Diagnóstico do Estado de Transformadores Através da Análise Cromatográfica dos Gases Dissolvidos no Óleo. Cálculo Estatístico dos "Valores Normais"

M. Augusta G. Martins
M. Mónica S. Fialho
LABELEC* - Grupo EDP

Abstract

Transformers are an important element in power supply system. Therefore, it is becoming more and more importante to be able to detect the presence of faults at an early stage of development and take preventive action before failures occur, in order to reduce to the minimum the interruption of service for repair and also the high costs associated with such repairs.

Since the reliable operation of transformers has become an increasingly important factor, dissolved gas analysis (DGA) by Gaseous Chromatography started to be used intensively as the best preventive maintenance method for transformers.

Thus, it is of great importance, as an initial guideline for decision making, to know what the "Normal Values" of dissolved gas concentration are, in the oil.

A new method for the calculation of the "Normal Values" is presented here. An example of the application of this method for the calculation of "Normal Values" for a population of measuring transformers, namely 400 kV current transformers of the Portuguese grid, is also given here.

The same method was applied as well, to calculate the "Normal Value" for the power transformers of the EDP Group Companies (transformers with on load tap-changer and without on-load tap changer) and the results of this study are also presented here.

Resumo

Os transformadores são um elemento vital do sistema energético, dependendo em larga medida o grau de fiabilidade de funcionamento dos transformadores.

As exigências cada vez maiores de qualidade de serviço do sistema integrado, tornam cada vez mais importante, a nível dos transformadores, a detenção atempada de qualquer defeito incipiente, de modo a possibilitar a tomada de medidas preventivas adequadas, que reduzam ao mínimo as interrupções de serviço não programadas e os prejuízos materiais, frequentemente avultados. Tal é possível através da análise cromatográfica dos gases no óleo.

Uma vez que o fenómeno de envelhecimento normal dos transformadores também produz gases, a distinção entre a situação normal e a presença de efeitos, por vezes, não é simples.

Por esta razão, é de grande importância conhecer, para uma população de transformadores, quais os "Valores Normais", os quais representam como que a fronteira entre a situação de "normalidade" e a de "suspeita de efeito".

É apresentado aqui um novo método para o cálculo dos "Valores Normais" para as concentrações de gases de dissolvidos nos óleos de transformadores.

O fundamento deste novo método e a sua aplicação ao cálculo dos "Valores Normais" para tranformadores de medição de corrente de 400 kV é sucintamente descrito neste artigo, apresentando-se adicionalmente os "Valores Normais" calculados por este método para os transformadores de potência sem ruptor e para os transformadores de potência com ruptor, todos eles pertencentes actualmente às Empresas do Grupo EDP.

1. Introdução

A análise dos gases dissolvidos no óleo revelou-se, a nível internacional e desde há mais de 3 décadas, com o método privilegiado para realizar a vigilância preventiva do estado de transformadores ao longo do tempo, visto que a sua aplicação não interfere com o funcionamento normal de tais equipamentos, os quais podem permanecer em serviço sem qualquer perturbação, enquanto se realiza a recolha das amostras de óleo para análise.

À semelhança do que se passa em muitos outros países, esta análise, implementada em Portugal, há cerca de 16 anos, pelo nosso laboratório [1, 2], integrado ao tempo, no então denominado Laboratório Central da EDP, tem sido usada desde essa data, como método privilegiado para efectuar a vigilância preventiva sistemática dos transformadores, ao longo do seu tempo de vida, com resultados excelentes.

(*) LABELEC, Rua Cidade de Goa, 4, P2685 Sacavém, Portugal.

Pelo facto de, mesmo em situação de funcionamento normal (ausência de defeito), haver produção de gases (hidrogénio, hidrocarbonetos e óxidos de carbono) nos transformadores, o aparecimento de gases dissolvidos no óleo, por si, não pode ser interpretado como um sintoma de defeito interno no transformador.

Por esta razão, a interpretação dos resultados da análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo, em termos de caracterização do transformador, não pode ser baseada na simples presença de gases no interior deste equipamento [3], pelo que, desde há vários anos, têm vindo a ser desenvolvidos, a nível internacional, vários critérios de interpretação baseados essencialmente no seguinte:

1.º **Presença em solução no óleo, de determinados gases**, designadamente hidrogénio, hidrocarbonetos e óxidos de carbono (monóxido e dióxido) em concentrações superior aos "Valores Normais"(1) – donde a grande importância do cálculo destes valores.

2.º Caso um ou mais dos referidos gases surjam em concentrações superiores ao respectivo "Valor Normal"[4] são calculadas as **razões entre as concentrações de determinados gases**, as quais variam com os critérios de interpretação escolhidos.
Da combinação entre as várias razões, poder-se-á concluir acerca da natureza do defeito. Dos métodos de interpretação dos resultados existentes, podemos destacar como os mais importantes o método de Shliesing, o de Rogers,o da LCIE, o da Laborelec, o de Dornenbürg, o do IEEE, o de RWE, o de Spicar, o de Soldner e o da CEI (correspondente à Norma CEI 599 [5]). Este último método, apesar de ser baseado numa vastíssima expriência internacional, que pretendeu ser a envolvente dos vários critérios, interpretativos, verificou-se que não consegue diagnosticar uma percentagem ainda significativa de casos reais, pelo que esta norma se encontra actualmente em fase de profunda revisão(2).
Finalmente, podemos ainda referir os métodos de interpretação gráficos, como os do triângulo de Duval, o método do IREQ (gráfico tridimensional) e o método DKK de origem japonesa. A descrição pormenorizada de cada um destes métodos sai do âmbito do presente trabalho.

3º Adicionalmente, as **velocidades de incremento da concentração de cada gás**, são usadas sempre como critério complementar dos restantes – definindo-se, através deste critério, a intensidade (em termos de gravidade) do defeito, razão pela qual este critério é muito importante para definir a data da próxima análise e/ou em casos de extrema gravidade, a eventual retirada de serviço do transformador.

Os "Valores Normais" dependem de vários factores, dos quais podemos salientar: o tipo de população envolvida e respectivas características construtivas (incluindo tipo de conservador, ausência ou presença de regulador em carga e neste último caso, do grau de estanquidade deste).

Estes "Valores Normais", para cada gás, têm vindo a ser calculados, nos vários países em que este método de vigilância de transformadores é utilizado, como os valores de concentração no óleo que são ultrapassados apenas por um pequeno número de transformadores, por exemplo 10% do número total de transformadores da população estudada (nível de 90%) do número total de transformadores (nível de 95%) [6].

Este método de cálculo simples, que dá resultados aceitáveis, quando aplicado a grandes populações, não é adequado para o cálculo dos referidos "Valores Normais", a partir de pequenas populações (com um número de elementos que não exceda pelo menos as duas centenas).

Por esse facto, tentámos desenvolver um novo método de cálculo destes valores, aplicável seja qual for a dimensão da população estudada e que apresenta, em relação ao anterior, a vantagem dos valores calculados por este método não serem alterados à medida que o número de elementos da população cresce, uma vez que, com este método, é possível realizar a extrapolação duma população finita, para uma população infinita. Uma descrição sucinta deste método é apresentada no ponto seguinte.

2. Método de Cálculo dos "VALORES NORMAIS"

2.1-Princípio do Método

Este método baseia-se no seguinte:

1.º Dividir a população de concentrações para cada gás, para o grupo de transformadores em estudo, em diversas classes, todas com a mesma amplitude. De cada um dos transformadores da população de transformadores estudada, é usada uma só análise – neste caso foi considerada a última análise realizada em cada transformador.

2.º Determinar para cada gás o numéro de transformadores que possui a concentração desse gás, situada em cada uma das classes previamente definidas.

(1) "Valor Normal" para um dado gás, é o valor da concentração desse gás no óleo até à qual a experiência mostra que é muito baixa a ocorrência de defeitos internos no transformador.

(2) Pela importância de que se reveste este assunto, a nível internacional, foi especialmente criado a nível de TC 10 da CEI, um Working Group (WG13) encarregado dos estudos necessários à revisão desta Norma. O WG13 que ainda se encontra em funcionamento, tem mantido estreita colaboração com a Task Force 15-01-01, criada a nível de CIGRÉ, também com este fim.

3.º Representar o histograma das frequências para cada um dos gases (número de transformadores vs. classe de concentrações).

4.º Calcular a função de distribuição estatística que melhor se ajusta à curva exprimental definida pelo histograma.

5.º A partir dessa função estatística, definida para cada gás, calcular para cada um, o valor da concentração, cuja probabilidade de não ser excedido pela população de transformadores, é uma certa percentagem (normalmente 90 % ou 95%, que são os valores mais comuns). A utilização dum ou doutro, depende da população em questão, idade média, a nível de degradação e frequência esperada de defeitos.

2.2-Selecção da Função de Distribuição Estatística (aplicação aos transformadores de medição de corrente de 400 kV)

No caso da população de transformadores de medição de corrente de 400 kV, usada para exemplificar a aplicação deste método, população essa constituída por 185 unidades, verificou-se que qualquer das populações de gases estudados se adequavam razoavelmente a uma das seguintes distribuições: designadamente **distribuição Normal, Log-Normal** e **Weibull**, tendo ocorrido situação idêntica no estudo efectuado sobre os transformadores de potência.

2.2.1-Distribuição Normal

Depois de, para cada gás, se fazer a divisão da população dos transformadores, por diversas classes de concentrações de gases dissolvidos no óleo, e determinar o número de transformadores em cada classe, foi traçado o histograma respectivo (representando em ordenadas o número de transformadores cujas concentrações se situam em cada uma das classes de concentrações previamente definidas, em função das concentrações representadas em abcissas). Calculou-se então a média (μ) e o desvio padrão (σ) assim como os coeficientes de Skewness e de Curtose da distribuição.

Para uma curva de distribuição Normal [5], perfeitamente simétrica, estes coeficientes, cujas fórmulas de cálculo se apresentam a seguir, têm respectivamente os valores 0 e 3.

$$\text{Coeficiente de Skewness} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i (x_i - \mu)^3}{n\sigma^3} \qquad (1)$$

$$\text{Coeficiente de Curtosis} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i (x_i - \mu)^4}{n\sigma^4} \qquad (2)$$

onde

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i x_i}{n} \qquad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} f_i (x_i - \mu)^2}{n}} \qquad (4)$$

com n - número de transformadores da população.

x_i - valor médio de cada classe de concentações considerada (ppm).

f_i - frequência (número total de tranformadores cujas concentrações dum gás se encontram na classe de que x_i é o valor médio).

Comparando os valores destes dois coeficientes, calculados para cada uma das distribuições em estudo, com os valores apresentados como característicos da **distribuição normal**, chegou-se à conclusão que os histogramas referentes ao **monóxido de carbono, oxigénio e azoto**[3], são razoavelmente descritos por esta função.

Apresenta-se na figura 1, como exemplo, o histograma de frequência obtido para o oxigénio, para a população de 185 transformadores de medição de corrente de 400 kV.

Neste caso da probabilidade da concentrção x ser menor que um dado valor X, essa probalidade é dada pela seguinte expressão

$$P(x < X) = \frac{\int_0^x f(x)\,dx}{\int_0^{+\infty} f(x)\,dx} \qquad (5)$$

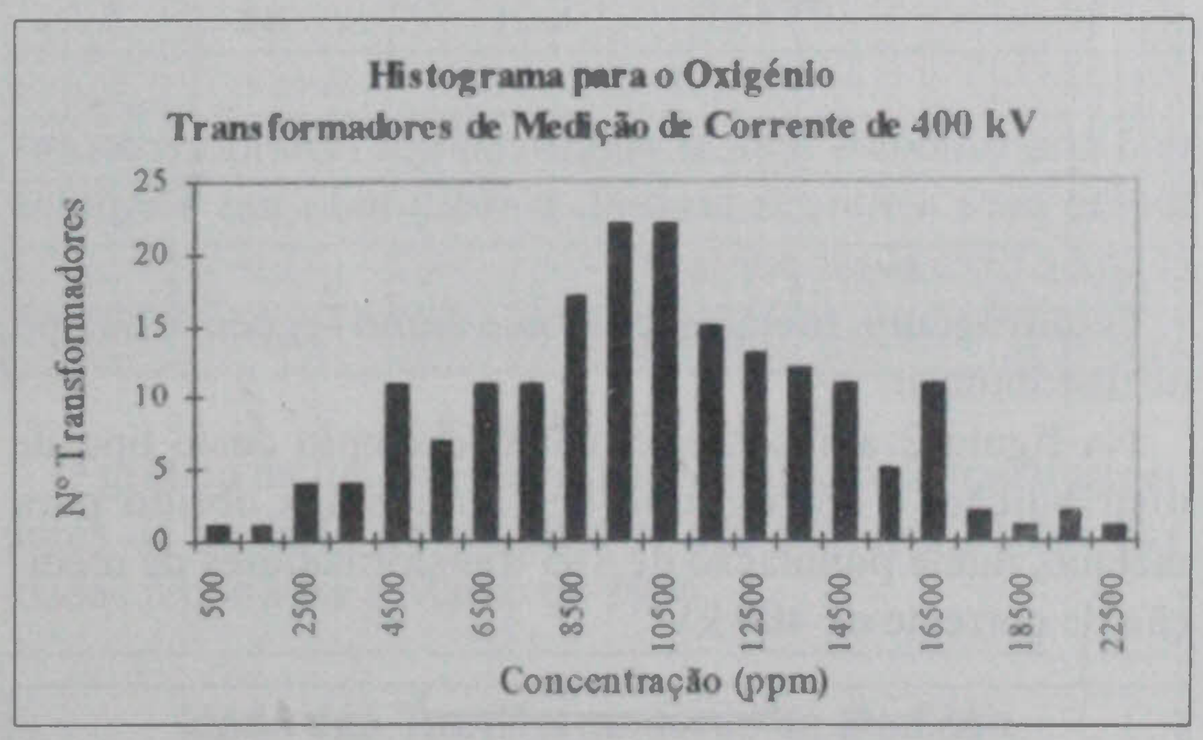


Fig. 1 - Histograma de frequência obtido para o Oxigénio, para a população de 185 transformadores de corrente de 400 kV.

[3] Embora usualmente (no caso de transformadores de potência) não se calculem os "Valores Normais" para o O_2 e o N_2, visto que estes gases não resultam de degradação dos isolantes, mas são os principais componentes do ar atmosférico, no caso dos transformadores de corrente estudados foram também calculados os "Valores Normais" para estes gases, uma vez que se trata de transformadores estanques, nos quais a presença de ar no óleo, acima de determinadas concentrações, pode originar sérios problemas de isolamento, com consequências muito graves.

onde

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (6)$$

com μ - média definida por (3)
σ - desvio padrão definido por (4)
x - concentração de gás (em ppm)
P - probabilidade

Finalmente, uma vez obtida para cada gás a função de distribuição das concentrações, que melhor se adapta ao histograma respectivo, basta calcular os valores das concentrações que tornam $P(x)$ igual a 0,90 (90%) e a 0,95 (95%).

No caso dos valores dos coeficietes calculados serem significativamente diferentes dos valores esperados, considera-se que a função normal não descreve a distribuição em estudo, pelo que foram testadas outras distribuições, nomeadamente a log-Normal e a de Weibull.

2.2.2-Distribuição Log-Normal

Neste caso calcularam-se os logaritmos das concentrações dos gases dissolvidos no óleo e representaram-se os respectivos histogramas de frequências. A seguir procedeu-se de modo ao descrito para a distribuição normal, no que se refere aos cálculos efectuados.

Para a função log-Normal [7] ter-se-á

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\log x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (7)$$

onde os símbolos têm o significado já referido anteriormente para a função normal, substituindo nas fórmulas (1), (2), (3) e (4) x_i por $\log x_i$.

O **hidrogénio, metano, etileno** e **etano** seguem este tipo de distribuição.

Na figura 2 apresenta-se, como exemplo deste tipo de distribuição, o histograma de frequências obtido para metano, numa população de 185 transformadores de medição de corrente de 400 kV.

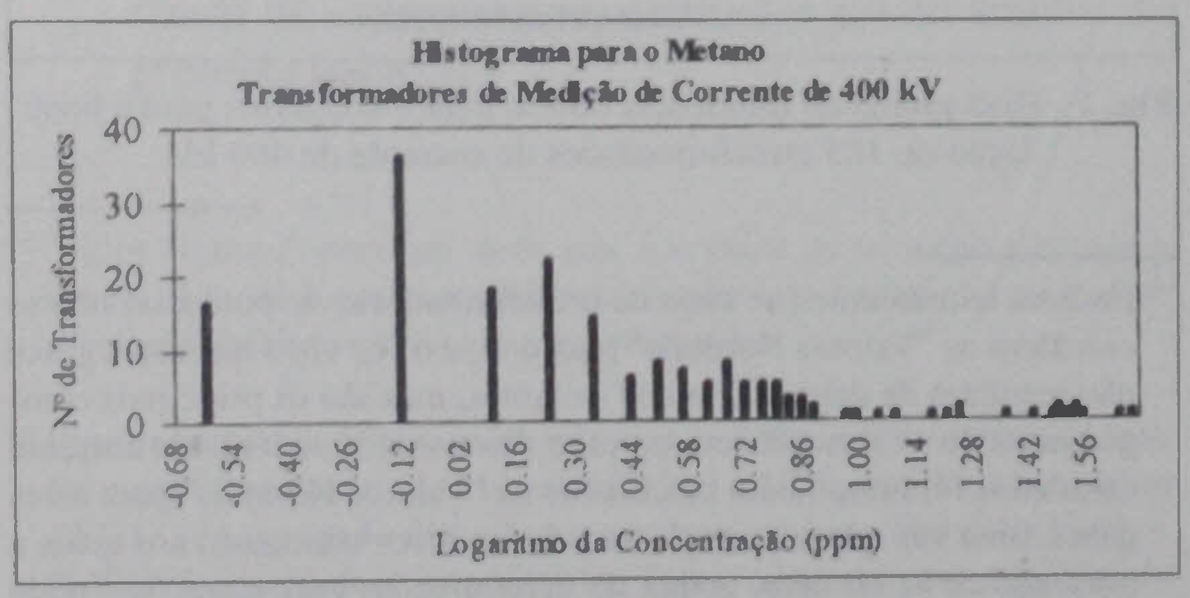


Fig. 2 - Histograma de frequência obtido para o Metano, para a população de 185 transformadores de corrente de 400 kV.

No caso em que nem a distribuição normal, nem a log-normal se adaptavam à nossa distribuição real, caso por exemplo do **acetileno**, testou-se a ***distribuição de Weibull***.

2.2.3-Distribuição de Weibull

Para o acetileno verificou-se então se a função de Weibull [8] se adaptava à distribuição em causa

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{b}\right)^c\right] \quad (8)$$

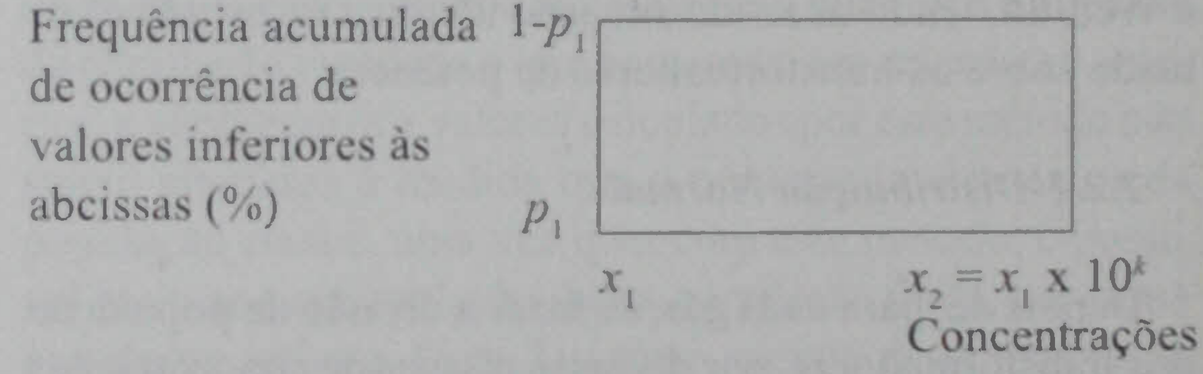
onde b e c são os parâmetros da distribuição de Weibull, dados pelas expressões (9) e (10).

Para tal, calculou-se a frequência acumulada em percentagem, para valores inferiores às abcissas, e após conversão destes valores para uma escala de cm, foi representou-se Y_m em função das concentrações numa escala logarítmica, tendo em conta as seguintes fórmulas de cálculo:

$$p_1 = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x_1}{b}\right)^c\right]$$

e

$$1 - p_1 = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x_2}{b}\right)^c\right]$$



Do sistema de equações anterior poder-se-á calcular b e c:

$$b = \frac{x_1}{\exp\left(\frac{1}{c}\right).\ln\left[-\ln(1-p_1)\right]} \quad (9)$$

com $p_1 = 0,01$ ou $1 - p_1 = 0,99$; e

$$c = \frac{1}{k} \cdot \log\left[\frac{\ln p_1}{\ln(1-p_1)}\right] \quad (10)$$

onde

$$k = \log\frac{x_2}{x_1}$$

A probabilidade acumulada de ocorrência de concentrações de valores inferiores às correspondentes abcissas

é calculada pela seguinte expressão

$$Y_m = \frac{n}{k}\left\{\log\left(\frac{b}{x_1}\right) + \frac{1}{c}\log\left[-\ln(1 - F)\right]\right\} \quad \text{(cm)}$$

onde *n* é a dimensão em cm do troço do eixo dos yy, utilizado na representação grágica.

Na figura 3 apresenta-se o histograma de frequências obtido para o acetileno, numa população de 185 transformadores de medição de corrente de 400 kV.

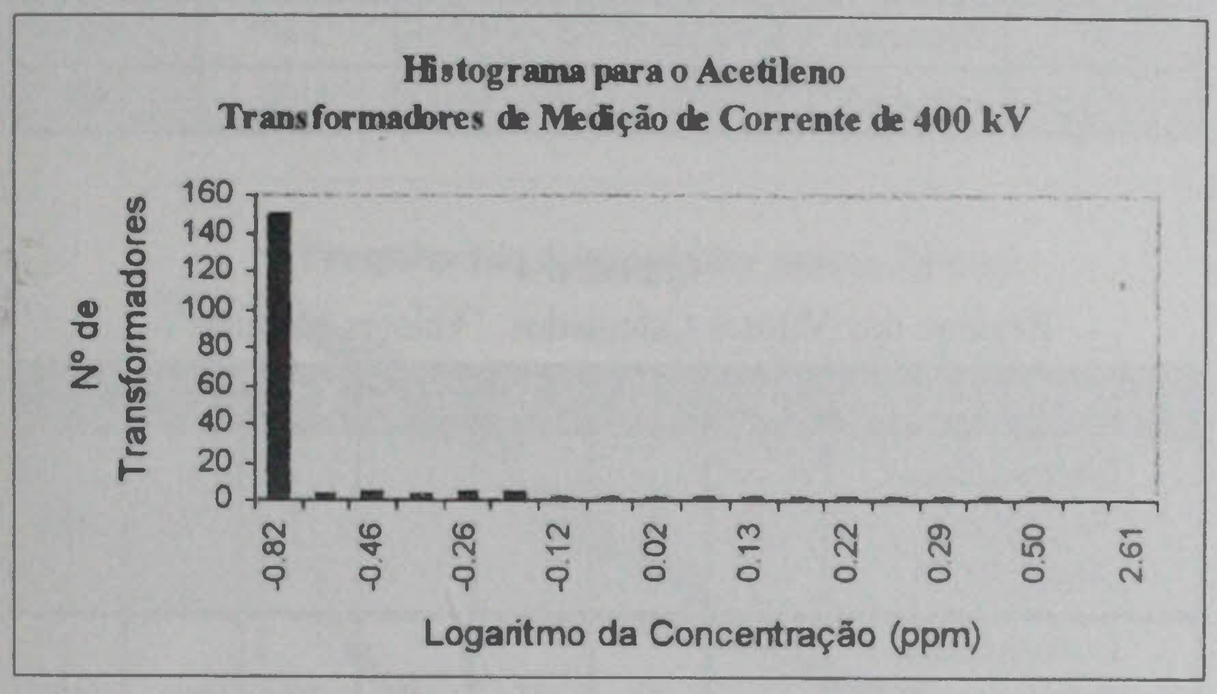


Fig. 3 - Histograma de frequência do acetileno para a população de 185 transformadores de medição de corrente de 400 kV.

Aplicando as fórmulas anteriores fez-se a representação gráfica (Fig. 4), em escala logarítmica, da frequência acumulada em função da concentração, tendo-se obtido uma recta com um coeficiente de regressão de 0,98.

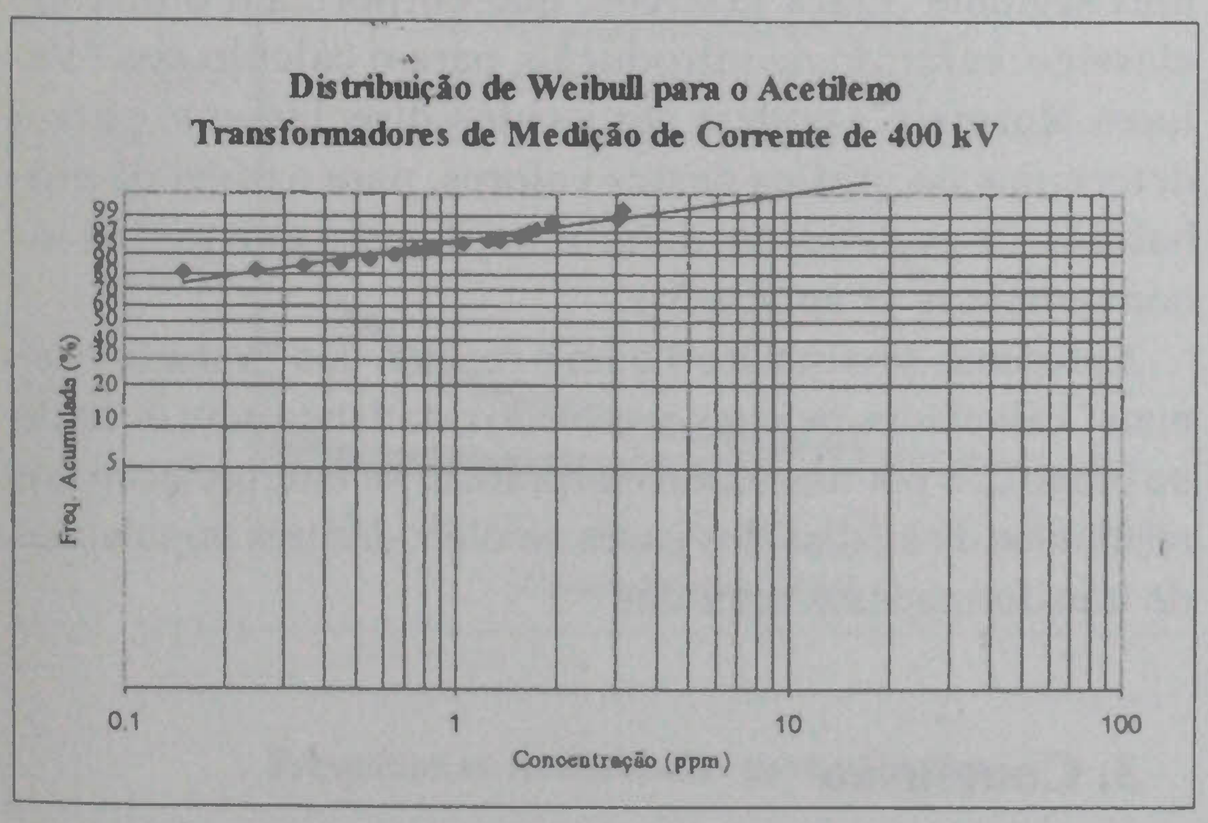


Fig. 4 - Distribuição de Weibull obtida para o Acetileno.

A adequabilidade da função de Weibull, para descrever a distribuição em estudo, é dada pelo coeficiente de regressão da recta obtida.

Considerou-se, como critério de aceitação, um coeficiente de regressão superior a 0,97, ou seja, se a recta obtida tiver um coeficiente superior a este valor, será aceitável considerar que a função de Weibull descreve a população de concentrações em estudo – o que de facto acontece para o acetileno.

Neste caso, para obter os valores das concentrações cujas probabilidades de não serem excedidas é 90% e 95% basta determinar respectivamente o valor de *x*, ao qual corresponde cada um destes valores de ordenada. Serão estes então os "Valores Normais" para um grau de probabilidade de 90% e 95% respectivamente.

2.3-Determinação dos "Valores Normais" para Transformadores de Medição de Corrente

Os "Valores Normais" para transformadores de medição de corrente de 400 kV, cujo cálculo serviu para exemplificar a aplicação deste método, foram calculados com base numa população de 185 transformadores deste tipo.

Trata-se de transformadores de tipo indutivo, estanques, munidos de membrana de borracha, a qual impede o contacto directo do óleo isolante com o ar.

No quadro seguinte, apresentam-se os prâmetros das respectivas funções de distribuição calculadas por este método, para cada um dos gases estudados, assim como as concentrações cujas probabilidades de não serem excedidas são respectivamente 90% e 95%, ou seja, os " Valores Normais" calculados pelo método acabado de descrever.

Quadro 1

Transformadores de Medição de Corrente de 400 kV. Tipo de Distribuição, Parâmetros da Função para cada Gás, e "Valores Normais.

Gás	Tipo de Distribuição	Parâmetros da Função	"VALORES NORMAIS" (ppm)	
			90 %	95 %
H_2	Lognormal	$\mu = 0{,}30$ $\sigma = 0{,}38$	6	10
CH_4	Lognormal	$\mu = 0{,}35$ $\sigma = 0{,}54$	11	20
C_2H_4	Lognormal	$\mu = 0{,}47$ $\sigma = 0{,}69$	3	5
C_2H_6	Lognormal	$\mu = 0{,}11$ $\sigma = 0{,}72$	7	15
C_2H_2	Weibull	$b = 22{,}09$ $c = 1{,}28$	1	1
CO	Normal	$\mu = 127{,}07$ $\sigma = 81{,}33$	250	300
CO_2	Normal	$\mu = 453{,}78$ $\sigma = 259{,}81$	800	900
O_2	Normal	$\mu = 10233{,}7$ $\sigma = 3967{,}2$	15000	16500
N_2	Normal	$\mu = 39983{,}8$ $\sigma = 11319{,}7$	54000	58000

O gráfico da figura 5 representa o número de transformadores de medição de corrente de 400 kV, distribuídos por idades reportadas a Março de 1996.

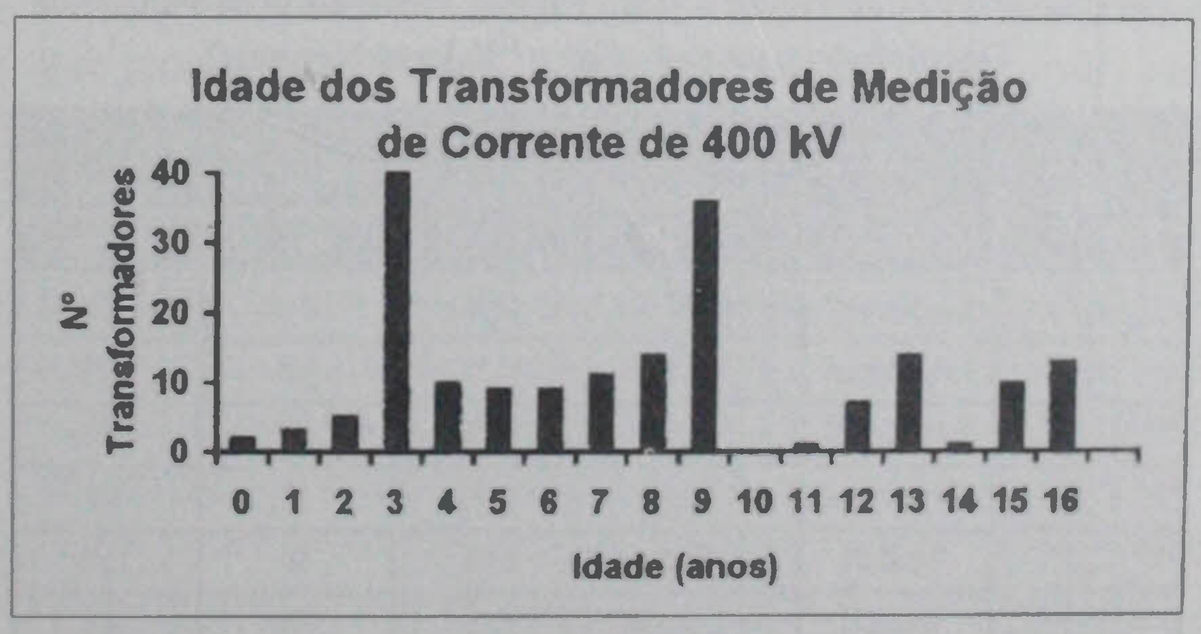


Fig. 5 - Distribuição da população de transformadores de medição de corrente de 400 kV, por idades.

2.4-Cálculo dos "Valores Normais", para Transformadores de Potência

Utilizando o método acabado de descrever, calcularam-se os "Valores Normais" de concentração de gases no óleo para os transformadores de potência, do conjunto das Empresas do Grupo EDP.

- uma população de 205 transformadores sem regulador em carga;
- uma população de 805 transformadores com regulador em carga.

A razão para esta divisão reside no facto dos níveis de concentrações de alguns gases dissolvidos no óleo, principalmente o acetileno, numa e noutra população, ser bastante diferente, tendo em conta que normalmente ocorre uma contaminação do óleo da cuba principal com gases que se produzem no ruptor, em situação de funcionamento normal deste.

Em qualquer destes dois grupos, os transformadores têm conservador munido de secador de sílica-gel, sendo a respiração do transformador realizada através da sílica-gel. No conservador, o óleo contacta directamente com uma almofada de ar, sem qualquer membrana de protecção.

Os transformadores são de tipo *shell* ou *core*, com idades variando de 1 a cerca de 40 anos, com tensões entre 10 kV e 400 kV, e potências entre 1 MVA e 360 MVA. O estudo foi efectuado usando uma única análise por transformador (sempre a última). O tipo de distribuição para cada gás, assim como os respectivos parâmetros da função estatística e os correspondentes "Valores Normais", encontram-se sumarizadas nos quadros 2 e 3 para os transformadores de potência com e sem ruptor, respectivamente.

Apresentam-se ainda os gráficos de frequências acumuladas para cada gás, em função da respectiva concentração de gás dissolvido no óleo, para as três populações de transformadores estudadas (ver gráficos na página seguinte. Estes gráficos, que corporizam o método clássico, referido na introdução, para o cálculo dos "Valores Normais", podem ser usados directamente para a determinação gráfica destes valores, para o nível de probabilidade pretendido, determinação essa que tem os inconvenientes já apontados.

Apresenta-se o quadro 4 com o resumo dos "Valores Normais" calculados pelo novo método estatístico aqui descrito no ponto 2, e por nós usados na prática, na interpretação dos resultados da análise dos gases no óleo, das três populações de transformadores referidas.

Quadro 2

Transformadores de Potência Com Ruptor. Parâmetros da Função de Distribuição para cada Gás e "Valores Normais".

Gás	Tipo de Distribição	Parâmetros da Função		"VALORES NORMAIS" (ppm)	
				90%	95%
H_2	Lognormal	$\mu = 1,15$	$\sigma = 0,56$	75	120
CH_4	Lognormal	$\mu = 0,83$	$\sigma = 0,53$	35	80
C_2H_4	Lognormal	$\mu = 1,05$	$\sigma = 074$	110	150
C_2H_6	Lognormal	$\mu = 0,80$	$\sigma = 0,70$	50	90
C_2H_2	Weibull	$b = 1668,26$	$c = 0,93$	80	150
CO	Weibull	$b = 254,68$	$c = 1,25$	400	500
CO_2	Weibull	$b = 2177,22$	$c = 0,90$	5300	6500

Quadro 3

Transformadores de Potência Sem Ruptor. Parâmetros da Função de Distribuição para cada Gás e "Valores Normais".

Gás	Tipo de Distribição	Parâmetros da Função		"VALORES NORMAIS" (ppm)	
				90%	95%
H_2	Lognormal	$\mu = 1,04$	$\sigma = 0,57$	60	100
CH_4	Lognormal	$\mu = 0,87$	$\sigma = 0,56$	40	60
C_2H_4	Weibull	$b = 493,76$	$c = 1,11$	60	140
C_2H_6	Lognormal	$\mu = 0,74$	$\sigma = 0,70$	50	85
C_2H_2	Weibull	$b = 133,50$	$c = 0,96$	5	10
CO	Lognormal	$\mu = 2,15$	$\sigma = 0,45$	540	800
CO_2	Lognormal	$\mu = 3,27$	$\sigma = 0,36$	5100	7000

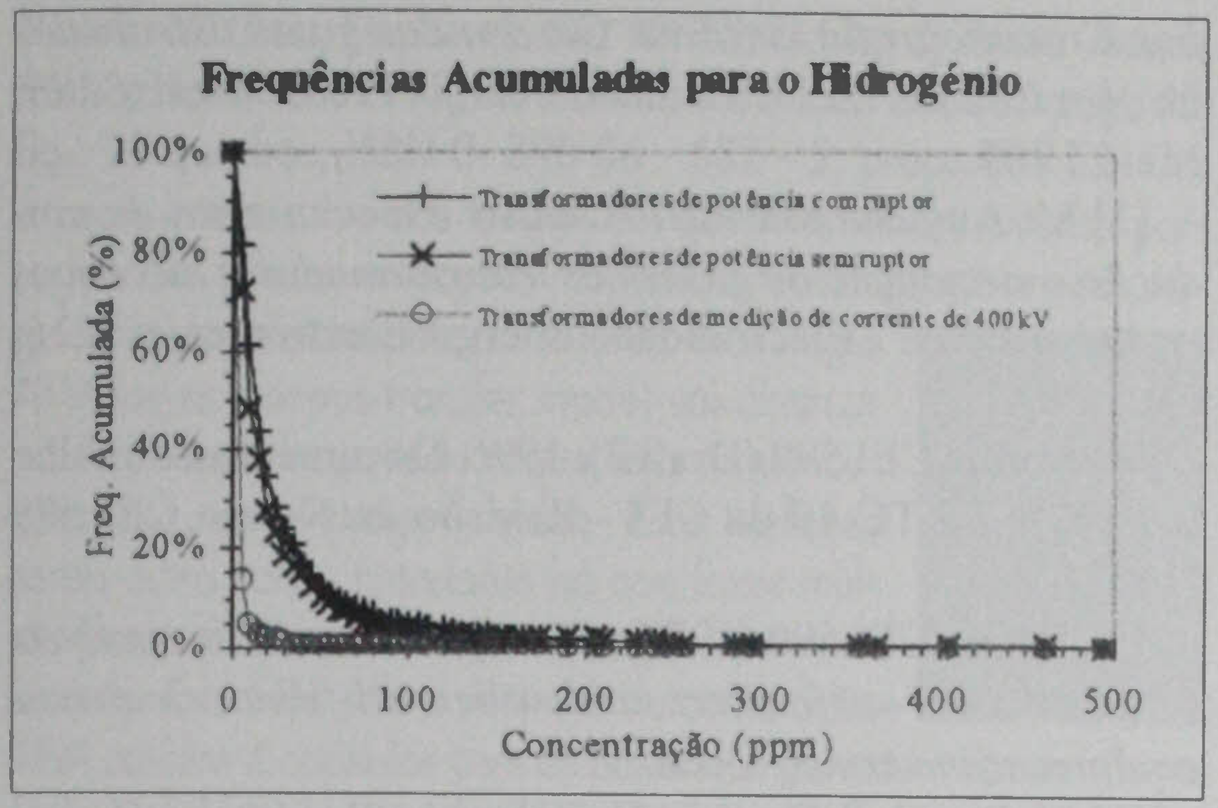
Quadro 4

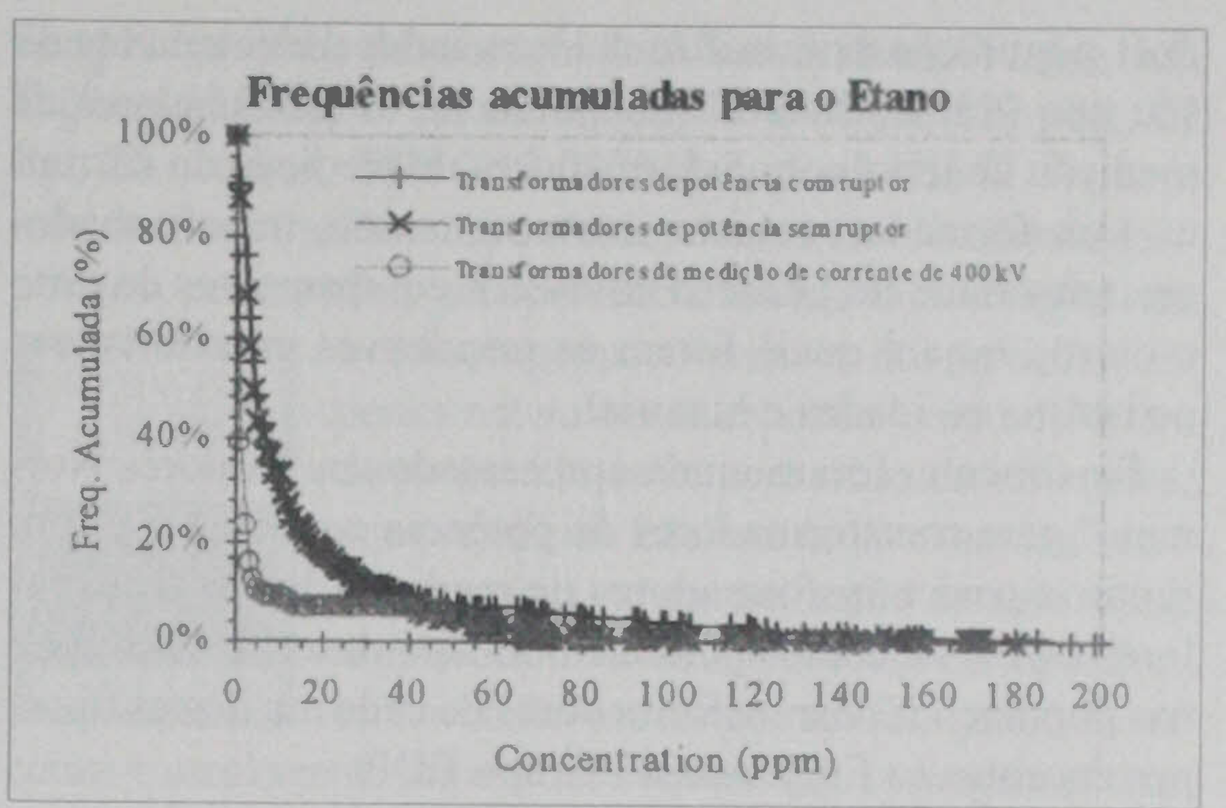
Resumo dos Valores Calculados. "Valores Normais".

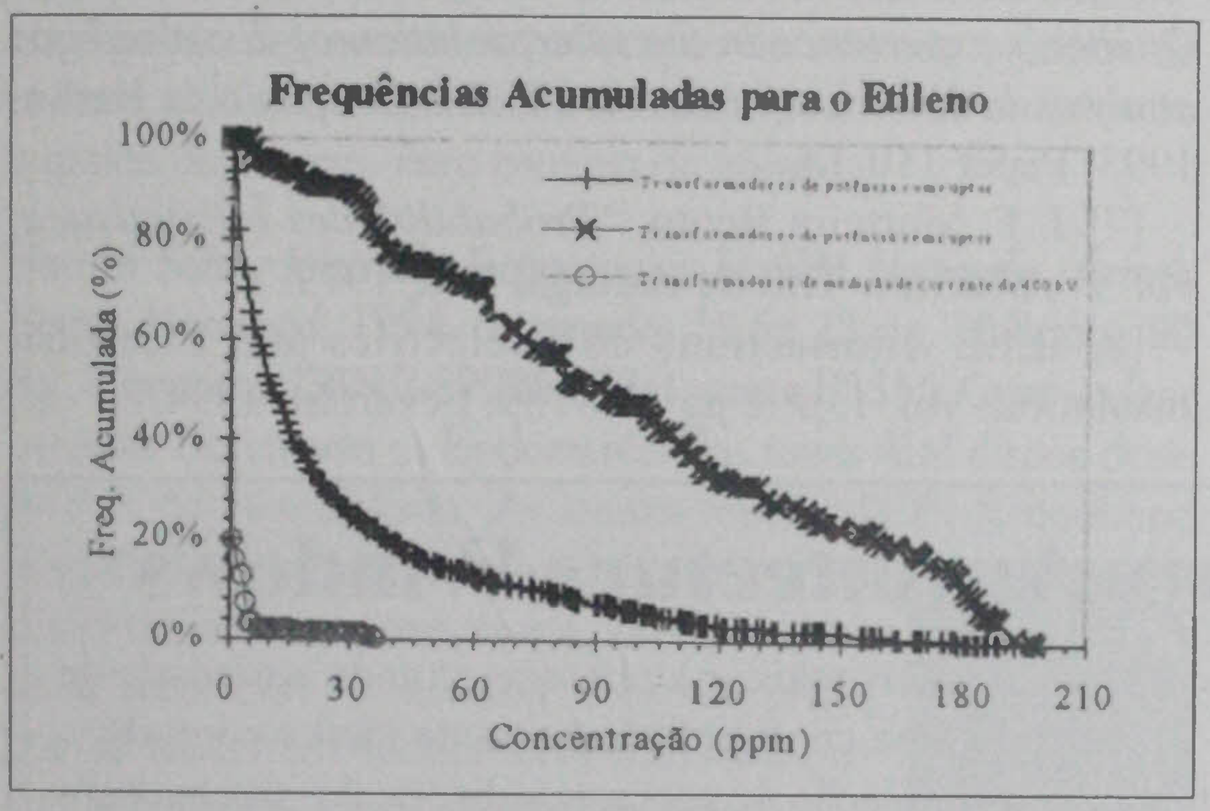
TRANSFORMADORES	H_2	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	C_2H_2	CO	CO_2
Transformadores de Medição de Corrente 400 kV	10	20	5	15	1	300	900
Transformadores de Potência com Regulação em Carga	120	80	150	90	150	500	6500
Transformadores de Potência sem Regulação em Carga	100	60	140	85	10	800	700

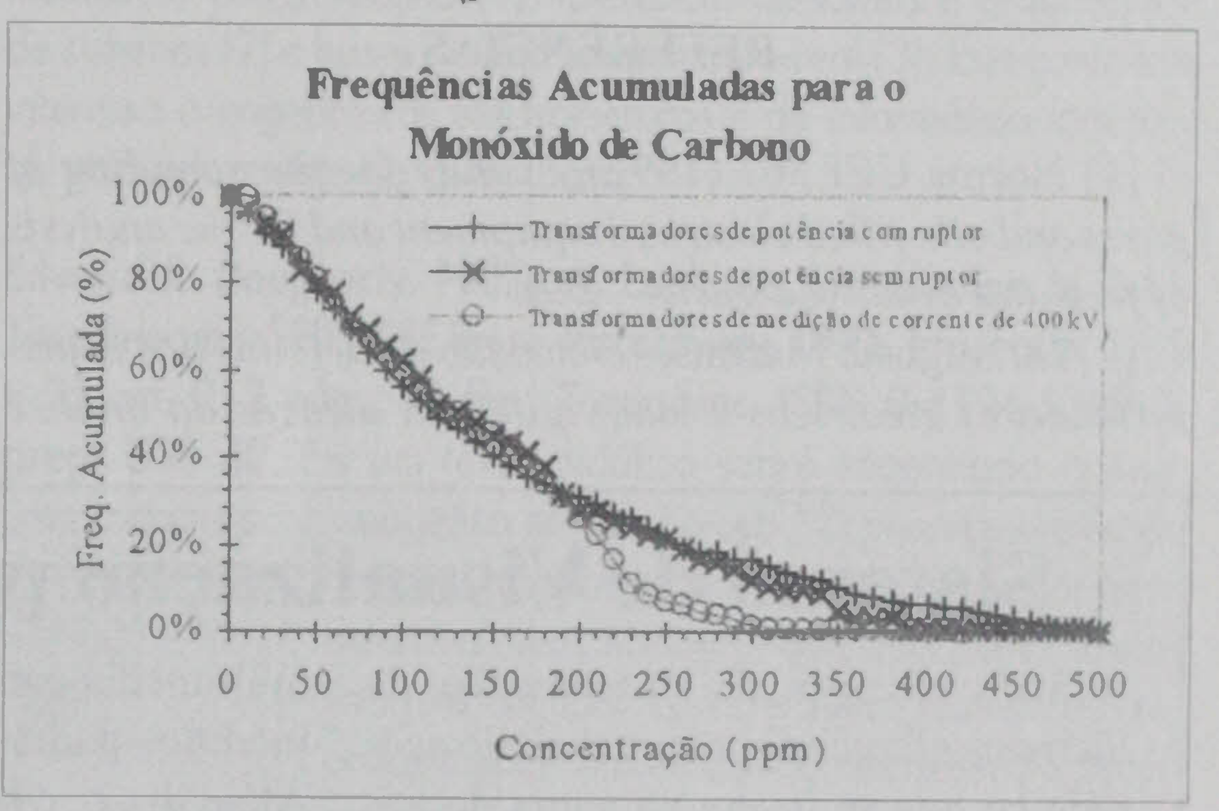
3. Conclusão

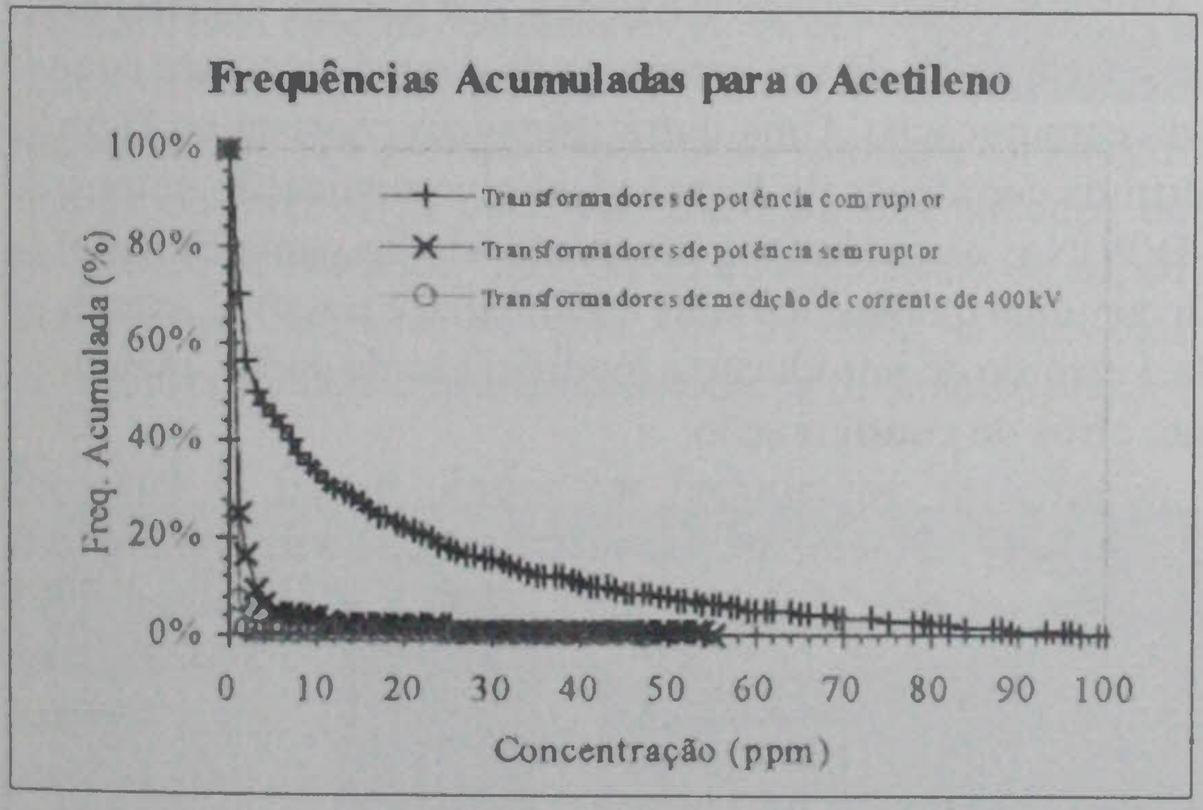
Para cada população de transformadores, o conhecimento dos "Valores Normais" para cada gás, cujo método de cálculo é aqui apresentado, é bastante importante, em termos de interpretação dos resultados da análise dos gases dissolvidos nos óleos de transformadores, por aqueles funcionarem como um primeiro critério de interpretação. De facto, os "Valores Limites" representam como que a fronteira, entre uma situação de elevada probabilidade de sanidade do transformador, e outra de suspeita de defeito, a partir da qual tem sentido a utilização dos critérios de diagnós-

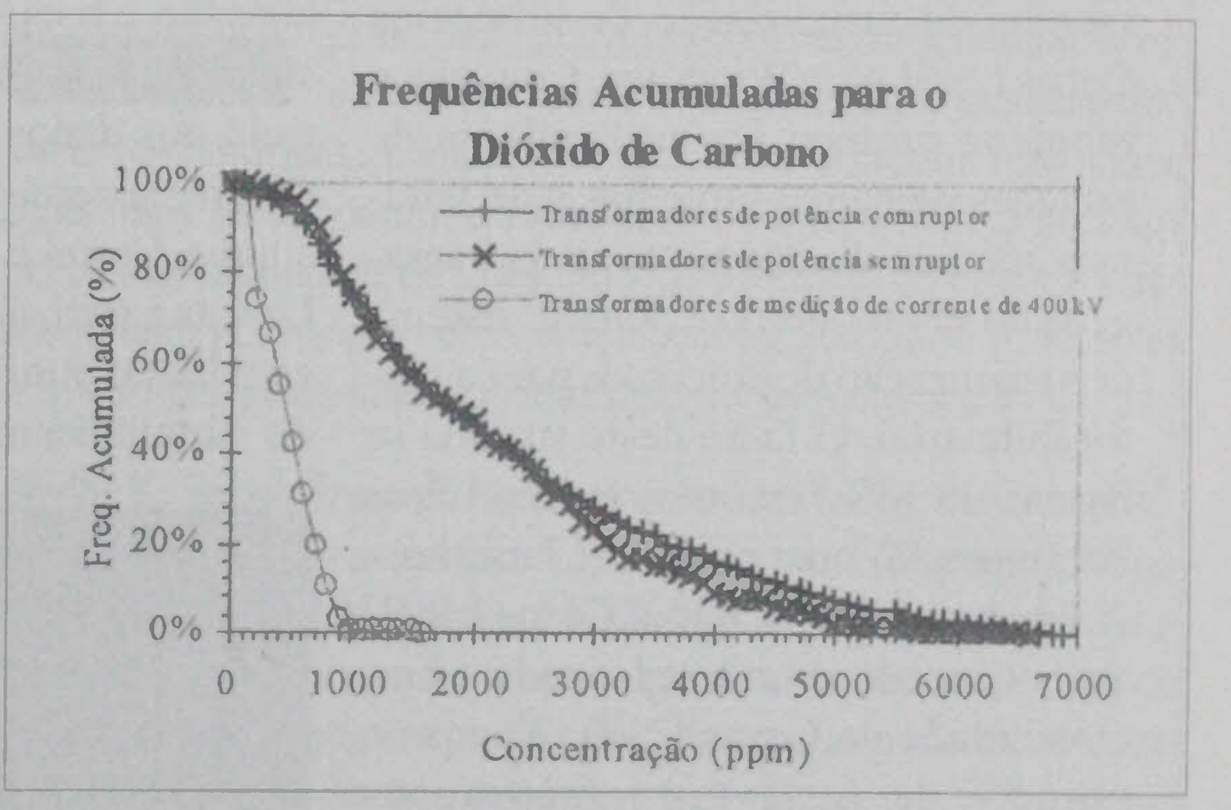


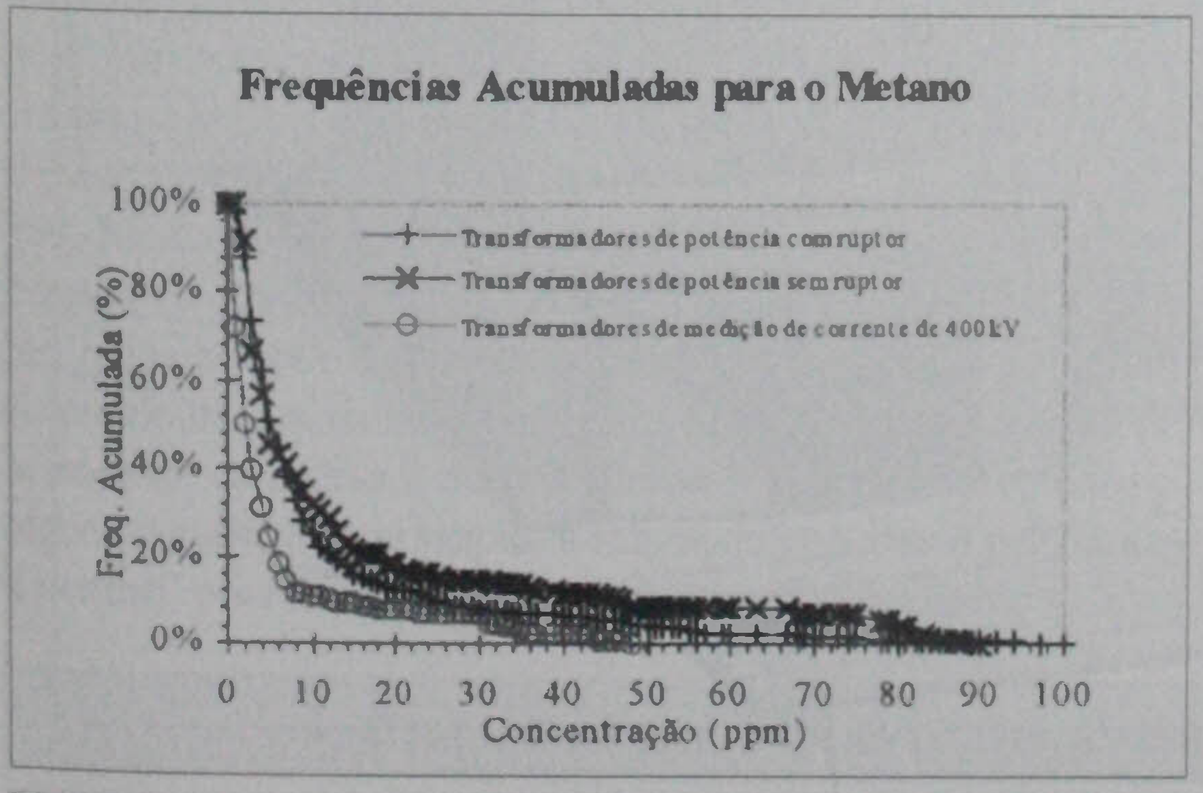












tico anteriormente mencionados. Sublinha-se, no entanto, que jamais os referidos "Valores Normais" se deverão usar isoladamente como critério interpretativo da análise dos gases dissolvidos no óleo de transformadores.

Assim, os "Valores Normais devem ser usados com muita prudência, em termos da caracterização do estudo de sanidade, ou defeito dos equipamentos a que se referem, devendo sempre ser associados a um ou vários dos critérios de interpretação, baseados nos valores das razões de determinados gases provenientes dos defeitos e ainda na velocidade de produção desses gases no interior do transformador.

O método aqui apresentado é, de facto, um método geral, que pode ser utilizado para o cálculo destes valores em qual-

quer população de transformadores, independentemente do seu tipo (transformadores de potência, transformadores de medição de tensão, transformadores de medição de corrente, transformadores mistos corrente-tensão, transformadores industriais, etc.) e ainda travessias, equipamentos de corte e outros, sejam quais forem as respectivas características construtivas, idades e historial.

Finalmente, foram ainda apresentados os "Valores Normais" para transformadores de potência com ruptor e sem ruptor e para transformadores de medição de corrente, valores estes calculados pelo método aqui descrito, com base nas populações de transformadores de cada um destes tipos, pertencentes ás Empresas do Grupo EDP.

REFERÊNCIAS

[1] Norma CEI 567 (1992), "*Guide for the sampling of gases and oil - filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases*", 2ed.

[2] M. Augusta Martins, "*Detecção de defeitos nos transformadores eléctricos e sua vigilância através da análise por Cromatografia em Fase Gasosa dos gases dissolvidas no óleo isolante*", Electricidade Energia Electrónica, nº 199, Maio 1984.

[3] M. Augusta Martins, "*Causas e mecanismos de produção e circulação de gases nos transformadores eléctricos isolados a óleo*", Electricidade Energia Electrónica, n.º 216, Out. 1985.

[4] Norma CEI 599 (Draft 2), 1996, Documento de trablho do WG13 da TC 10 da CEI - Revisão da Norma CEI 599 (1987).

[5] Norma CEI 599 (1978), "*Interpretation of the analysis of gases in transformers and other oil-filled electrical equipment in service*", 1ed.

[6] M. Duval, P. Gervais, G. Bélanger, "*Update on Hydro-Québec´s experience in the interpretation of dissolved gas analysis in HV transformers*", CIGRÉ Simpósio de Berlim 1993, Paper 110-14.

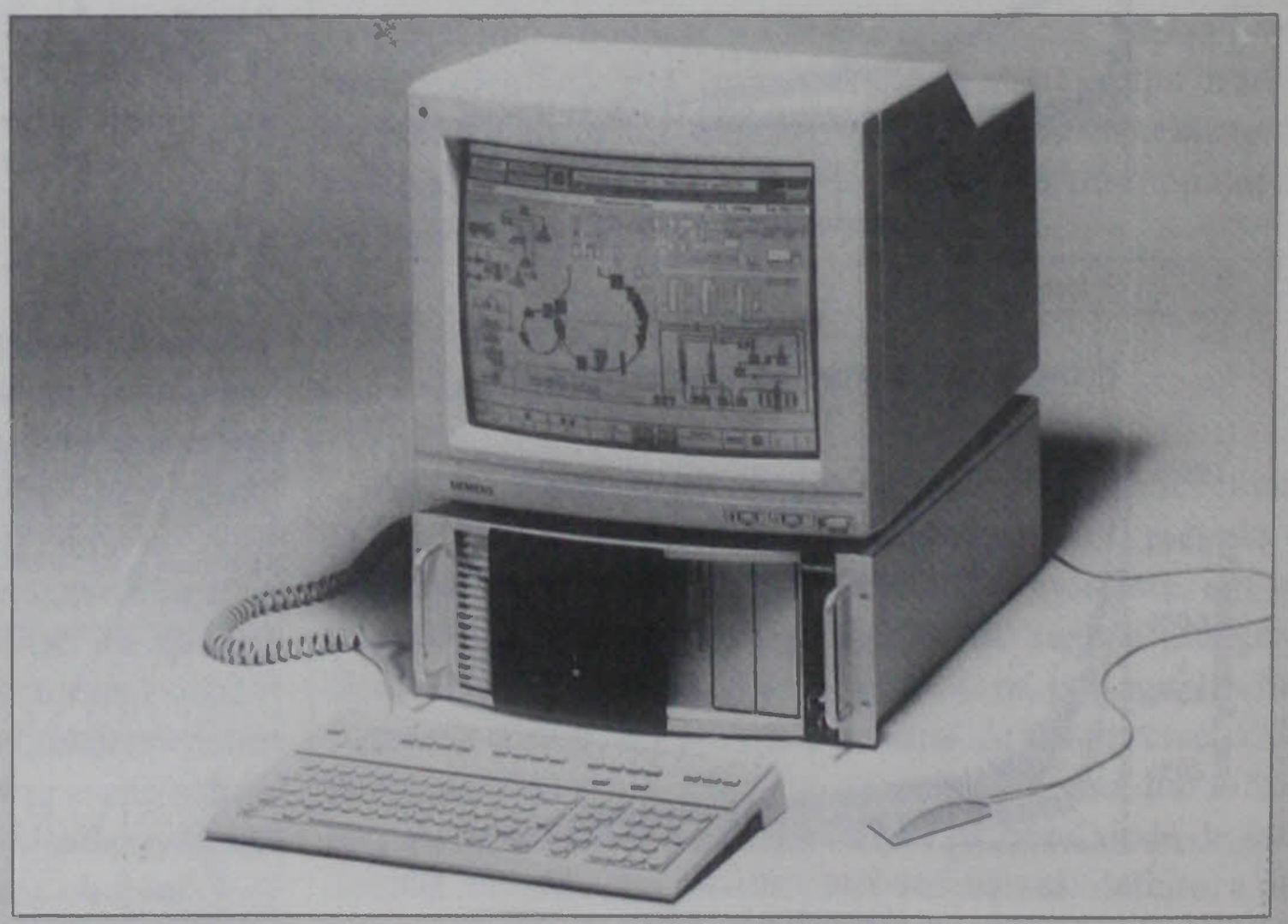
[7] J. F. Murteira Bento, "*Probabilidades e Estatística, Vol. I*", McGraw-Hill de Portugal Lda, 1979.

[8] IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 1, nº 1 pg 153-159, Fevereiro 1994. □

Sistema de Visualização para Arquitectura Windows

A área técnica de automação da Siemens oferece agora um modelo económico que se insere na gama do seu sistema de visualização de processos Coros LS-B para Windows. Com ele, a Siemens oferece aos utilizadores de estações pequenas e médias e de volumes médios de dados todas as vantagens do seu moderno e potente sistema de visualização de processos para o sector industrial. O facto deste sistema se basear no MS-Windows permite uma configuração num ambiente familiar.

A nova variante da gama Coros LS-B/WIN concede ao utilizador toda a funcionalidade do Coros LS-B. Apenas o número de variáveis e mensagens processáveis neste processo é limitado a 512 em cada caso.

O sistema Coros LS-B/WIN baseia-se na versão "MS-Windows para o Trabalho em Grupo 3.11" e oferece nomeadamente ao utilizador: ajuda *online* sob a forma de manual electrónico, fácil importação de gráficos no formato Bitmap com intercâmbio dinâmico de dados com aplicações Windows através da entrada directa de dados DDE (por exemplo, Exel, Paintbrush ou Designer) um cómodo gestor de aplicações multimédia para carregar imagens reais, e ainda uma grande variedade de módulos-padrão. Tal permite uma configuração bastante fácil e cómoda.

Além disso, o sistema de visualização de processos dispõe de pacotes para a gestão e listagem de dados, arquivo de medições, um potente sistema de sinalização de falhas, bem como de um programa de diagnóstico para controlo dos dados e da comunicação. Uma outra vantagem consiste no facto de este sistema permitir coordenar de forma ideal a comunicação entre o sitema Coros LS-B/WIN e os autómatos programáveis da gama Simatic. Graças à utilização conjunta da lista de sinais do Simatic, é possível reduzir consideravelmente o esforço de introdução e modificação de dados, evitando simultaneamente erros de configuração. □