.

## III. RESULTADOS OBTIDOS

Para os veículos em velocidade no dinamômetro sem carga as médias dos valores obtidos são apresentadas nas tabelas 1, 3, 5.

Para os veículos em velocidade no dinamômetro com carga as médias dos valores obtidos são apresentadas nas tabelas 2, 4 e 6.

As médias dos valores obtidos nos testes são demonstradas nas tabelas 7, 8 e 9 para os veículos em marcha lenta.

Tabela 1 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) obtidas no veículo Chevette em velocidades no dinamômetro sem carga.

<u>% Álcool</u> \ Km/l	20	30	40	50	60	70	80
0	8,4	9,5	7,5	5,4	4,4	2,9	1,1
5	8,0	9,7	7,3	4,9	2,5	1,4	0,4
10	7,3	8,5	6,9	4,4	2,3	1,4	0,5
15	7,0	8,3	5,5	3,5	1,3	0,7	0,2
20	5,4	7,5	5,0	3,0	1,2	0,5	0,2
25	5,1	6,3	2,8	0,6	0,2	0,3	0,3

Tabela 2 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) obtidas no veículo Chevette em velocidades no dinamômetro com carga.

Km/h \ % Álcool	20	30	40	50	60	70	80
0	9,7	7,7	4,9	3,0	1,6	0,8	0,4
5	9,7	7,1	4,1	1,5	0,5	0,3	0,3
10	8,2	7,0	4,0	1,5	0,7	0,3	0,2
15	8,2	6,3	3,2	1,2	0,3	0,2	0,3
20	7,1	4,3	1,6	0,3	0,2	0,2	0,2
25	7,1	2,9	0,5	0,2	0,2	0,3	0,4

Tabela 3 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) obtidas no veículo Opala em várias velocidades no dinamômetro sem carga.

Km/h \ % Álcool	20	30	40	50	60	70	80
0	3,3	3,0	2,9	2,4	3,4	1,5	1,0
5	3,1	2,4	1,7	1,8	1,7	0,9	0,4
10	3,1	2,2	2,0	2,0	1,4	0,3	0,2
15	2,5	1,7	1,7	1,3	0,9	0,5	0,3
20	2,3	1,7	1,5	1,0	0,5	0,2	0,2
25	2,1	0,9	0,8	0,7	0,3	0,2	0,2

Tabela 4 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) obtidas no veículo Opala em várias velocidades no dinamômetro com carga.

<u>% Álcool</u> / Km/l	20	30	40	50	60	70	80
0	3,8	2,9	2,4	1,3	0,3	0,2	0,3
5	2,9	2,2	1,9	0,7	0,4	0,3	0,3
10	2,0	1,6	1,0	2,0	0,2	0,2	0,2
15	1,9	1,3	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2
20	2,1	0,6	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2
25	1,2	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2

Tabela 5 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) obtidas no veículo C-14 em velocidades no dinamômetro sem carga.

<u>% Álcool</u> / Km/l	20	30	40	50	60	70	80
0	1,8	0,5	2,9	2,0	2,0	2,3	2,4
5	4,0	3,1	2,5	1,8	1,1	1,3	1,3
10	1,0	0,7	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
15	2,7	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
20	1,8	0,3	2,1	1,7	1,3	1,1	1,0
25	1,9	0,4	1,4	1,0	0,7	0,7	0,7

Tabela 6 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) obtidas no veículo C-14 em velocidades no dinamômetro com carga.

% Álcool \ Km/l	20	30	40	50	60	70	80
0	3,1	2,1	2,1	1,9	1,9	1,7	1,5
5	2,7	1,5	1,5	1,5	1,7	1,4	1,5
10	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
15	2,5	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	0,9
20	1,8	1,1	0,9	0,8	0,8	0,6	0,4
25	1,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5

Tabela 7 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) no veículo Chevette em marcha lenta.

% Álcool \ Km/l	0	5	10	15	20	25
% CO	4,9	4,3	3,9	3,5	3,1	3,0

Tabela 8 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) obtidas no veículo Opala em marcha lenta.

% Álcool \ Km/l	0	5	10	15	20	25
% CO	3,4	3,3	3,2	2,9	2,7	2,3

Tabela 9 - Médias dos dados de monóxido de carbono (CO) em porcentagem (%) obtidas no veículo C-14 em marcha lenta.

% Álcool \ Km/l	0	5	10	15	20	25
% CO	3,1	3,9	3,7	2,9	2,5	1,7

IV. AVALIAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS

IV.1 Dados obtidos com o Chevette

Com os dados obtidos (tabela 1 e 2) construíram-se dois gráficos um para a condição sem carga (gráfico 1) e um para a condição com carga (gráfico 2). Posteriormente foi feito um estudo matemático e ajustou-se uma curva aos dados obtidos, o que resultou nos gráficos 3 e 4, respectivamente para as condições sem carga e com carga.

As observações seguintes foram tiradas com base nos dados e nas tabelas citadas.

O comportamento geral da curva deste veículo é bom, mas os valores são muito altos, o que indica que o carburador está muito rico. Aparece também (gráfico 1) um pico, na curva, indicativo da entrada de um outro circuito do carburador, esse pico indica que além do carburador estar rico, há um enriquecimento suplementar. A razão para que isso aconteça, reside nos baixos valores de monóxido de carbono nas velocidades altas, ou seja para compensar a falta de gasolina nas velocidades altas, o carburador fornece mais gasolina durante a curva toda.

A conclusão que se tira é a de que todos os circuitos do carburador precisam ser retrabalhados para que se obtenha um desempenho melhor.

Com os valores obtidos em marcha lenta (tabela 7) foi feito um estudo de percentuais de decréscimos nas emissões de monóxido de carbono em função dos percentuais de álcool que a seguir apresentamos:

- de 0% a 5% de álcool: 12%
- de 5% a 10% de álcool: 9%
- de 10% a 15% de álcool: 10%
- de 15% a 20% de álcool: 11%
- de 20% a 25% de álcool: 3%

#### IV.2 Dados obtidos com o Opala

Da mesma forma que para o Chevette, os dados obtidos foram tabelados (tabelas 3 e 4) para as condições sem e com carga.

Essas tabelas deram origem aos gráficos 5 e 6 respectivamente, posteriormente os dados foram analisados matematicamente a fim de se obter as curvas que melhor se ajustavam aos dados obtidos, o que resultou nos gráficos 7 e 8.

Da análise desses gráficos e tabelas, conclui-se que o carburador está rico demais na velocidade de 60 Km/h, correspondendo esse ponto à entrada, em funcionamento, do circuito principal. Ainda da análise dos gráficos se pode ver que o acréscimo de álcool melhora a curva do carburador e que com 15 a 20% de álcool a curva já fica bem melhor.

Com os valores obtidos em marcha lenta (tabela 8) foi feito estudo dos percentuais de decréscimo nas emissões de monóxido de carbono em função dos percentuais de álcool, os resultados foram os seguintes:

- de 0% a 5% de álcool: 3%
- de 5% a 10% de álcool: 3%
- de 10% a 15% de álcool: 9%
- de 15% a 20% de álcool: 7%
- de 20% a 25% de álcool: 15%

#### IV.3 Dados obtidos com a C-14

Com os dados obtidos (tabelas 5 e 6) construíram-se os gráficos 9 e 10 para as condições sem e com carga, respectivamente. Posteriormente esses dados foram tratados matematicamente a fim de se obter as curvas que melhor se ajustavam aos dados obtidos, o que resultou nos gráficos 11 e 12.

Da análise desses gráficos e tabelas conclui-se

que o veículo analisado apresentou um comportamento bastante irregular, como se pode ver no gráfico 11.

A curva de 0% está muito pobre, enriquecendo bastante com a entrada do circuito principal (a 40 Km/h aproximadamente). A marcha lenta foi regulada de acordo com os procedimentos normais, portanto a mais provável causa para o empobrecimento seja um defeito do próprio carburador. Esse empobrecimento aparece no gráfico como um ponto de mínimo mais ou menos a 30 Km/h. Um retrabalho do carburador na fábrica deve eliminar esse problema. A curva de 5% é a que mostra um comportamento mais regular, porque, o ponto de mínimo que aparece em 0%, foi compensado por um grande enriquecimento relativo da marcha lenta.

As curvas de 10 e 15% também mostram-se satisfatórias, todavia, com carga, a curva de 10% situou muito abaixo dos valores esperados.

Nas curvas de 20 e 25% surgem novamente os pontos de mínimo e de máximo, que nestes casos não mostram somente a condição de rico e pobre, mas também a condição da mistura.

Em outras palavras o pico de monóxido de carbono observado a 40 Km/h, revela que o carburador enriquece repentinamente (devido a entrada do circuito principal) e sugere que as misturas com 20 e 25% não proporcionam, na entrada desse circuito, uma mistura ar-combustível de boa qualidade para a queima, daí resultando um valor elevado de CO. Para obter uma prova disso, dever-se-ia ter medido a potência e o vácuo ou posição da borboleta nessa velocidade.

Todavia como a regulagem é feita sempre segundo o mesmo critério há um forte indício de que esse carburador não pode funcionar com 20 e 25% de álcool, sem apresentar esse tipo de problema.

A conclusão que se tira desse gráfico é a de que

que o veículo analisado apresentou um comportamento bastante irregular, como se pode ver no gráfico 11.

A curva de 0% está muito pobre, enriquecendo bastante com a entrada do circuito principal (a 40 Km/h aproximadamente). A marcha lenta foi regulada de acordo com os procedimentos normais, portanto a mais provável causa para o empobrecimento seja um defeito do próprio carburador. Esse empobrecimento aparece no gráfico como um ponto de mínimo mais ou menos a 30 Km/h. Um retrabalho do carburador na fábrica deve eliminar esse problema. A curva de 5% é a que mostra um comportamento mais regular, porque, o ponto de mínimo que aparece em 0%, foi compensado por um grande enriquecimento relativo da marcha lenta.

As curvas de 10 e 15% também mostram-se satisfatórias, todavia, com carga, a curva de 10% situou muito abaixo dos valores esperados.

Nas curvas de 20 e 25% surgem novamente os pontos de mínimo e de máximo, que nestes casos não mostram somente a condição de rico e pobre, mas também a condição da mistura.

Em outras palavras o pico de monóxido de carbono observado a 40 Km/h, revela que o carburador enriquece repentinamente (devido a entrada do circuito principal) e sugere que as misturas com 20 e 25% não proporcionam, na entrada desse circuito, uma mistura ar-combustível de boa qualidade para a queima, daí resultando um valor elevado de CO. Para obter uma prova disso, dever-se-ia ter medido a potência e o vácuo ou posição da borboleta nessa velocidade.

Todavia como a regulagem é feita sempre segundo o mesmo critério há um forte indício de que esse carburador não pode funcionar com 20 e 25% de álcool, sem apresentar esse tipo de problema.

A conclusão que se tira desse gráfico é a de que

o melhor combustível para esse carburador é a mistura com 5% de álcool.

Para o gráfico do mesmo veículo com carga, a única alteração notável é a baixa emissão com 10% de álcool, já mencionada anteriormente.

Destas duas famílias de curvas é possível concluir que o carburador do veículo testado não está corretamente ajustado para emissão, em baixas velocidades, sem carga, donde se conclui que os circuitos do carburador a serem retrabalhados pelo fabricante são, os de marcha lenta e intermediário. Com os valores obtidos em marcha lenta (tabela 9) foi feito estudo dos percentuais de decréscimos emissões de monóxido de carbono em função dos percentuais de álcool, os resultados são os seguintes:

- de 0% a 5% de álcool: + 26% (\*)
- de 5% a 10% de álcool: 5%
- de 10% a 15% de álcool: 22%
- de 15% a 20% de álcool: 14%
- de 20% a 25% de álcool: 32%

(\*) O sinal (+) significa que houve um acréscimo na emissão ao invés de um decréscimo.

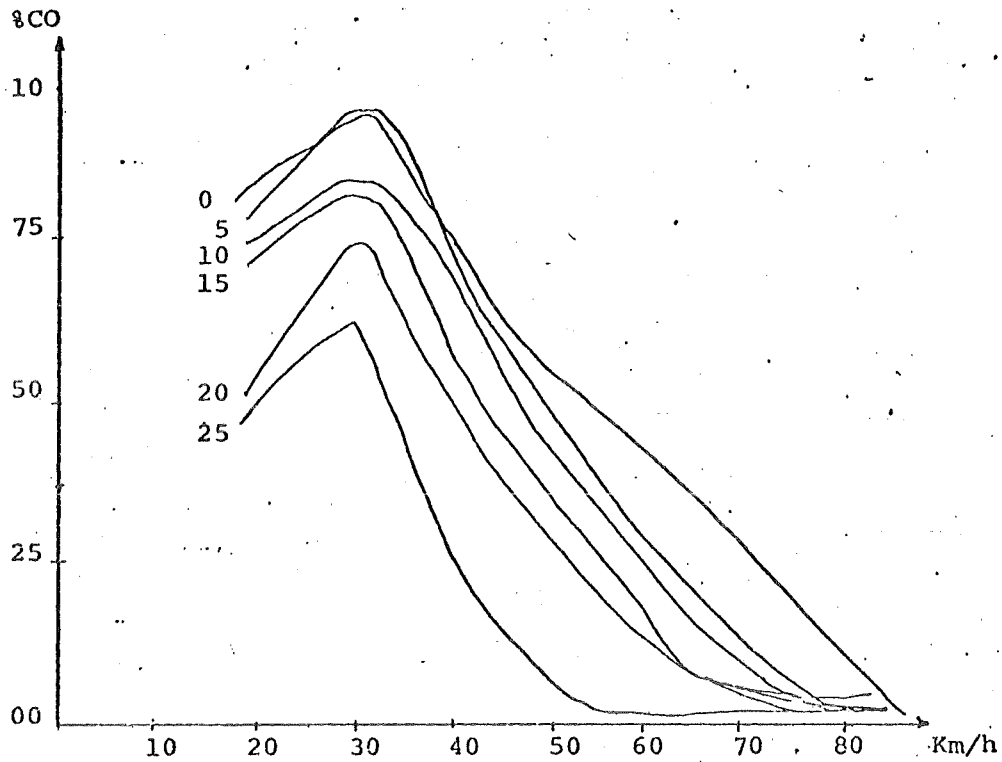


Gráfico 1 - Emissão de monóxido de carbono (CO) em função da velocidade no veículo Chevette sem carga no dinamômetro.

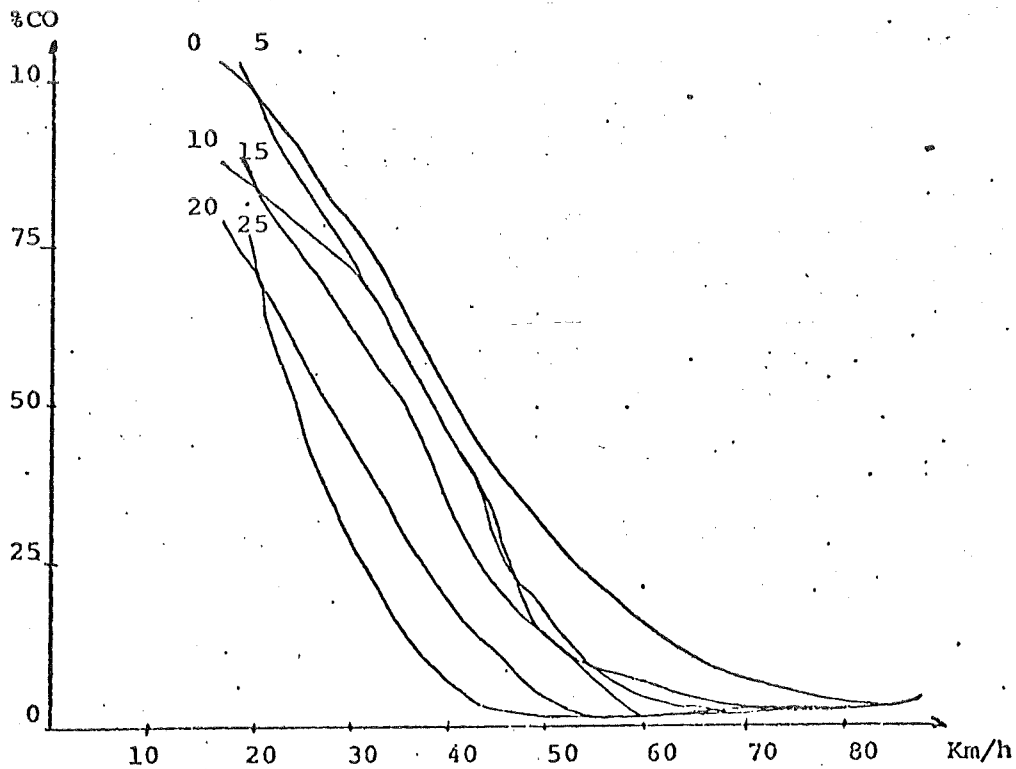


Gráfico 2 - Emissão de monóxido de carbono em função da velocidade no veículo Chevette com carga no dinamômetro.

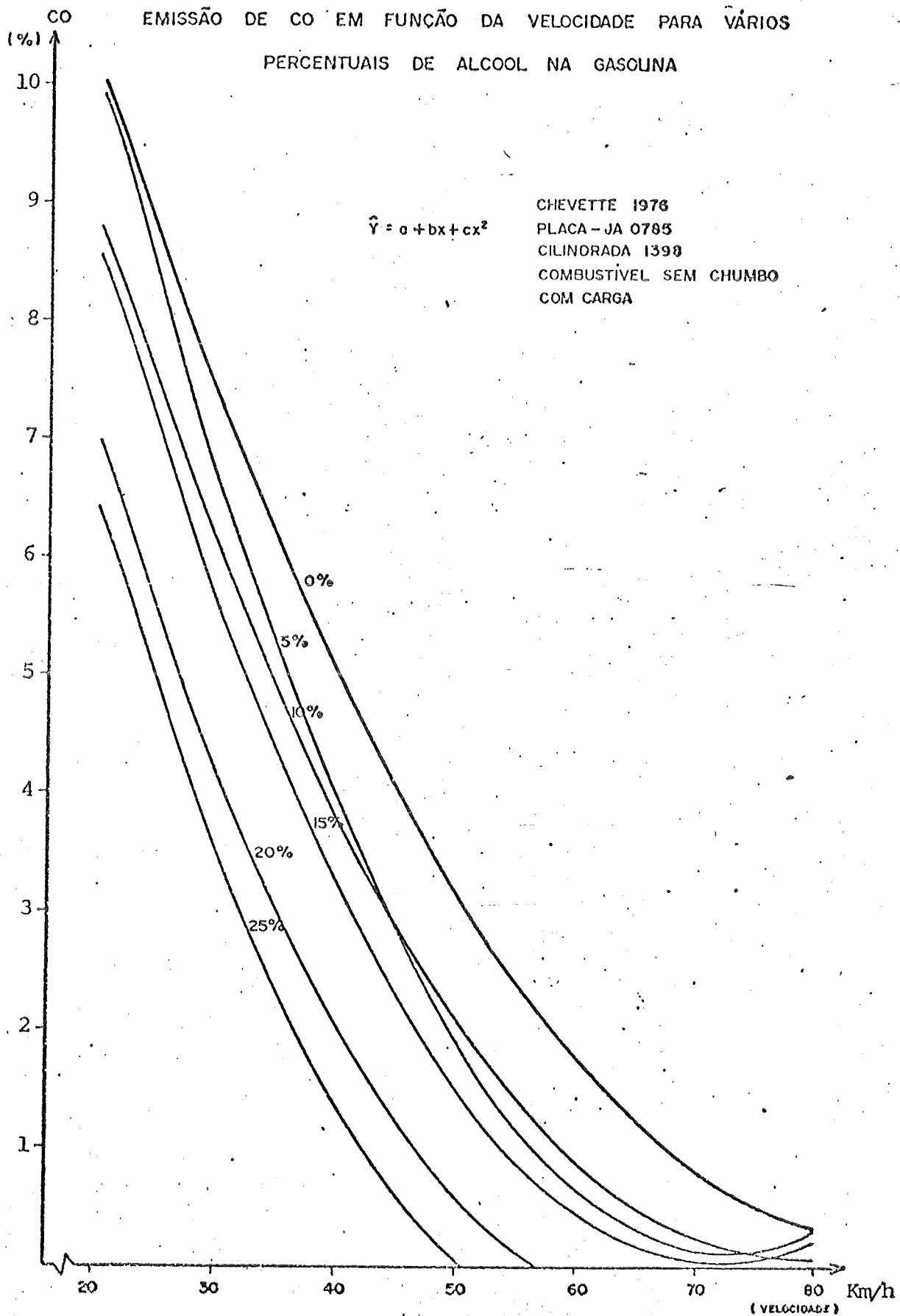


Gráfico 3

EMISSÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
 PERCENTUAIS DE ALCOOL NA GASOLINA

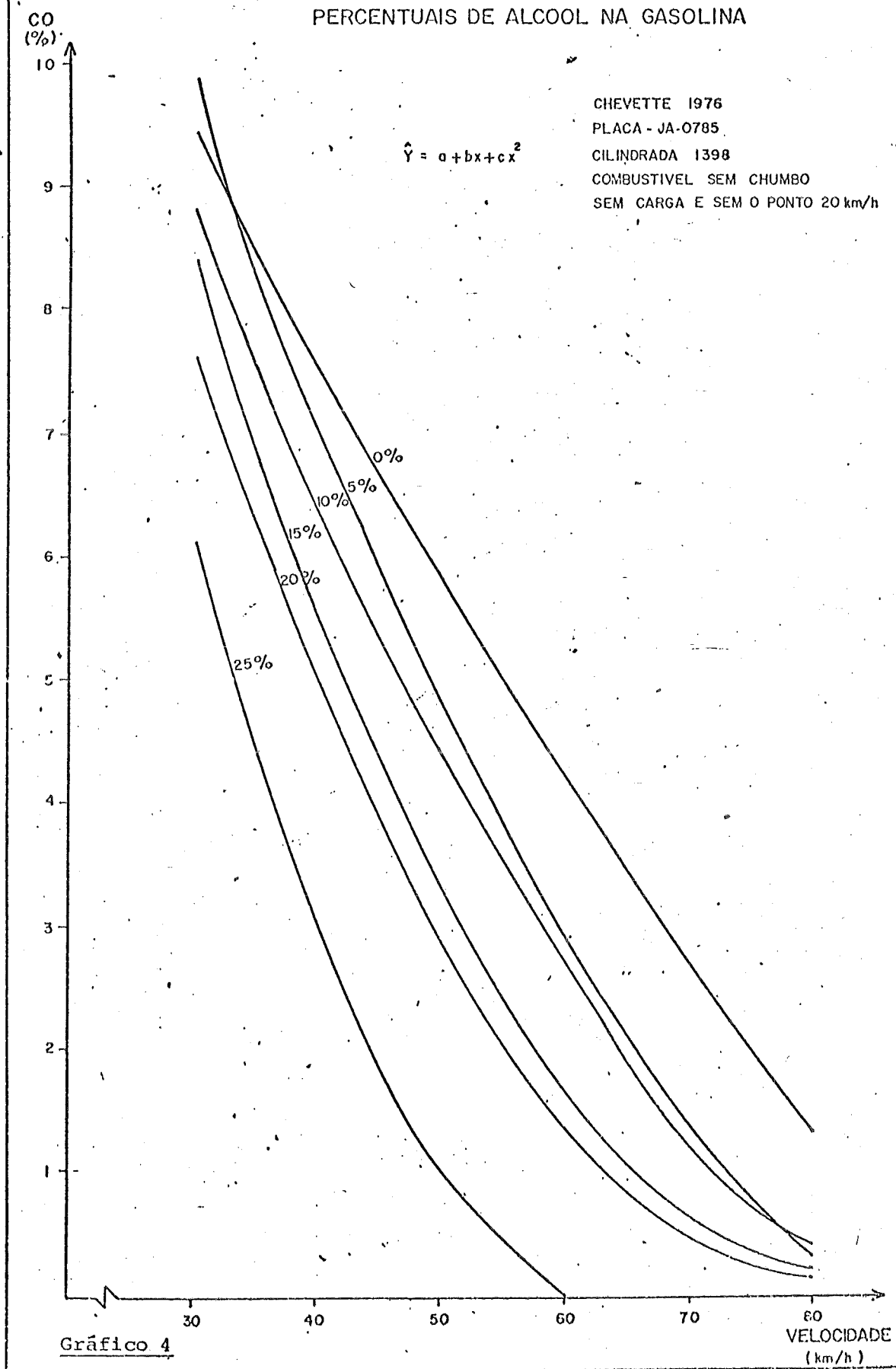


Gráfico 4

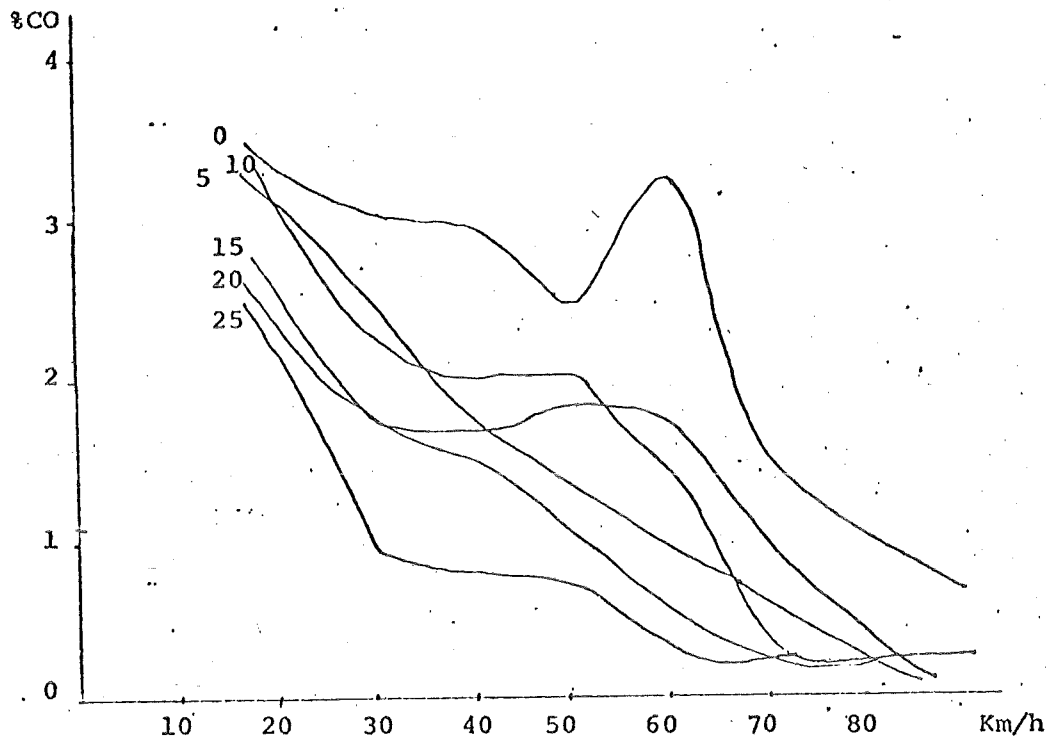


Gráfico 5 - Emissão de monóxido de carbono (CO) em função da velocidade no veículo Opala sem carga no dinamômetro.

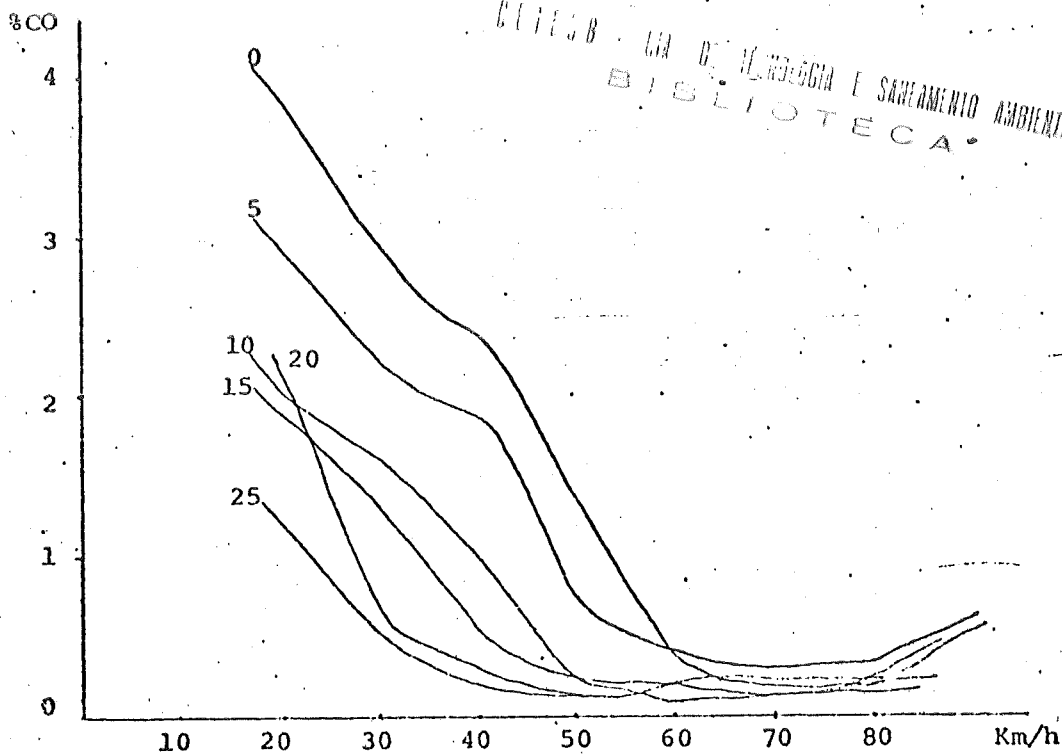


Gráfico 6 - Emissão de monóxido de carbono em função da velocidade no veículo Opala com carga no dinamômetro.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA

EMIÇÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
PERCENTUAIS DE ALCÓOL NA GASOLINA

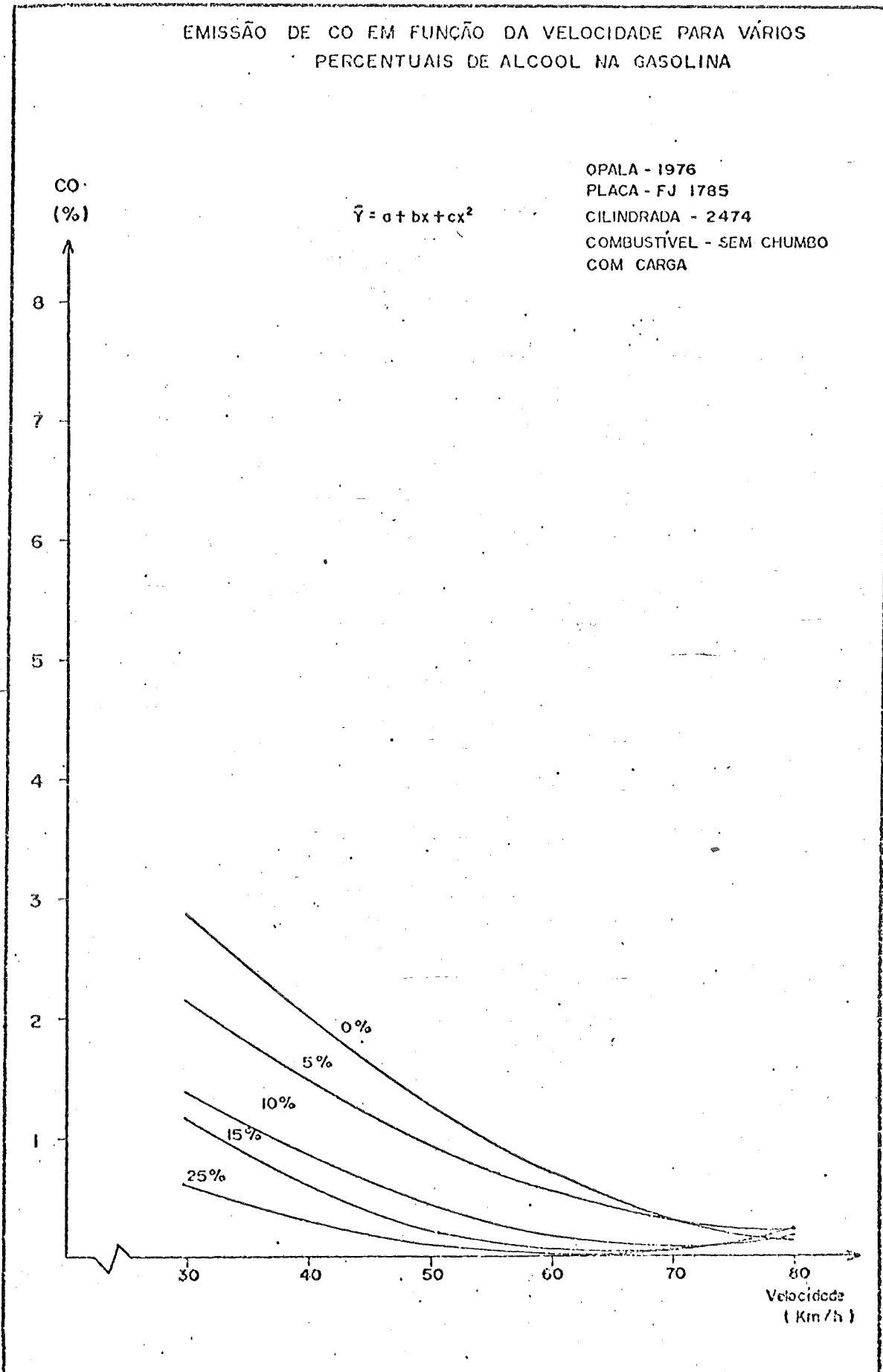


Gráfico 7.

EMIÇÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
 PERCENTUAIS DE ALCÓOL NA GASOLINA

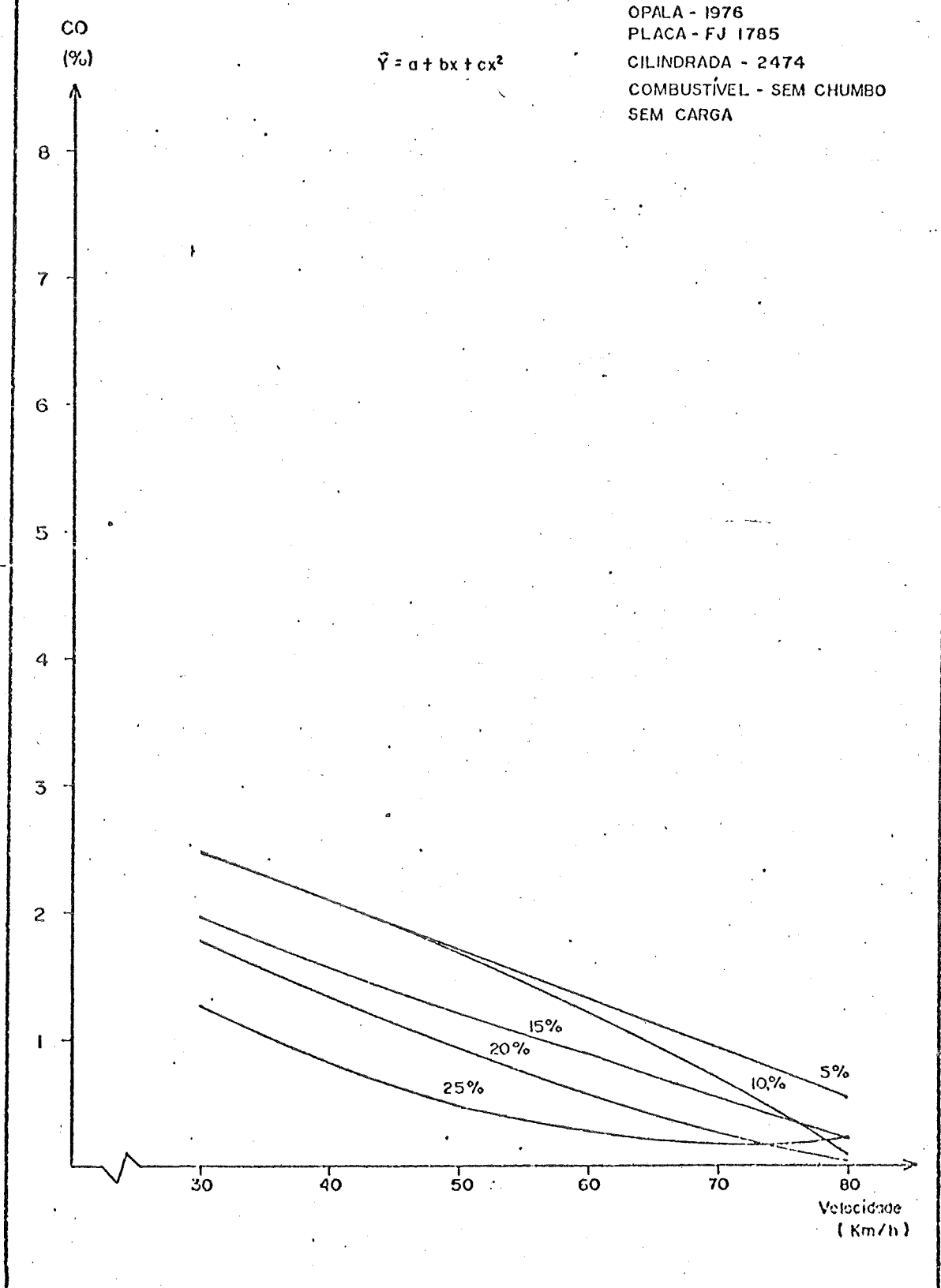


Gráfico 8

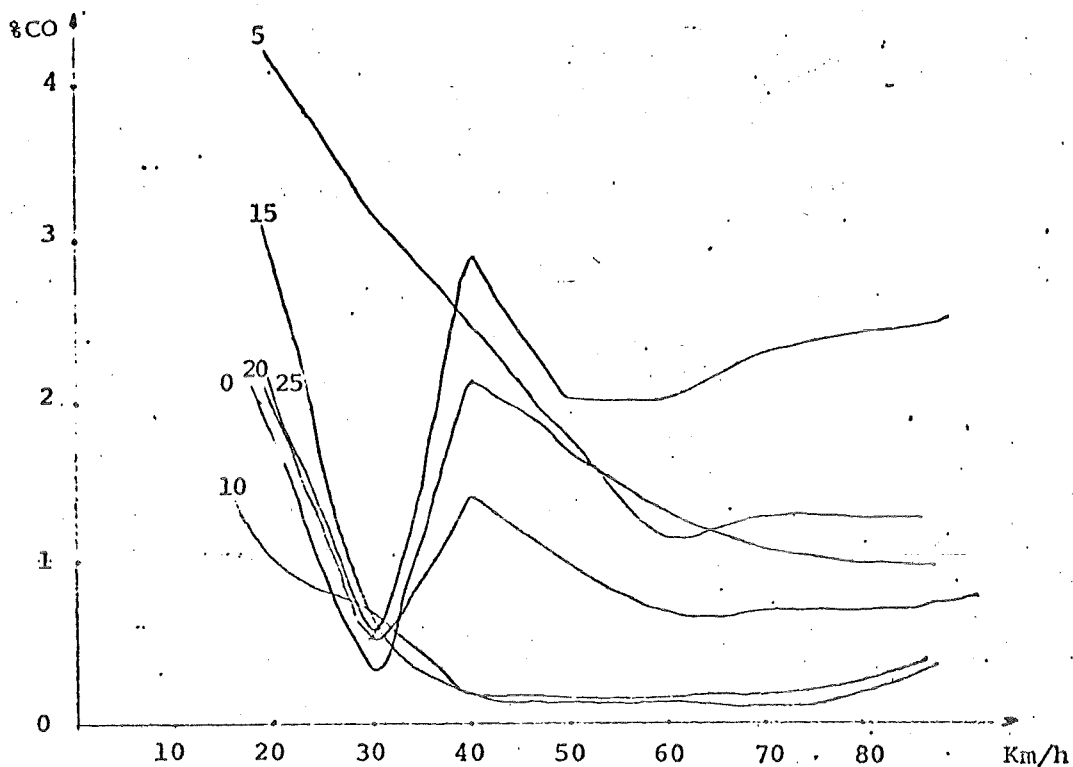


Gráfico 9 - Emissão de monóxido de carbono (CO) em função da velocidade no veículo C-14 sem carga no dinamômetro.

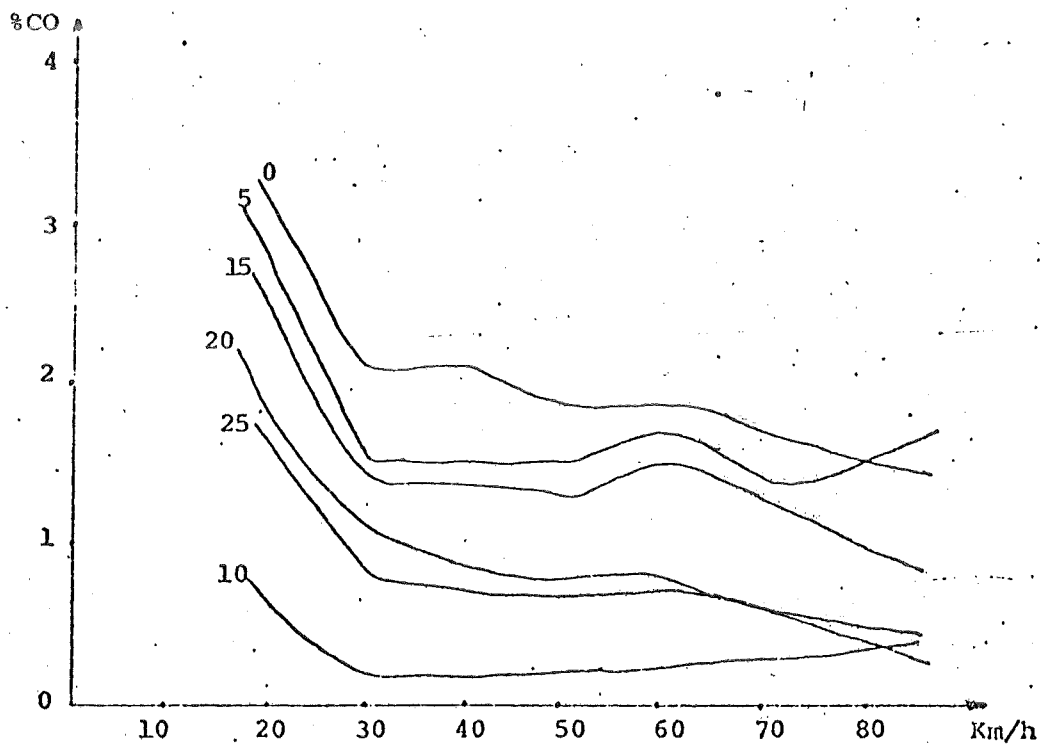


Gráfico 10 - Emissão de monóxido de carbono em função da velocidade no veículo C-14 com carga no dinamômetro.

EMISSÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
 PERCENTUAIS DE ALCÓOL NA GASOLINA

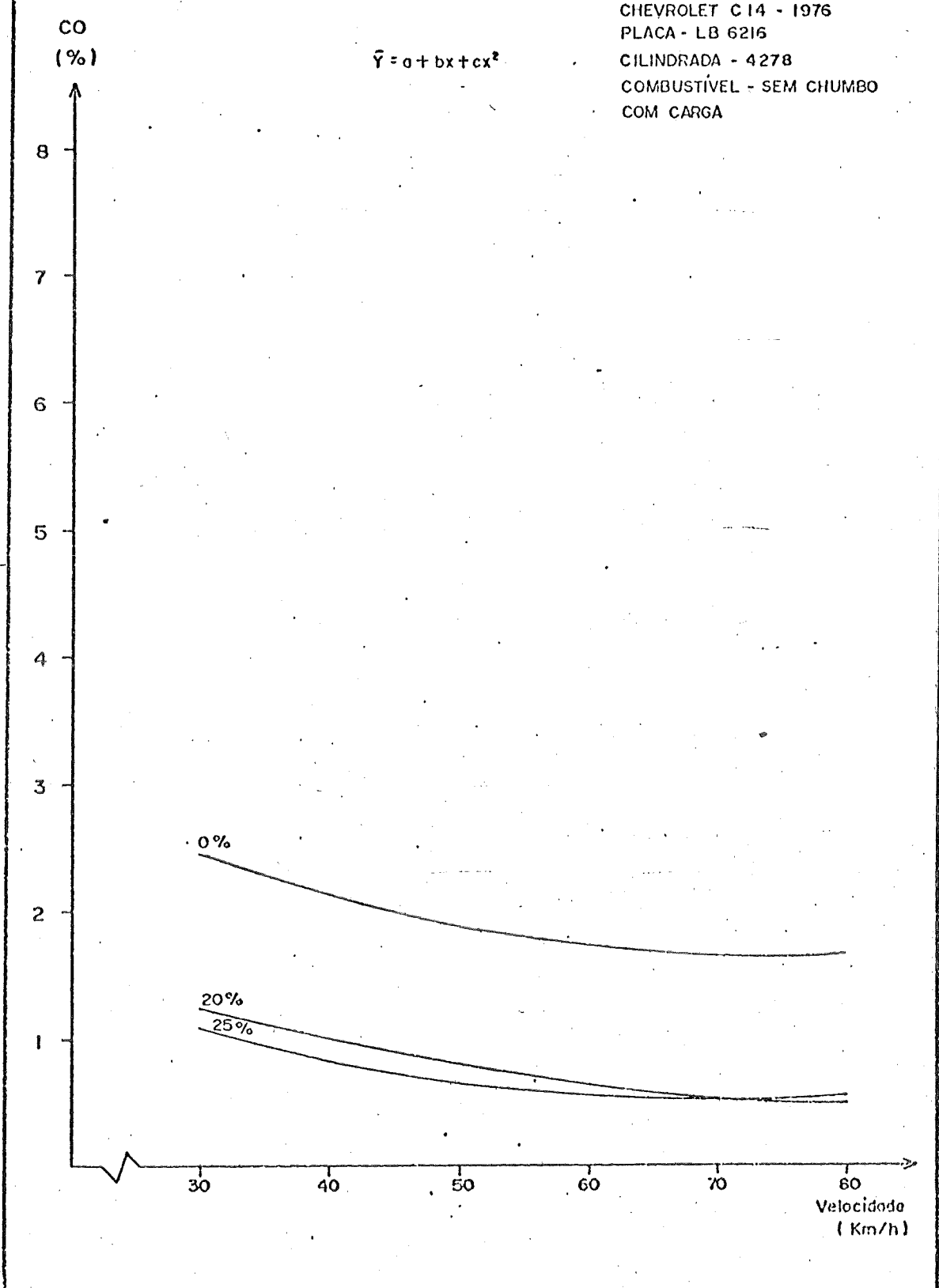


Gráfico 11

### EMIÇÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS PERCENTUAIS DE ALCOOL NA GASOLINA

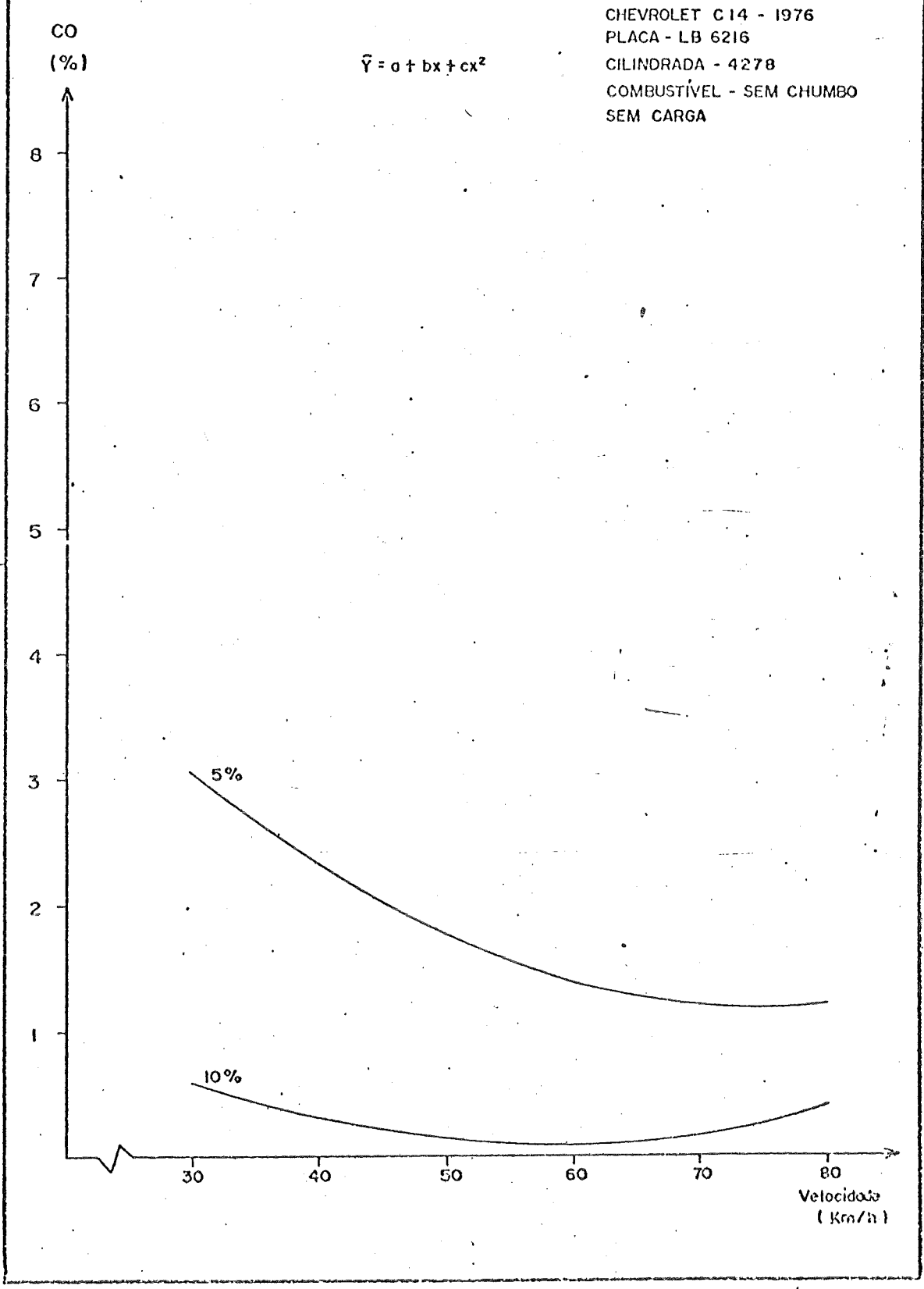


Gráfico 12

V. CONCLUSÕES

A adição de álcool diminui a emissão de monóxido de carbono e em casos de carburadores muito ricos, chega até a corrigir a curva de emissão, devido ao empobrecimento da mistura ar-combustível.

O efeito da adição de álcool é semelhante a colocação de equipamentos de controle que causem o empobrecimento da mistura ou seja proporciona uma redução da emissão.

As emissões de hidrocarbonetos não foram analisadas neste relatório, devido à interferência da emissão de aldeído nas leituras de hidrocarbonetos, todavia se espera também uma redução, pelo menos devida a substituição de parte dos hidrocarbonetos por álcool, portanto pode-se esperar a redução na emissão de hidrocarbonetos pelo menos na mesma proporção em que se adiciona álcool à gasolina. Outra redução esperada é na emissão de óxidos de nitrogênio, devido ao abaixamento da temperatura de queima. A emissão deste gás não foi avaliada neste relatório, mas a afirmação é uma consequência da observação dos testes. Com o CVS esta conclusão pode ser comprovada através de um novo projeto.

O aumento da velocidade produz redução nas emissões de monóxido de carbono, todavia em algumas curvas da experiência observou-se uma tendência a acréscimo na emissão de CO, em velocidades altas, este fato é explicado pela entrada do circuito de potência do carburador, encarregado de suplementar a quantidade de combustível necessária ao desenvolvimento de potências maiores. Como o álcool tem poder calorífico menor que a gasolina, este circuito entra em velocidades menores quando se usam misturas.

Em alguns casos a marcha do motor tornou-se irregular, devido a não homogeneidade da mistura, isto explica o comportamento irregular das emissões e alguns picos de emissão observados na marcha lenta e em algumas curvas, chegou-se a observar flutuações na rotação e nas emissões, todavia com o veículo em marcha este problema deve ficar bastante minimizado devido a constante agitação do combustível no tanque do veículo, o que não ocorre no dina

.../...

mômetro.

Como a densidade do álcool é diferente da densidade da gasolina, as gotículas de mistura álcool-gasolina formam-se em diferentes tamanhos, portanto a qualidade da mistura fica prejudicada, pois gotas maiores queimam mais ineficientemente. Este fato foi observado principalmente em porcentagens altas de álcool (20 e 25%) e ocasionam emissões altas de CO, muito embora no geral a mistura ar combustível seja pobre.

Esta conclusão é comprovada pelo entrelaçamento de curvas de diferentes porcentagens de álcool.



CETESB

A N E X O S

ASSISTÊNCIA - DAID - 003/79

Emissão de CO em função da velocidade para vários percentuais de álcool na gasolina.

Marca : Chevrolet  
 Modelo : Chevette  
 Ano : 1976  
 Chapa : JA 0785  
 Cilindrada : 1398  
 Característica do combustível : sem chumbo  
 sem carga e sem o ponto 20 Km/h

Após terem sido ajustadas 5 curvas pelo método dos mínimos quadrados, chegou-se a conclusão final que o melhor ajuste foi a parabólica ( $y = a + bx + cx^2$ ), com coeficiente de ajuste muito bom, e os resíduos obedecendo uma distribuição normal, com média zero e variância constante ou seja  $x_i \sim NN(0, \sigma^2)$  portanto coerente com a suposição considerada antes do ajuste.

	Regressão	R <sup>2</sup>
0%	$Y = 15,849 - 0,233x + 0,0006x^2$	99,4%
5%	$Y = 20,621 - 0,423x + 0,002x^2$	99,6%
10%	$Y = 18,002 - 0,359x + 0,002x^2$	99,1%
15%	$Y = 20,682 - 0,502x + 0,003x^2$	99,7%
20%	$Y = 19,107 - 0,472x + 0,003x^2$	99,8%
25%	$Y = 20,879 - 0,638x + 0,005x^2$	97,6%

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL  
 BIBLIOTECA

Emissão de CO em função da velocidade para vários percentuais de álcool na gasolina.

Marca: Chevrolet  
 Modelo: Chevette  
 Ano: 1976  
 Chapa: JA 0785  
 Cilindrada: 1398  
 Característica do combustível: sem chumbo

1) - Com carga

Os coeficientes de determinação obtidos pelo ajuste parabólico são altos para todas as percentagens de álcool utilizadas na experiência, porém, para as percentagens de 20 e 25 apresentam emissões estimadas negativas entre as velocidades de 50 Km/h e 80 Km/h.

TABELA: 1 Equação de ajuste e respectivos coeficientes de determinação

PERCENTUAL DE ALCÓOL	REGRESSÃO PARABÓLICA	R <sup>2</sup>
0%	$\hat{Y} = 16,89214 - 0,38994 X + 0,00229 X^2$	99,55%
5%	$\hat{Y} = 18,93500 - 0,51927 X + 0,00358 X^2$	99,30%
10%	$\hat{Y} = 15,90571 - 0,40800 X + 0,00263 X^2$	97,36%
15%	$\hat{Y} = 16,4614 - 0,45855 X + 0,00320 X^2$	98,79%

X = Velocidade

$\hat{Y}$  = Emissão estimada

Percentuais de decréscimo ( dados originais )

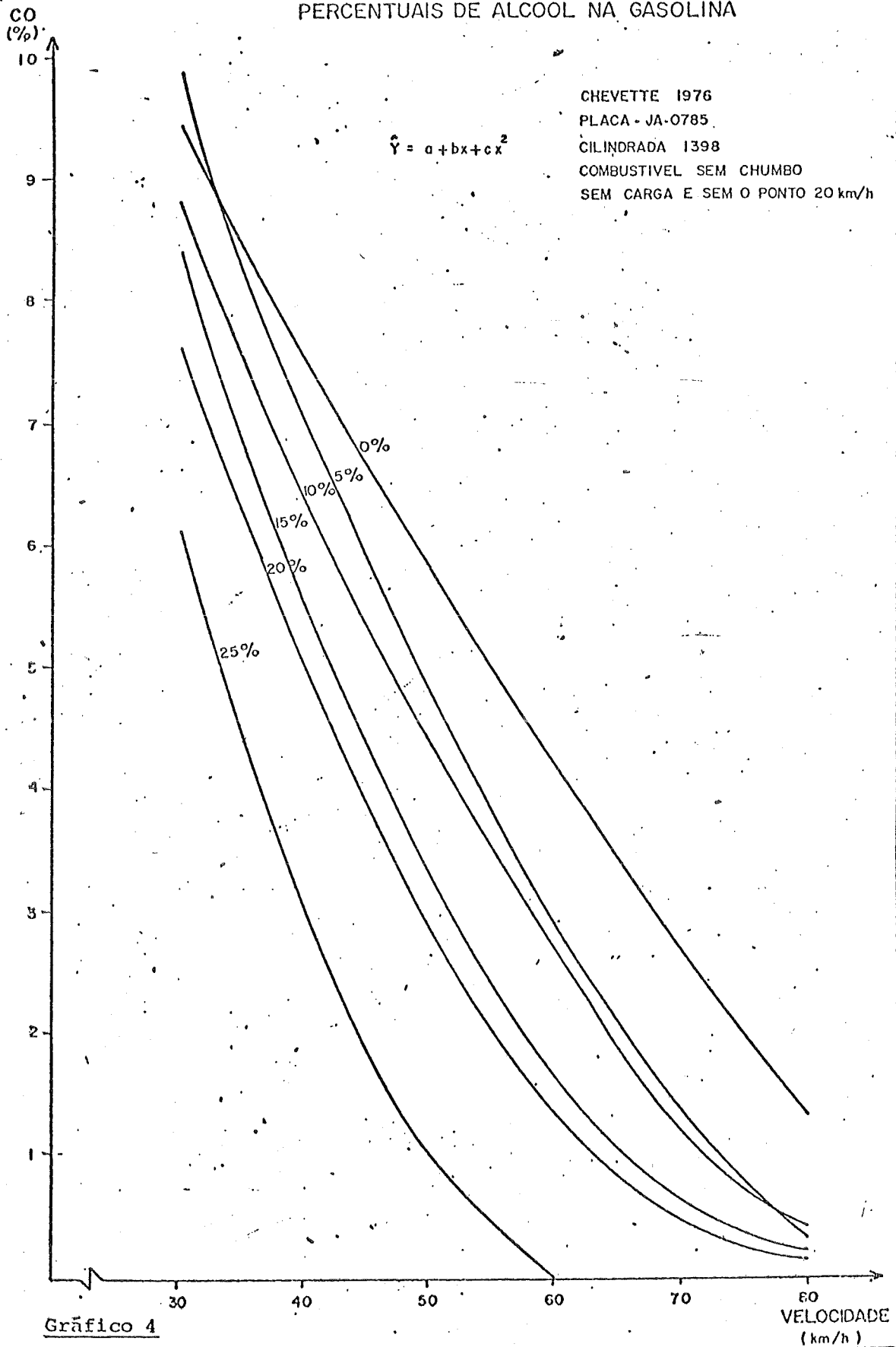
- de 0% a 5% de alcool:	- 16,87%
- de 5% a 10% de alcool:	- 6,57%
- de 10% a 15% de alcool:	- 10,22%
- de 15 a 20% de alcool:	- 29,54%
- de 20% a 25% de alcool:	- 16,16%

2) - Sem carga e sem os pontos X = 20 Km/h

Percentuais de decréscimo ( dados originais )

- de 0% a 5% de alcool:	- 14,98%
- de 5% a 10% de alcool:	- 8,24%
- de 10% a 15% de alcool:	- 18,7 %
- de 15% a 20% de alcool:	- 11,04%
- de 20% a 25% de alcool:	- 39,31%

EMISSÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
 PERCENTUAIS DE ALCÓOL NA GASOLINA



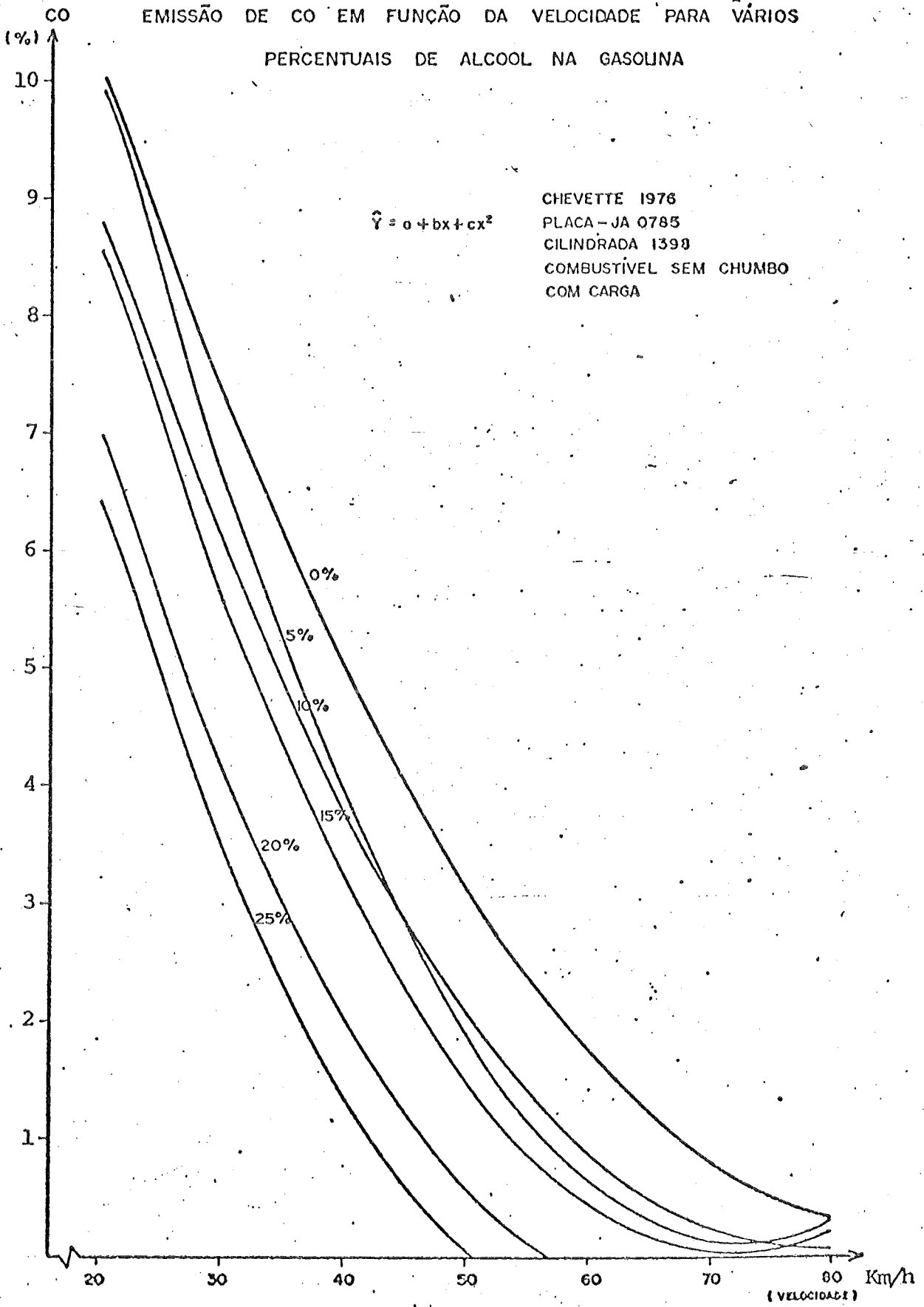


Gráfico 3

ASSISTÊNCIA - DAID - 07/79

Emissão de CO em função da velocidade para vários percentuais de álcool na gasolina.

Marca: Chevrolet  
 Modelo: Opala  
 Ano: 1976  
 Chapa: FJ 1785  
 Cilindrada: 2474  
 Carburador: DFV  
 Característica do combustível: sem chumbo

1) - Com carga

A equação parabólica apresentou bom ajuste para todas as percentagens de álcool na gasolina, excetuando-se o percentual 20, que indicou emissão estimada negativa em torno da velocidade 60 Km/h.

TABELA 1 - Equações de ajuste e respectivos coeficientes de determinação

PERCENTUAL DE ALCOOL	REGRESSÃO PARABÓLICA	R <sup>2</sup>
0%	$\hat{Y} = 6,56 - 0,1483 X + 0,0008 X^2$	96,60%
5%	$\hat{Y} = 5,1207 - 0,1208 X + 0,0007 X^2$	95,75%
10%	$\hat{Y} = 4,0786 - 0,1130 X + 0,0008 X^2$	96,20%
15%	$\hat{Y} = 4,0271 - 0,1239 X + 0,0010 X^2$	98,35%
25%	$\hat{Y} = 2,3736 - 0,0776 X + 0,0006 X^2$	94,59%

X = Velocidade

$\hat{Y}$  = Emissão estimada

Pelo gráfico de equações ajustadas, verifica-se que a emissão de CO diminui à medida que se aumenta a velocidade ou a percentagem de álcool, sendo que há restrições nas percentagens 10,15, e 25%, onde a emissão de CO passa a aumentar, a partir da velocidade 70 Km/h.

Os percentuais de decréscimo na emissão em função dos percentuais de álcool são os seguintes:

- de 0% a 5% de álcool: - 22,5%
- de 5% a 10% de álcool: - 38,7%
- de 10% a 15% de álcool: - 18,4%
- de 15% a 20% de álcool: - 17,7%
- de 20% a 25% de álcool: - 31,4%

2) - Sem carga

Os coeficientes de determinação obtidos pelo ajuste parabólico foram altos, em todas as percentagens de álcool utilizadas na experiência, exceto no percentual 0% cuja regressão parabólica não foi aceita pelo teste de significância, provavelmente devido ao ponto que corresponde a velocidade 60 Km/h.

TABELA 2 - Equações de ajuste e respectivos coeficientes de determinação

PERCENTUAL DE ALCOOL	REGRESSÃO PARABÓLICA	R <sup>2</sup>
5%	$\hat{Y} = 3,7364 - 0,0406 X + 0,000008X^2$	91,74%
10%	$\hat{Y} = 3,4371 - 0,0233 X - 0,00023 X^2$	93,57%
15%	$\hat{Y} = 3,2907 - 0,0465 X + 0,0001 X^2$	97,55%
20%	$\hat{Y} = 3,4743 - 0,0641 X + 0,00027 X^2$	98,55%
25%	$\hat{Y} = 3,3471 - 0,0871 X + 0,0006 X^2$	90,42%

X : Velocidade

$\hat{Y}$  : Emissão estimada

Os percentuais de decrêscimo na emissão em função dos percentuais de álcool são os seguintes:

- de 5% a 10%: - 7,5%
- de 10% a 15%: - 21,2%
- de 15% a 20%: - 16,7%
- de 20% a 25%: - 30,5%

O que se observa para este modelo de carro sem carga é que a emissão de CO apresenta uma tendência a ser linear em relação à velocidade para os percentuais 5, 10, 15 e 20% de álcool.

TABELA 3 - Equações de ajuste linear e respectivos  $R^2$ .

PERCENTUAL DE ALCOOL	REGRESSÃO LINEAR	$R^2$
5%	$\hat{Y} = 3,7189 - 0,03975 X$	91,74%
10%	$\hat{Y} = 3,9221 - 0,04636 X$	92,88%
15%	$\hat{Y} = 3,0757 - 0,03629 X$	97,32%
20%	$\hat{Y} = 2,9118 - 0,03732 X$	97,05%

Obteve-se também como conclusão, que para o mesmo percentual de álcool, a emissão de CO é menor em qualquer velocidade, para o veículo com carga.

EMIÇÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
 PERCENTUAIS DE ALCOOL NA GASOLINA

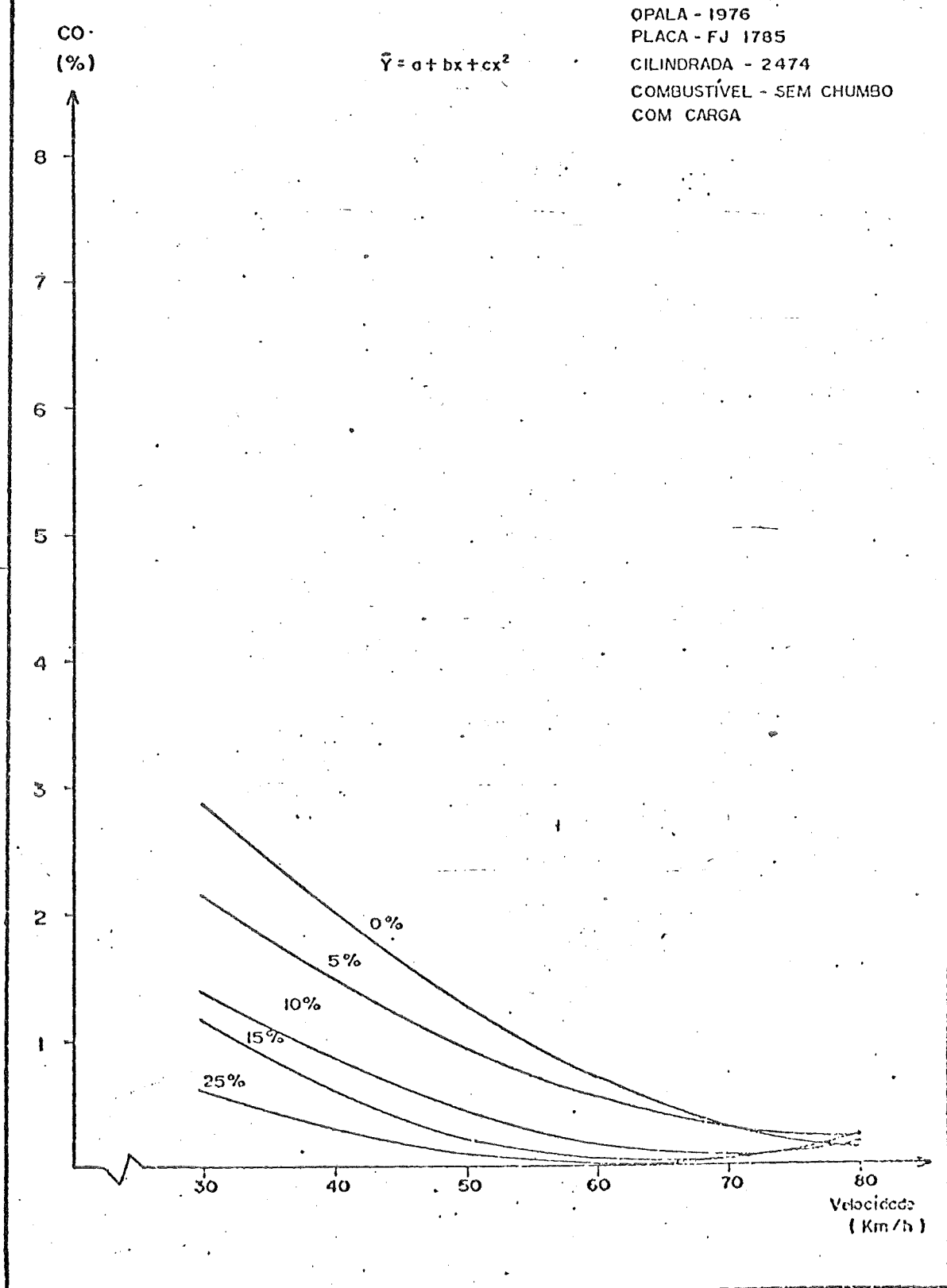


Gráfico 7.

EMIÇÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
 PERCENTUAIS DE ALCOOL NA GASOLINA

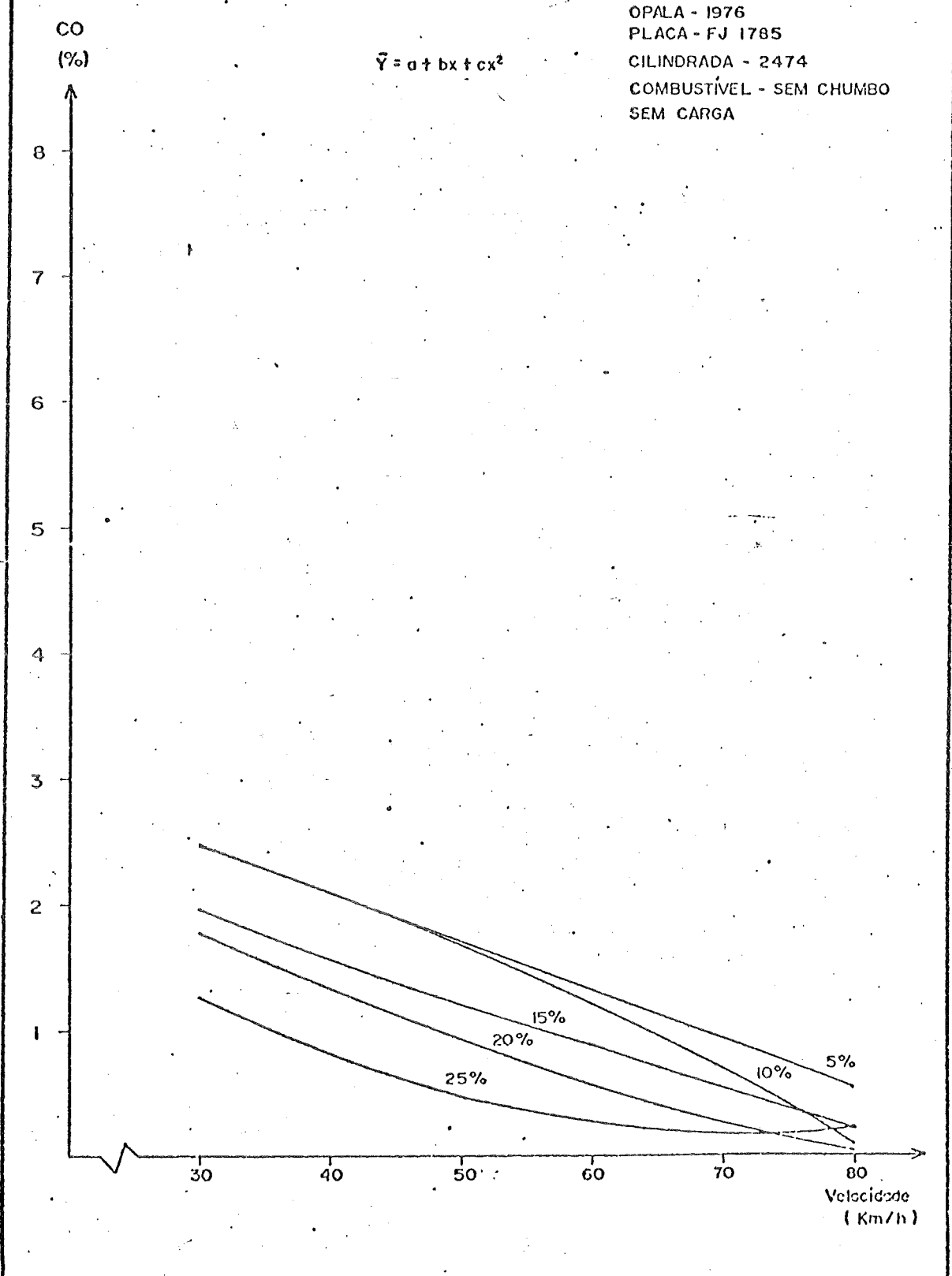


Gráfico 8

Emissão de CO em função da velocidade para vários percentuais de álcool na gasolina.

Marca: Chevrolet  
 Modelo: C - 14  
 Ano: 1976  
 Chapa: LB 6216  
 Cilindrada: 4278  
 Carburador: DFV  
 Característica do combustível: sem chumbo

1) - Com carga

Pela regressão parabólica, obteve-se o coeficiente de determinação para os diversos percentuais de álcool inferior a 90%, exceto para o percentual 20. Fez-se então análise de variância para cada percentagem, com a finalidade de se testar a hipótese dos coeficientes das equações estimadas  $\beta_i = 0$ . A conclusão foi rejeitar a hipótese somente para as percentagens 0, 20 e 25%, isto quer dizer que somente para estas 3 percentagens de álcool, a regressão parabólica é significativa.

TABELA 1 - Equações de ajuste e respectivos coeficientes de determinação.

PERCENTUAL DE ALCOOL	REGRESSÃO PARABÓLICA	R <sup>2</sup>
0%	$\hat{Y} = 3,9843 - 0,06312 X + 0,00042X^2$	84,49%
20%	$\hat{Y} = 2,5293 - 0,05136 X + 0,00033X^2$	91,86%
25%	$\hat{Y} = 2,2543 - 0,0501 X + 0,00036X^2$	78,41%

X = Velocidade

$\hat{Y}$  = Emissão estimada

Observando-se os dados originais, nota-se que a emissão de CO para o percentual 10% é menor em relação às outras emissões de percentuais diferentes, tanto para as condições do veículo com carga como sem carga. Para a condição sem carga o percentual 15 quase coincide com o percentual 10 ambos apresentando comportamento irregular.

Os percentuais de decréscimo na emissão observados para a condição com carga do veículo, foram as seguintes:

- de 0% a 5% de álcool:	- 17,5%
- de 15% a 20% de álcool:	- 38,1%
- de 20% a 25% de álcool:	- 12,1%

## 2) - Sem carga

Para as percentagens, 0, 20 e 25% de álcool na gasolina, o ponto  $X = 30$  Km/h apresentou um decréscimo acentuado, levando-nos a suspeitar que este ponto esteja afetado por algum fator externo, passível de explicação. Portanto para essas percentagens, não se adaptou bem, nenhuma equação.

Para 5% e 10% o ajuste parabólico foi altamente significativo e para 15%, o ajuste parabólico não é considerado bom, apesar de  $r^2 = 85\%$ , porque apresenta valores negativos de emissão entre os pontos  $X = 50$  Km/h e  $X = 70$  Km/h.

TABELA 2 - Equações de ajuste e respectivos coeficientes de determinação.

PERCENTUAL DE ALCÓOL	REGRESSÃO PARABÓLICA	$R^2$
5%	$\hat{Y} = 6,5979 - 0,1467 X + 0,00099 X^2$	97,9%
10%	$\hat{Y} = 2,1971 - 0,0720 X + 0,00062 X^2$	95,2%

$X$  = Velocidade

$\hat{Y}$  = Emissão estimada

EMIÇÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
· PERCENTUAIS DE ALCOOL NA GASOLINA

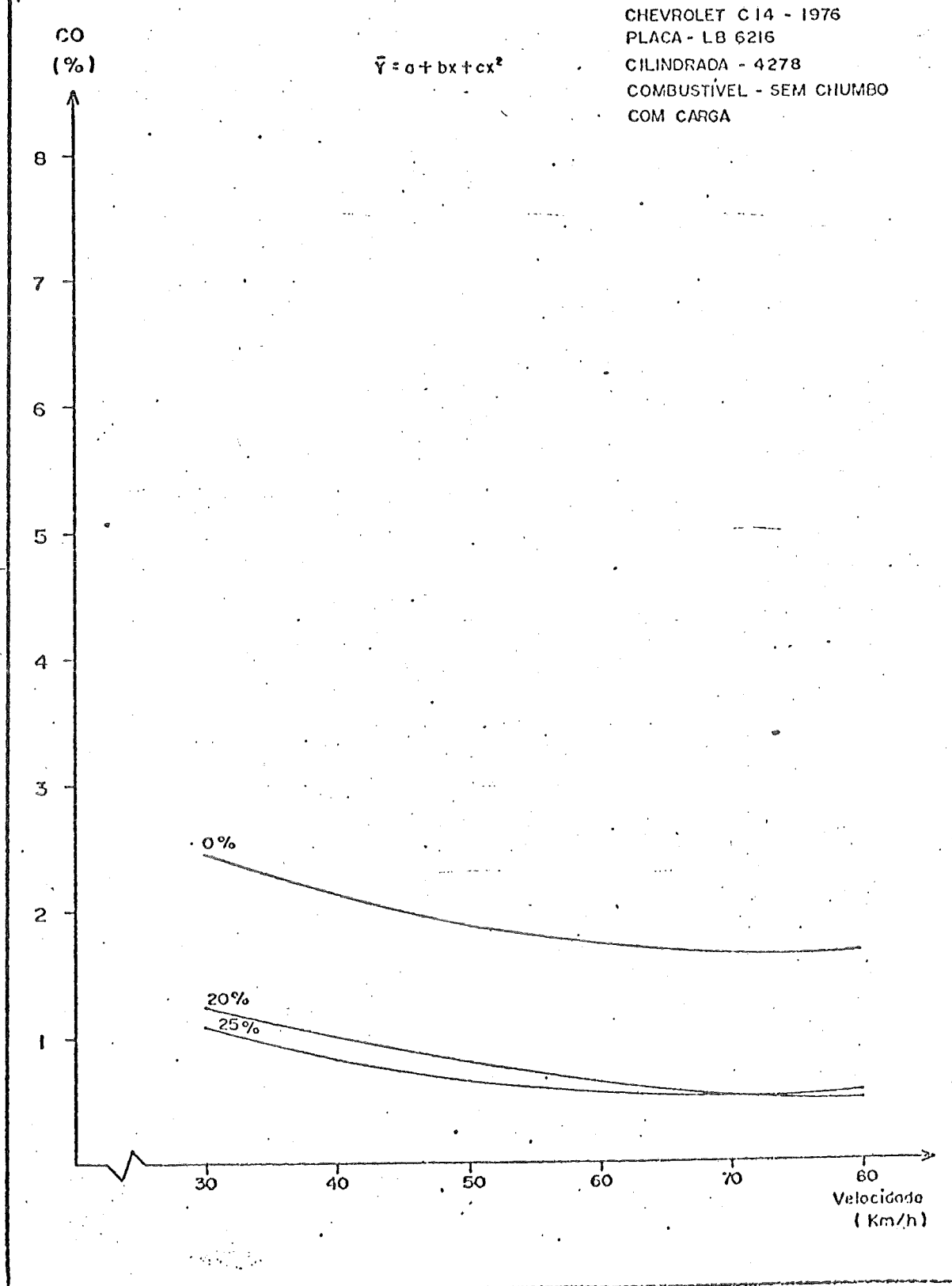


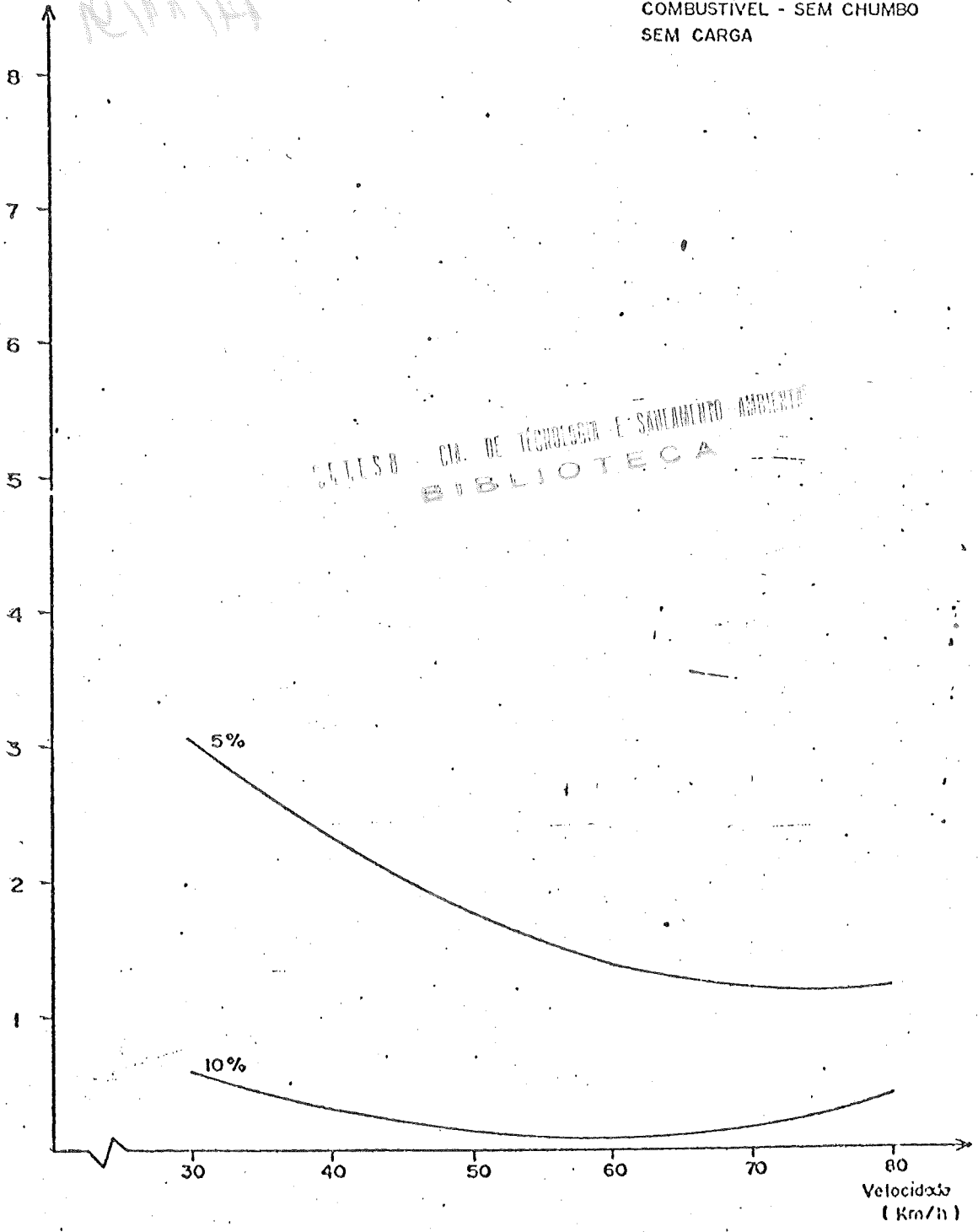
Gráfico 11

EMIÇÃO DE CO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE PARA VÁRIOS  
PERCENTUAIS DE ALCÓOL NA GASOLINA

CO  
(%)

$$\bar{Y} = a + bx + cx^2$$

CHEVROLET C14 - 1976  
PLACA - LB 6216  
CILINDRADA - 4278  
COMBUSTÍVEL - SEM CHUMBO  
SEM CARGA



CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA

Gráfico 12

BIBLIOTECA

DEVOLVER EM	DEVOLVER EM

Data - gis.:	14 / 11 / 91
Titulo:	
Numero:	
Preço:	0\$
Data Entrega:	14 / 11 / 91