

P.j. 20.55 — ELABORAÇÃO DO MÉTODO DE MEDIÇÃO DE EMISSÕES
PELO AMOSTRADOR DE VOLUME CONSTANTE PARA
VEÍCULOS A GASOLINA

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

ADAPTAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE CÁLCULO DE EMISSÕES
PARA COMBUSTÍVEL A BASE DE ALCÓOL

ARQUIVO TECNICO

8300
Sa59a(RCET)
008672



12984



008672

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE ENERGIA
CETESB/SEAR/DEAM

MAIO/80

OVITEL80 .1

06A9	4831H	APV.3000000
A		
.8)	8672	

3. CONSISTENTLY

[illegible]

[Faint handwritten text at the bottom of the page]

[illegible]

Figure 10-16 shows the typical cross-section of a roadbed. The diagram illustrates the various layers and components of a roadbed, including the base layer, subgrade, and pavement. Key features labeled include:

- Base Layer (基层)
- Subgrade (路基)
- Pavement (路面)
- Shoulder (路肩)
- Ditch (排水沟)

The diagram also indicates the relative positions of the roadbed, shoulder, and ditch, showing how they are constructed and integrated into the overall road design.

Notes: μ_0 , σ_0 are initial values; $\alpha = \frac{\partial \ln \mu}{\partial \ln \mu_0}$; $\beta = \frac{\partial \ln \sigma}{\partial \ln \sigma_0}$.

It is important to note that the above results are based on the assumption that the data are stationary. If the data are non-stationary, the results may be biased. Therefore, it is important to test for stationarity before using the above methods.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL

BIBLIOTECA.

1. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo adaptar o processo de cálculo do método de amostragem a volume constante - AVC, concebido para medir emissões veiculares, para as condições brasileiras, ou seja, gasolina nacional, álcool e suas respectivas misturas.

2. CONSIDERAÇÕES

A razão de diluição da amostra de gases em ar é calculada em função da porcentagem estequiométrica de CO_2 . Um dos fatores que implica na variação desse número é a relação C/H (carbono/hidrogênio) do combustível admitida como 1:1,85 na norma americana. Um cálculo mais preciso levando em conta o valor real da gasolina utilizada, e também a influência da adição de álcool, motivaram este estudo.

3. MÉTODO ANALÍTICO

3.1. Proporção molar para uma mistura de dois componentes a x% em volume.

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = x \quad V_1 + V_2 = V \quad \text{ou} \quad \begin{cases} \frac{V_1}{V} = x \Rightarrow V_1 = xV \\ \frac{V_2}{V} = (1-x) \Rightarrow V_2 = (1-x)V \end{cases}$$

$$m_i = V_i d_i \quad \text{e} \quad n_i = \frac{V_i d_i}{M_i}$$

$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{V_1 d_1}{M_1}}{\frac{V_2 d_2}{M_2}} \Rightarrow n_2 = n_1 \frac{V_2 d_2}{M_2} \frac{M_1}{V_1 d_1}$$

$$\text{ou} \quad n_2 = n_1 \frac{(1-x)}{x} \cdot \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{M_1}{M_2}$$

onde: d_i = densidade do componente

V_1 = volume do componente 1

V_2 = volume do componente 2

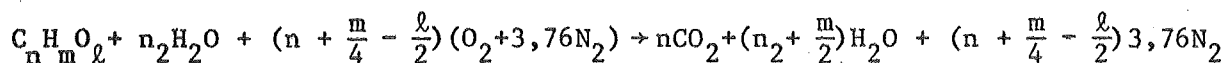
V = volume total

n_i = número de moles do componente

m_i = massa do componente

M_i = massa molecular do componente

3.2. Álcoois hidratados a x% de água em volume:



Considerando a água na forma de vapor, condição imposta pelo método AVC, temos:

$$\% CO_2 = \frac{n}{n + \frac{m}{2} + \frac{1-x}{x} \cdot \frac{d_{H_2O}}{d_{C_n H_m O_\ell}} \cdot \frac{M_{C_n H_m O_\ell}}{M_{H_2O}} + (n + \frac{m}{4} - \frac{\ell}{2}) 3,76} \times 100$$

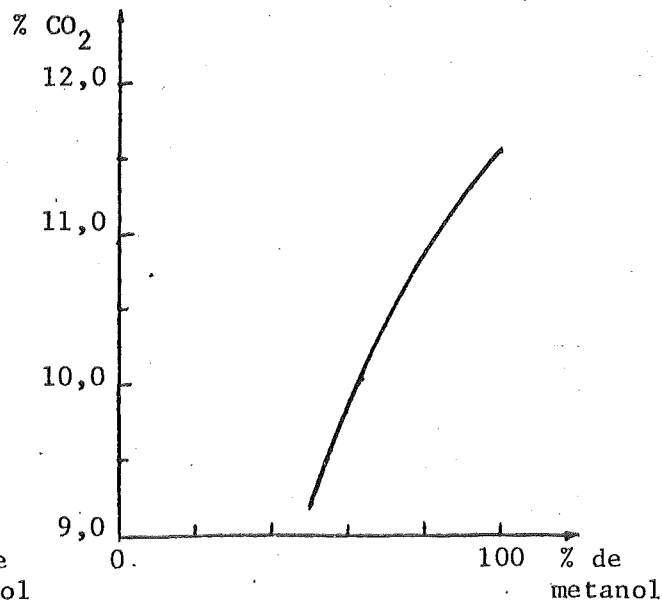
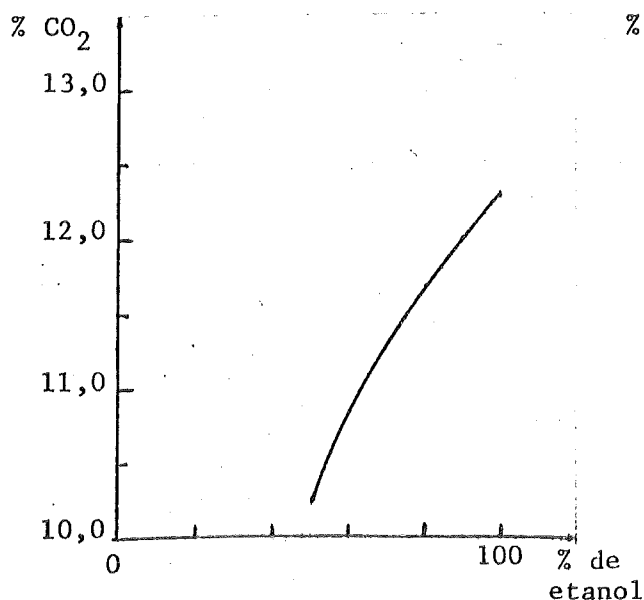
$$\% CO_2 = \frac{n}{4,76n + \frac{m}{4}(2 + 3,76) - \frac{\ell}{2} \cdot 3,76 + \frac{1-x}{x} \cdot \frac{12n + m + 16\ell}{18} \cdot \frac{d_{H_2O}}{d_{C_n H_m O_\ell}}} \times 100$$

$$\% CO_2 = \frac{n \cdot x}{x(4,76n + 1,44m - 1,88\ell) + \{(1-x) \frac{d_{H_2O}}{d_{C_n H_m O_\ell}} \cdot \frac{12n + m + 16\ell}{18}\}} \times 100$$

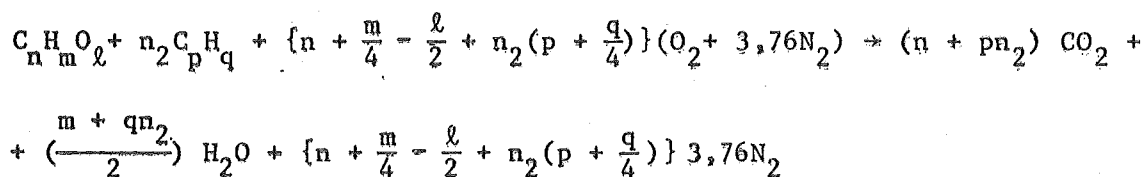
3.2.a. Álcool puro: $x = 1$

$$\% CO_2 = \frac{n}{4,76n + 1,44m - 1,88\ell} \times 100$$

3.2.b. Gráfico dos valores obtidos para % CO_2 versus % de álcool



3.3. Álcoois e hidrocarbonetos a x% de álcool anidro em volume:



$$\% CO_2 = \frac{n + p \left(\frac{1-x}{x} \right) \frac{d_{C_p H_q}}{d_{C_n H_m O_\ell}} \cdot \frac{12n + m + 16\ell}{12p + q}}{n + p n_2 + \frac{m + q n_2}{2} + \left(n + \frac{m}{4} - \frac{\ell}{2} \right) 3,76 + n_2 \left(p + \frac{q}{4} \right) 3,76} \times 100$$

$$\% CO_2 = \frac{x n + p(1-x) \frac{d_{C_p H_q}}{d_{C_n H_m O_\ell}} \cdot \frac{12n + m + 16\ell}{12p + q}}{x(4,76n + 1,44m - 1,88\ell) + \left\{ (1-x) \frac{d_{C_p H_q}}{d_{C_n H_m O_\ell}} \cdot \frac{12n + m + 16\ell}{12p + q} \right\} (4,76p + 1,44q)} \times 100$$

3.3.a. Caso particular de hidrocarboneto puro; x = 0

$$\% CO_2 = \frac{p}{4,76p + 1,44q} \times 100$$

3.3.b. Caso particular de álcool puro; x = 1

$$\% CO_2 = \frac{n}{4,76n + 1,44m - 1,88\ell} \times 100$$

Nota.: A quantidade de água existente no álcool adicionado à gasolina é muito pequena para evitar a separação de fases. Além disso a influência da água na % CO₂ para álcool puro é também pequena. Considerando-se que apenas 20% de álcool é adicionado à gasolina podemos desprezar o efeito da presença de água nessa mistura, o que pode ser observado no exemplo abaixo, para uma mistura de gasolina (C/H = 1:1,90) e etanol hidratado a 2%.

Exemplo: Seja uma mistura de 80 ml de gasolina e 20 ml de álcool (x = 0,20) onde os 20 ml de álcool são dados por 19,6 ml de etanol e 0,4 de água (x' = 0,02). Desprezando-se as variações de volume dos componentes misturados temos:

$$\text{Componente 1: } \text{H}_2\text{O} \quad \begin{cases} M_1 = 18 \\ d_1 = 1 \\ V_1 = 0,4 \end{cases}$$

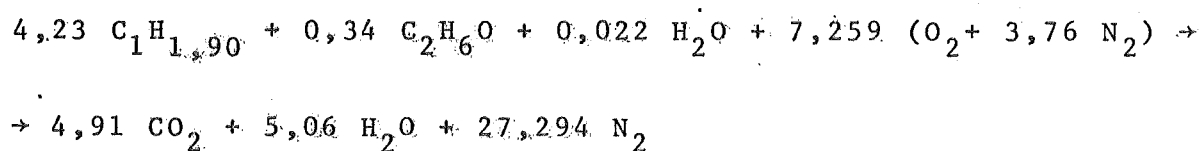
$$\text{Componente 2: } \text{C}_2\text{H}_6\text{O} \quad \begin{cases} M_2 = 46 \\ d_2 = 0,7915 \\ V_2 = 19,6 \end{cases}$$

$$\text{Componente 3: } \text{C}_1\text{H}_{1,9}\text{O} \quad \begin{cases} M_3 = 13,9 \\ d_3 = 0,7350 \\ V_3 = 80 \end{cases}$$

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{V_1 d_1}{M_1} = \frac{0,4 \times 1}{18} = 0,022$$

$$n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{V_2 d_2}{M_2} = \frac{19,6 \times 0,7915}{46} = 0,340$$

$$n_3 = \frac{m_3}{M_3} = \frac{V_3 d_3}{M_3} = \frac{80 \times 0,7350}{13,9} = 4,230$$



$$\% \text{ CO}_2 = \frac{4,91}{4,91 + 5,06 + 27,294} \times 100$$

$$\% \text{ CO}_2 = 13,176$$

Como para uma mistura de 80% de gasolina (C/H = 1:1,9) e etanol anidro obtem-se uma porcentagem de CO_2 de 13,182, percebe-se que a influência da água é desprezível nestas misturas.

4. DETERMINAÇÃO DE UM MÉTODO GRÁFICO

Para a construção do ábaco procedeu-se da seguinte forma:

1. Traçou-se a escala "A" linear. Com a escolha de um polo "O" arbitrário foi determinada a escala "B" através de cálculos.

efetuados para diversos hidrocarbonetos de relações C/H da das (Tabela 1).

2. Em seguida foi traçada a escala "C" para misturas de gasolina (C/H = 1:1,90) e etanol em proporções dadas. Tendo em vista que um hidrocarboneto de relação C/H = 1:2,3472 ao ser misturado com etanol em qualquer proporção produzirá sempre a mesma porcentagem de CO₂ deste, pode-se concluir que a escala "C" é uma reta orientada, para o ponto "12,2850" da escala "A" correspondente à porcentagem de CO₂ dada pelo etanol puro. Após a determinação desta reta procedeu-se a subdivisão da escala "C" de acordo com a tabela 2.
3. Após esta fase procedeu-se a uma verificação da validade das escalas traçadas, para outras relações C/H, onde o erro máximo encontrado foi $\pm 0,005$ na porcentagem de CO₂.
4. Determinação análoga foi efetuada para outra escala "C" referente ao metanol.
5. O abaco está apresentado no anexo.

Elaborado por:



ESTAG. MAIRA D.A.R. DOS SANTOS

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA



ENGº GABRIEL MURGEL BRANCO

Chefe da Divisão de Alternativas
de Energia

TABELA 1 - Cálculos efetuados para diversos hidrocarbonetos puros

Relação C/H	% CO ₂
1,85	13,470
1,86	13,444
1,87	13,418
1,88	13,392
1,89	13,366
1,90	13,340
1,91	13,315
1,92	13,289
1,93	13,264
1,94	13,239
1,95	13,214
1,96	13,188
1,97	13,163
1,98	13,139
1,99	13,114
2,00	13,089
2,01	13,064
2,02	13,040
2,03	13,015
2,04	12,991
2,05	12,967
2,06	12,943
2,07	12,919
2,08	12,895
2,09	12,871
2,10	12,847
2,11	12,823
2,12	12,800
2,13	12,776
2,14	12,752
2,15	12,729
2,16	12,706
2,17	12,683
2,18	12,660
2,19	12,636
2,20	12,614
2,21	12,591
2,22	12,568
2,23	12,545
2,24	12,523
2,25	12,500
2,26	12,478
2,27	12,455
2,28	12,433
2,29	12,411
2,30	12,389
2,31	12,366
2,32	12,344
2,33	12,323
2,34	12,301
2,35	12,279
2,36	12,257
2,37	12,236
2,38	12,214
2,39	12,193

TABELA 2 - Cálculo efetuado para diversas porcentagens de etanol e hidrocarbonetos de relação C/H = 1/1,90

% de Etanol	% CO ₂
0,0	13,340
1,0	13,333
2,0	13,325
3,0	13,318
4,0	13,310
5,0	13,303
6,0	13,295
7,0	13,287
8,0	13,279
9,0	13,271
10,0	13,264
11,0	13,256
12,0	13,248
13,0	13,240
14,0	13,232
15,0	13,223
16,0	13,215
17,0	13,207
18,0	13,199
19,0	13,190
20,0	13,182
21,0	13,174
22,0	13,165
23,0	13,156
24,0	13,148
25,0	13,139
26,0	13,131
27,0	13,122
28,0	13,113
29,0	13,104
30,0	13,095

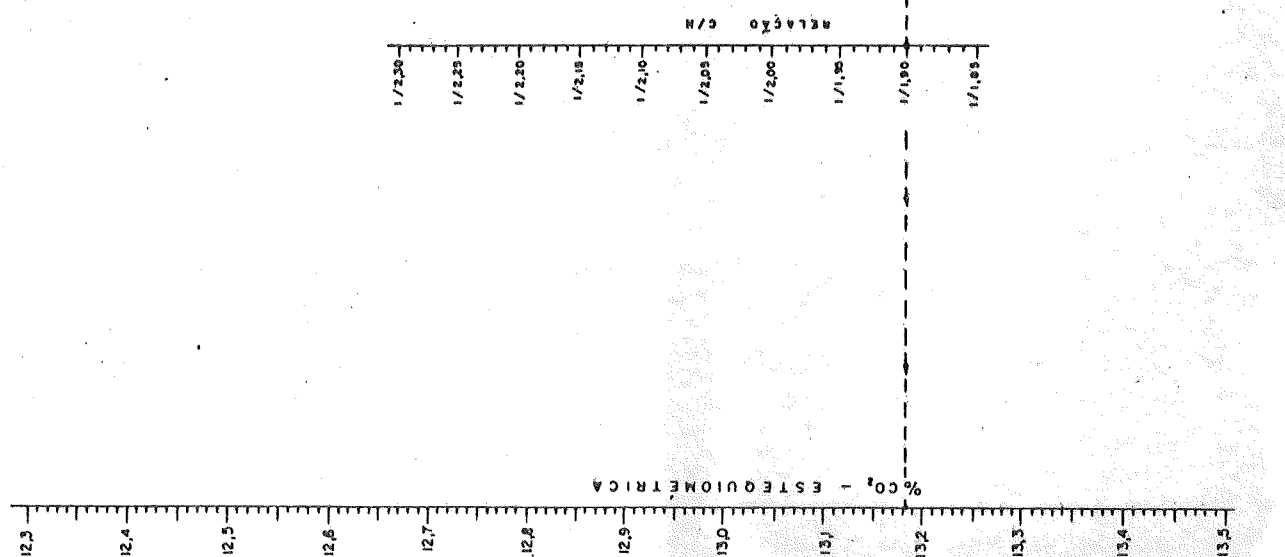
PORCENTAGEM DE CO₂ NOS GASES DE COMBUSTÃO - CONDIÇÕES ESTEQUIOMÉTRICAS

FORMA DE USO:

Tracar uma reta unindo o ponto da escala de $\frac{C}{H}$ de álcool ao ponto da escala da relação carbono/hidrogênio do hidrocarboneto. O prolongamento desta reta de terminará, na 3a. escala, a porcentagem de CO₂ em condições estequiométricas de combustão, para a mistura dos dois combustíveis.

EXEMPLO:

Para a gasolina média brasileira ($C/H = 1/1,90$) misturada com 20% de etanol, a porcentagem de CO₂ nos gases de combustão em condições estequiométricas será de 13,18.



PREMISSAS FUNDAMENTAIS:

- água no estado de vapor
- a relação C/H é dos hidrocarbonetos sem álcool
- a porcentagem de álcool é dada em volume
- o teor máximo de impurezas no álcool é 2%

B I B L I O T E C A	
DEVOLVER EM	DEVOLVER EM

Data aquis.:	28/8/91
Indic:	
Livro:	
Preço:	55
Data Tomba:	28/8/91

**CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA
DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA**

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este documento.