

em questão). Os resultados têm, então, que ser extrapolados para esta temperatura por regras que os falseiam mais ou menos, quer por não terem em conta que certos fenómenos destrutivos se produzem à temperatura de ensaio e não à temperatura de serviço, quer porque os processos de degradação não são perfeitamente conhecidos.

A CEI ⁽¹⁾ classificou os materiais isolantes eléctricos em sete classes [2], designadas pelas letras Y, A, E, B, F, H e C, e a cada uma associou uma temperatura, respectivamente 90° C, 105° C, 120° C, 130° C, 155° C, 180° C e maior que 180° C.

O significado que a CEI deu a estes números é um tanto vago: estas temperaturas são tais que, respeitadas como temperaturas máximas a que o isolante em questão ficará sujeito, lhe assegurarão uma duração de vida normal (isto é, economicamente adequada e que a prática mostra ser razoável), desde que sejam respeitadas as condições normais de funcionamento do equipamento de cuja estrutura isolante o material electro-isolante faz parte.

Conceito portanto impreciso, porque depende de noções tais como «vida normal» e «condições normais de funcionamento», noções que só a prática de construção e utilização de um certo equipamento eléctrico pode estabelecer estatisticamente. Só a experiência pode mostrar que se obtém uma vida satisfatória, por exemplo em máquinas rotativas ou em transformadores, utilizando um certo isolante a um certo nível de temperatura. Só então esse isolante pode ser classificado numa certa classe térmica, ficando-lhe assim sempre associada uma certa utilização num certo equipamento eléctrico (por exemplo, motores de tracção eléctrica).

Acresce, ainda, que a temperatura máxima a que um isolante ficará sujeito é a temperatura do seu *ponto mais quente* e esta raramente poderá ser medida ⁽²⁾.

Do que fica dito ressalta que a classificação térmica de um isolante eléctrico não tem mais que um valor informativo e de orientação e que compete ao construtor avaliar os outros factores que, em cada caso, condicionam a sua escolha.

De notar, ainda, que os isolantes eléctricos só muito raramente são utilizados sozinhos. Normalmente o construtor faz combinações de diversos isolantes para constituir um *sistema de isolamento*. A noção de estabilidade térmica e todas as considerações que à sua volta se podem fazer podem aplicar-se a sistemas de isolamento e pode acontecer que para constituir um sistema de isolamento de uma certa classe térmica se possa incorporar algum isolante duma classe inferior.

Note-se que este conceito de classe térmica, destinado a classificar isolantes eléctricos, aparece frequentemente, na linguagem corrente, aplicado a equipamentos eléctricos completos (em especial máquinas rotativas), significando a classe térmica dos sistemas de isolamento neles utilizados (fala-se por exemplo em motores de classe F).

3 — MATERIAIS ISOLANTES PERTENCENTES ÀS DIFERENTES CLASSES TÉRMICAS

A título de informação geral, sem carácter imperativo e sem pretender ser exaustiva, a CEI [2] indica quais os materiais isolantes que, de acordo com a prática já adquirida, poderão ser considerados como tendo uma estabilidade térmica correspondente a uma dada classe.

Desta indicação da CEI podem retirar-se as seguintes ideias gerais:

- Materiais como a seda, o algodão, o papel, etc., impregnados ou não com um líquido isolante orgânico (como o óleo, por exemplo), e ainda algumas resinas orgânicas, como por exemplo as resinas alquídicas e os vernizes à base de resinas naturais, são isolantes de estabilidade térmica relativamente baixa e correspondem-lhe as primeiras classes: Y, A e E, respectivamente 90° C, 105° C e 120° C. Estes materiais utilizam-se cada vez menos em electrotecnia e a tendência actual é cada vez mais a de utilizar materiais de alta estabilidade térmica.
- Nas classes térmicas seguintes (B e F, 130° C e 155° C, respectivamente) aparecem a mica, a fibra de vidro e o amianto, com impregnantes adequados à respectiva classe: goma laca, resinas alquídicas, poliésteres, resinas epóxicas, etc.,
- Nas classes térmicas mais elevadas (H e C, 180° C e acima de 180° C, respectivamente) continuam a aparecer a mica, a fibra de vidro e o amianto, que são materiais extraordinariamente estáveis do ponto de vista térmico; aparecem também o quartzo, a porcelana, as cerâmicas e os silicões.

A extraordinária estabilidade térmica dos materiais inorgânicos como as micas, o vidro, o amianto, etc., tornam estes materiais particularmente adequados à sua utilização nas classes térmicas mais elevadas. No entanto, são de aplicação pouco versátil (não se pode, por exemplo, obter mica líquida para fazer impregnações, ou em filme). Por esta razão têm-se procurado substâncias orgânicas de estabilidade térmica suficiente que, para além do seu uso como impregnantes, possam ser utilizadas como isolantes sólidos em produtos semiacabados de classes térmicas mais elevadas. Assim, os poliésteres e os silicões aparecem cada vez mais nessas classes, por exemplo sob a forma de filmes isolantes.

Se bem que em muitos casos (especialmente nas classes térmicas mais baixas) materiais isolantes constituídos basicamente por compostos da mesma família química pertençam à mesma classe térmica, tal facto não constitui uma regra, isto é, a função química não define só por si uma classe térmica. Os constantes progressos que se têm feito no domínio dos polímeros sintéticos permitem melhorar hoje significativamente a classe térmica de um isolante, controlando convenientemente as condições de síntese ou acrescentando aditivos adequados.

4 — O QUE É O ENVELHECIMENTO TÉRMICO? COMO SE MANIFESTA?

Os fenómenos que acontecem durante o envelhecimento térmico dum isolante eléctrico são extremamente complexos e variam não só de material para material, mas também conforme as condições de serviço (humidade, esforços mecânicos, etc.) em que o envelhecimento térmico ocorre [3, 4].

(1) Comissão Electrotécnica Internacional.

(2) Por isso os aquecimentos admitidos nas normas específicas de cada equipamento eléctrico são sempre inferiores à diferença entre a temperatura da classe térmica dos isolantes utilizados e a temperatura do ambiente arrefecedor do equipamento em questão.

Entre esses fenómenos contam-se fundamentalmente:

- perda de constituintes mais ou menos voláteis;
- certas modificações químicas dos constituintes (por exemplo por fenómenos de hidrólise) conducentes à formação de produtos agressivos, como por exemplo o cloreto de hidrogénio;
- fenómenos de oxidação e consequente fragilização;
- polimerização ou despolimerização molecular. No primeiro caso o material perde flexibilidade e torna-se quebradiço; no segundo caso o material perde a resistência mecânica (é o caso da celulose, por exemplo).

Estes complexos fenómenos manifestam-se por uma degradação irreversível das propriedades mecânicas, eléctricas, químicas, etc., dos isolantes.

A experiência mostra que essa degradação segue uma lei do tipo da lei de Arrhenius [3, 4], isto é:

$$\log t = C + \frac{B}{T}$$

em que B e C são constantes, T é a temperatura termodinâmica à qual se processa o envelhecimento e t é o

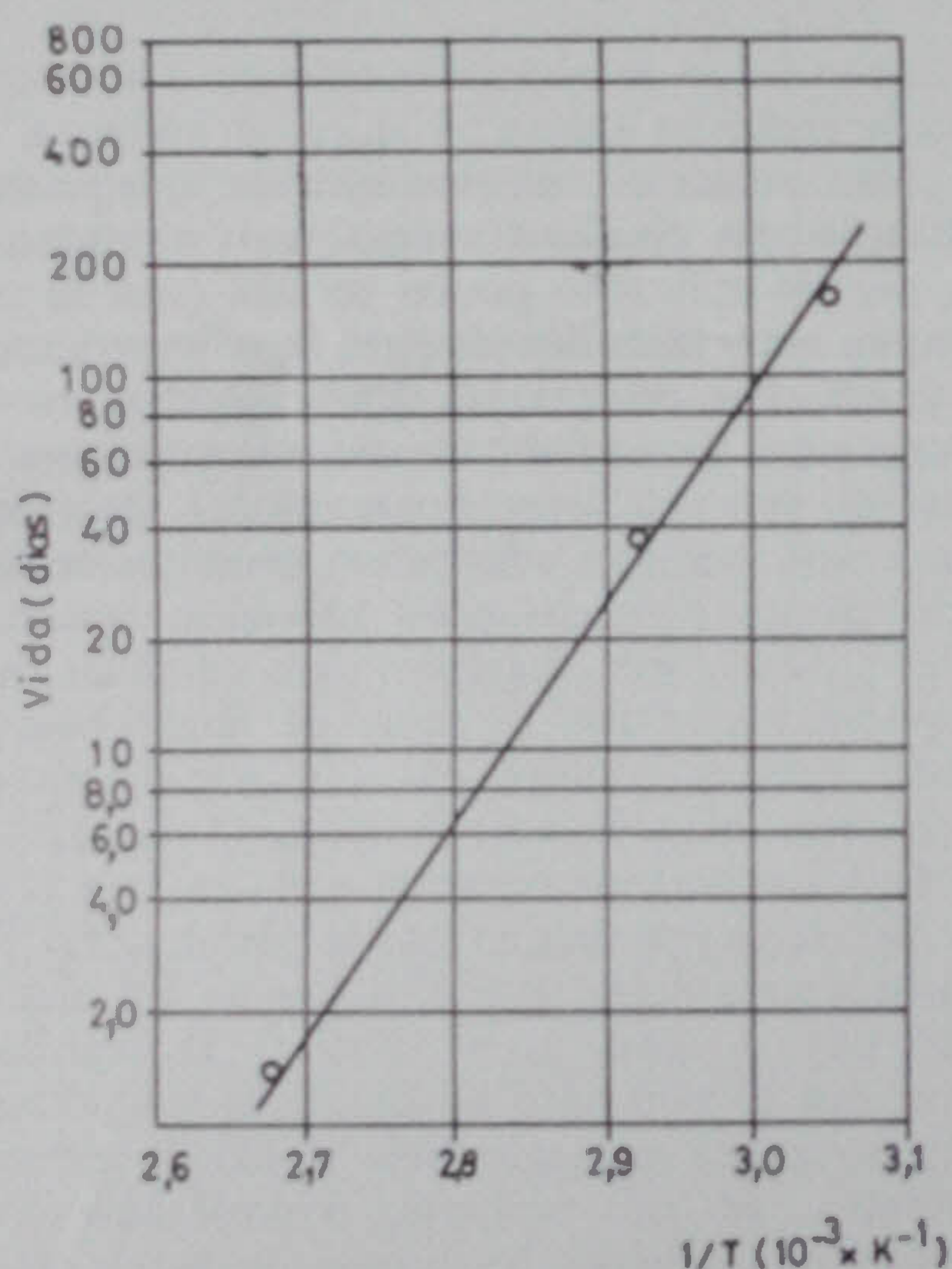


Fig. 1 — Resultados de ensaios de envelhecimento térmico em papel Kraft

tempo correspondente a uma certa variação (por exemplo a que corresponde ao fim de vida do isolante) da propriedade particular em questão. Desta forma resulta rectilínea a representação gráfica do logaritmo da duração de vida dum isolante, a uma temperatura absoluta T suposta constante, em função de $1/T$.

A fig. 1 mostra um exemplo [3] referente a ensaios de envelhecimento térmico de papel Kraft, sujeito a um campo eléctrico de cerca de 40 kV/mm.

A recta resultante pode facilmente ser utilizada para prever, por extrapolação, a duração de vida a uma temperatura T qualquer.

As constantes B e C são características do material em questão, das condições da experiência e da pro-

priedade particular escolhida. A experiência mostra que as diferentes qualidades do material não se deterioram todas com a mesma velocidade. Por isso estas rectas de duração de vida têm que ser traçadas, para um dado material, uma para cada uma das diversas propriedades que possam ser responsáveis pelo seu fim de vida em serviço.

5 — AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE TÉRMICA DOS ISOLANTES E SISTEMAS DE ISOLAMENTO.

PERFIL DE ESTABILIDADE TÉRMICA E ÍNDICE DE TEMPERATURA

Como dissemos, a noção de classe térmica [2] é muito vaga e imprecisa. Por isso tem sido realizado um grande esforço no sentido de se encontrarem métodos e de se estabelecerem critérios de avaliação de estabilidade térmica dos isolantes eléctricos [5, 6] que permitam classificá-los numa forma mais precisa.

As soluções a que se tem chegado estão, no entanto, longe de serem satisfatórias e as informações que sobre estes problemas podem ser obtidas por via laboratorial continuam a ter apenas um carácter indicativo que não dispensam um conhecimento prático do comportamento dos equipamentos eléctricos em serviço.

Recentemente apareceram na normalização da CEI [7] as noções de índice de temperatura e de perfil de estabilidade térmica. Estas noções são bastante mais definidas que a noção de classe térmica e permitem já uma classificação dos isolantes razoavelmente significativa. Essa classificação é, no entanto, apenas relativa e continua a não permitir qualquer previsão da duração de vida dum isolante ou sistema de isolamento sob determinadas condições de serviço.

As informações decorrentes de uma série de ensaios de envelhecimento térmico (quase sempre ensaios de envelhecimento acelerado, isto é, realizados a temperaturas mais elevadas que as previsíveis em serviço) podem traduzir-se sob a forma duma recta de envelhecimento ou recta de estabilidade térmica que traduz a lei de Arrhenius.

O perfil de estabilidade térmica e o índice de temperatura são números que resumem, numa forma mais ou menos cómoda e mais ou menos significativa, as informações contidas na recta de estabilidade térmica.

5.1 — ÍNDICE DE TEMPERATURA

Índice de temperatura é um número igual à temperatura, expressa em graus Celsius, que corresponde a um determinado tempo na recta de estabilidade térmica. É habitual referir o índice de temperatura a 20 000 h.

A fig. 2 mostra uma recta de estabilidade térmica extrapolada para 20 000 h. Nessa figura vê-se que o índice de temperatura, referido a 5000 h, é de 184° C, o que se escreve do seguinte modo: IT 5 kh/184. Na mesma figura vê-se que o índice de temperatura referido a 20 000 h é de 164° C, o que se escreve simplesmente IT/164, dispensando-se a explicitação do tempo a que se refere, por se referir ao tempo preferencial de 20 000 h.

Desta definição resulta, pois, não haver em princípio qualquer relação entre o índice de temperatura e o tradicional conceito de classe térmica. Não obstante, é frequente encontrarem-se confundidos os dois conceitos, por exemplo em catálogos de fabricantes de materiais isolantes. Assim podem-se encontrar refe-

rências como «tal fio esmaltado apresenta um índice de temperatura 130, pelo que é adequado à bobinagem de equipamento da classe B».

5.2 — PERFIL DE ESTABILIDADE TÉRMICA

O perfil de estabilidade térmica é constituído por três números: os dois primeiros iguais às temperaturas, expressas em graus Celsius, que correspondem, na recta de estabilidade térmica, a 20 000 h e 5000 h,

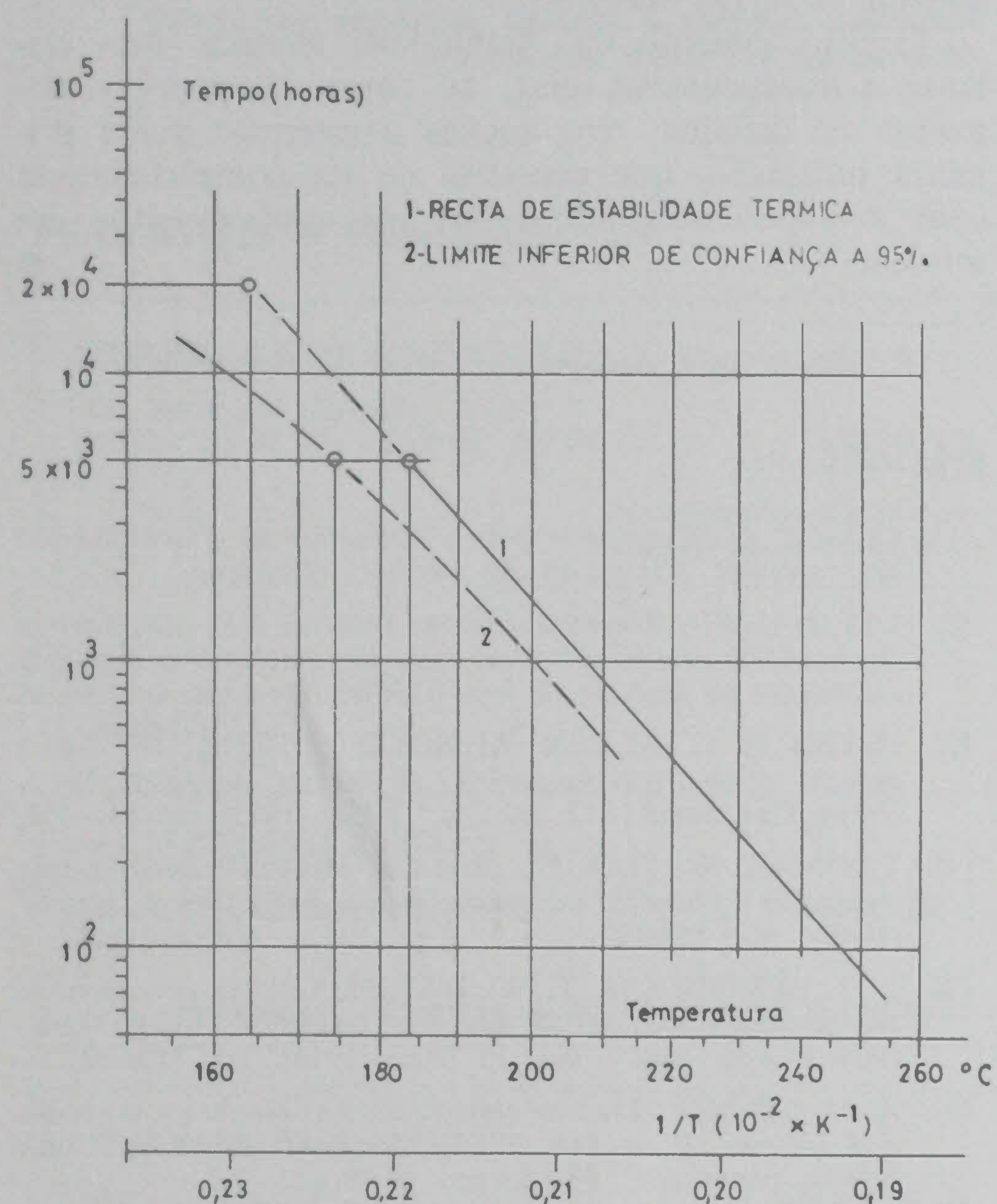


Fig. 2 — Recta de estabilidade térmica. Índice de temperatura. Perfil de estabilidade térmica

respectivamente; o terceiro indicando o limite inferior de confiança a 95 % na temperatura correspondente a 5000 h.

Na fig. 2 mostra-se, além da recta de estabilidade térmica, a linha correspondente ao limite inferior de confiança a 95 %. A determinação desta linha é feita avaliando, por algum método estatístico, a incerteza estatística dos resultados do ensaio de estabilidade térmica sobre um número suficientemente grande de provetes [8].

Na fig. 2 vê-se que o perfil de estabilidade térmica, para o exemplo representado, é constituído pelos números 164, 184 e 174, o que se escreve do seguinte modo: PET 164/184(174).

A recta de estabilidade térmica e, portanto, o perfil de estabilidade térmica e o índice de temperatura, referem-se, como já dissemos, a uma determinada propriedade do material em questão e implicam a escolha de algum critério de fim de vida. Portanto, e como as diversas propriedades não se deterioram todas com a mesma velocidade, para termos uma prefiguração genérica do material em serviço precisamos de um conjunto de perfis e de índices, para as diferentes propriedades que possam vir a ser determinantes no fim de vida do isolante em serviço.

É de notar, ainda, que a determinação de uma recta

de estabilidade térmica, para uma determinada propriedade e um dado critério de fim de vida, implica a fixação muito clara das condições de ensaio (por exemplo, outras condições ambientes além da temperatura, como a humidade, vibrações, etc.).

À primeira vista parece ser de concluir que é de esperar um melhor comportamento a longo prazo à temperatura de serviço nos materiais que apresentem um índice de temperatura mais elevado. Tal conclusão não é, no entanto, necessariamente verdadeira e a probabilidade de ser falsa é tanto maior quanto mais a temperatura de serviço se afastar da temperatura de ensaio que lhe está mais próxima [9]. Com efeito, o comportamento à temperatura de serviço resulta de uma extrapolação do comportamento observado a temperaturas superiores.

6 — CRITÉRIOS DE ENVELHECIMENTO E DE FIM DE VIDA

O estabelecimento de uma recta de estabilidade térmica implica a escolha dum critério de envelhecimento e dum critério de fim de vida. Estes critérios podem basear-se na capacidade que o material (sob a forma de provetes e em condições de ensaio bem definidas) tem para suportar solicitações tais como eléctricas, mecânicas, etc. (fig. 3), ou podem basear-se na alteração de uma propriedade do material, por

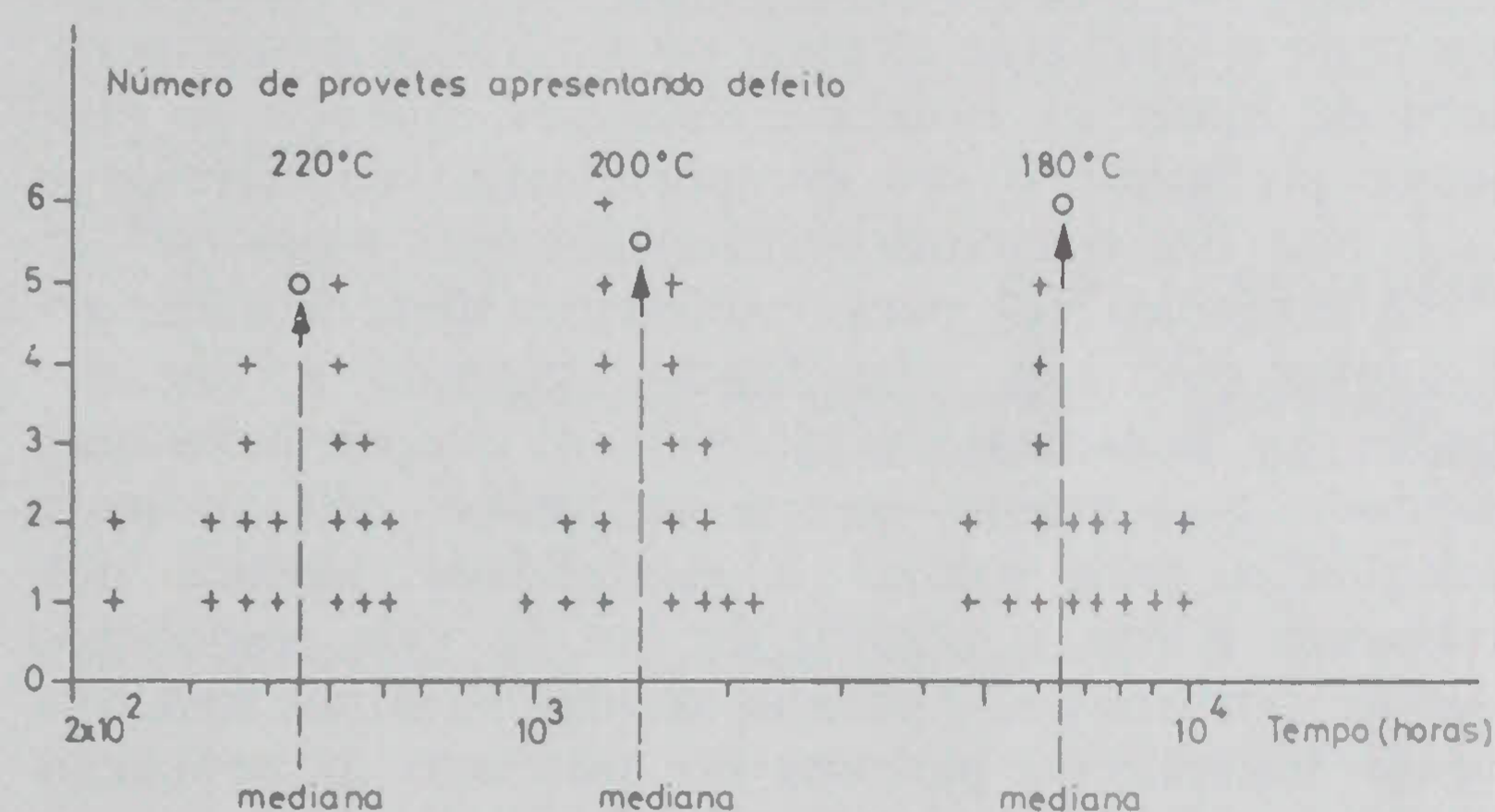


Fig. 3 — Determinação do tempo necessário para atingir o fim de vida a cada temperatura. Critério: Capacidade de suportar uma dada solicitação

exemplo a massa, a dureza, a resistência à tracção, à flexão ou ao rasgamento, o grau de polimerização, etc. (fig. 4).

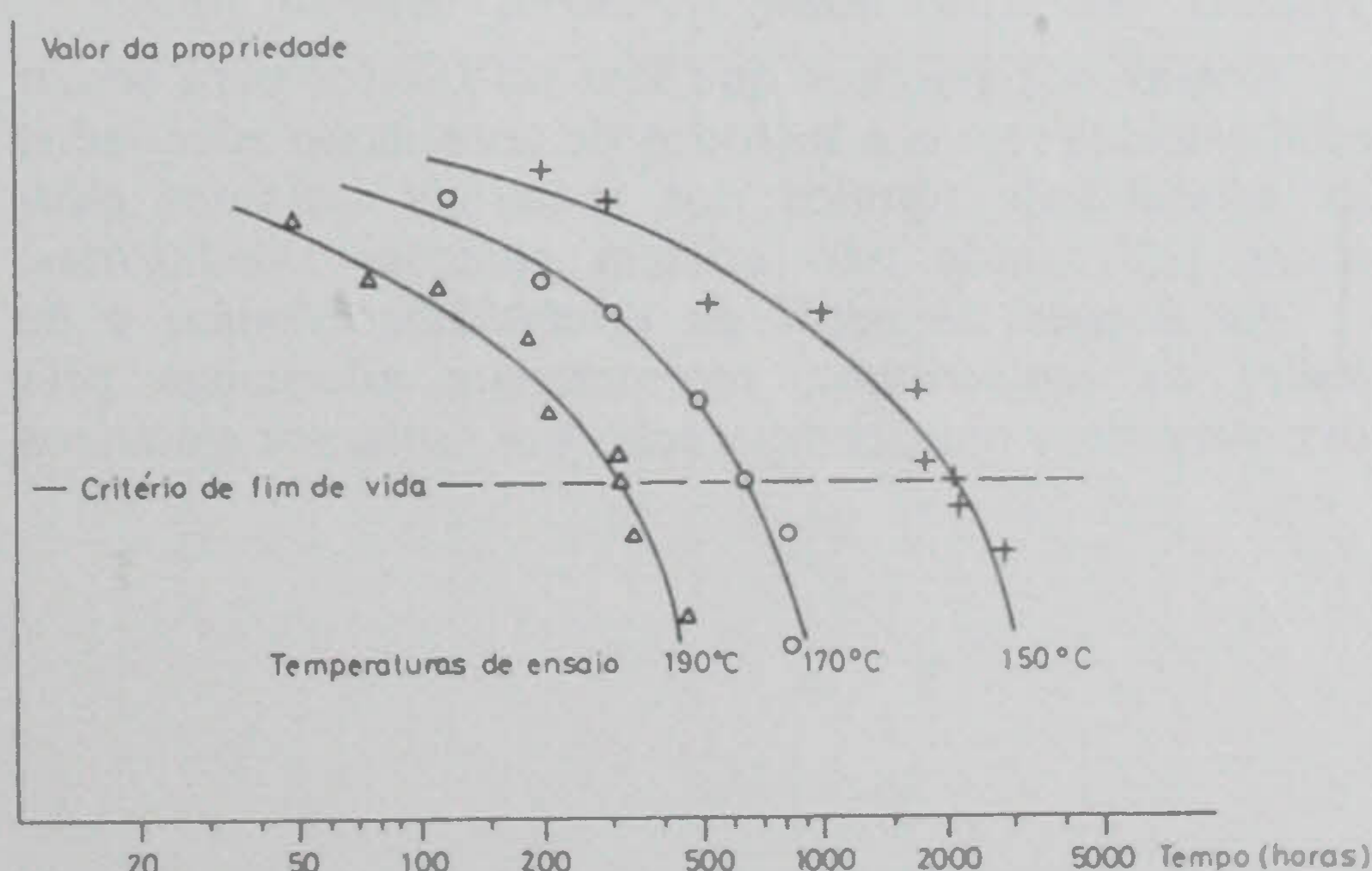


Fig. 4 — Determinação do tempo necessário para atingir o fim de vida a cada temperatura. Critério: variação duma propriedade

Por outro lado, há duas formas de fixar quantitativamente estes critérios:

- por um valor da propriedade em questão, ou da solicitação que o provete do material ainda suporta;
- pela variação, expressa em fracção do valor inicial, da propriedade em questão, ou da solicitação que o material ainda suporta.

Esta segunda forma de definir quantitativamente um critério de fim de vida é menos sugestiva que a primeira do ponto de vista do comportamento do material em serviço, já que nesta situação o que interessa é que as propriedades do material se mantenham acima dum certo nível, indispensável para que ele corresponda às exigências que lhe são feitas.

Além disto, fixar como critério de fim de vida uma certa fracção do valor inicial da propriedade em questão pode desclassificar, em relação a outros, um material que, por ter propriedades iniciais mais favoráveis, até apresente, ao atingir o seu fim de vida, propriedades ainda suficientes para realizar as suas funções; outros materiais de qualidades menos favoráveis mas termicamente mais estáveis, poderiam apresentar índices de temperatura mais elevados.

Isto faz ressaltar, mais uma vez, como se deve ser prudente na interpretação a dar às informações do perfil de estabilidade térmica ou do índice de temperatura de materiais isolantes eléctricos, quando se pretende prefigurar o seu comportamento em serviço e com esse fim comparar vários materiais entre si.

A CEI indica [10], para os diferentes tipos de materiais isolantes eléctricos, classificados segundo a Enciclopédia dos Isolantes Eléctricos ⁽³⁾, as propriedades que, segundo o consenso que a CEI reúne, são as mais adequadas para avaliar a estabilidade térmica dos materiais e fixa o critério de fim de vida respectivo. Assim, por exemplo, para as resinas isolantes sem solvente, líquidas ou pastosas no momento da aplicação e termoendurecíveis por reacção química, as propriedades indicadas como critério de envelhecimento são a massa e a tensão disruptiva; como critério de fim de vida os valores fixados são 5 % de diminuição de massa e 50 % de valor residual da tensão disruptiva, determinada segundo as regras estabelecidas pela CEI [11].

7 — CONCLUSÕES

Apesar dos esforços que têm sido feitos para serem estabelecidas regras e métodos de apreciação adequados da estabilidade térmica dos materiais isolantes eléctricos [12], ainda não existem soluções satisfatórias.

As noções de *perfil de estabilidade térmica* e de *índice de temperatura*, recentemente adoptadas pela CEI, permitem uma comparação dos isolantes eléctricos

bastante mais significativa que a primitiva noção de *classe térmica*. Não existe no entanto qualquer relação estabelecida entre elas e a duração de vida dos isolantes sob certas condições de serviço.

Por outro lado, materiais com os mesmos *perfis de estabilidade térmica* e/ou *índices de temperatura* (isto é, classificados como sendo igualmente estáveis termicamente) podem ter propriedades eléctricas, físicas, químicas, térmicas, mecânicas, etc., muito diferentes, e portanto, convirem para certo equipamento eléctrico e não para outro que, contudo, tenha o mesmo aquecimento em serviço.

O conhecimento da estabilidade térmica dum isolante é indispensável, mas, tal como ela pode actualmente ser definida, tem apenas o interesse duma primeira indicação, que necessita de ser complementada com a experiência adquirida nos equipamentos em serviço. ■

⁽³⁾ Editada pela Association Suisse des Electriciens.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CEI 505 (1975), *Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique*.
- [2] CEI 85 (1957), *Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service*.
- [3] PETER H. G. ALLEN, ARNOLD TUSTIN, *The aging process in electrical insulation: A tutorial summary*, IEEE Trans. Elec. Insul., vol. EI-7, n.º 3 (Set. 1972), pp. 153-157.
- [4] THOMAS, W. DAKIN, *Electrical insulation deterioration treated as a chemical rate phenomenon*, AIEE Trans., vol. 67 (1948), pp. 113-122.
- [5] L. J. BERBERICH, T. W. DAKIN, *Guiding principles in the thermal evaluation of electrical insulation*, AIEE Trans. (Power App. Syst.), vol. 75 (Ago. 1956), pp. 752-761.
- [6] A. M. LOCKIE, *Thermal classification of insulating materials and systems*, Proc. 9th. IEEE Electrical Insulation Conf. (1969), paper 69C 33-EI, pp. 77-79.
- [7] CEI 216-1 (1974), *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques — Première partie: Méthodes générales pour la détermination des propriétés d'endurance thermique, des indices de température et des profils d'endurance thermique*.
- [8] CEI, Document 15B (Secrétariat) 43 (Mar. 1975), *Guide for the determination of thermal endurance properties, thermal endurance profiles and temperature indices of electrical insulating materials. Part. 3: Statistical methods for the determination of thermal endurance profile*.
- [9] ANDREAS KELEN, *Aging of insulating materials and equipment insulation in service and tests*, IEEE Trans. Elec. Insul., vol. EI-12, n.º 1 (Fev. 1977), pp. 55-60.
- [10] CEI 216-2 (1974), *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique des matériaux isolants électriques — Deuxième partie: Liste des matériaux et des essais existants*.
- [11] CEI 243 (1967), *Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles*.
- [12] F. AUGUST GOBA, *Bibliography on thermal aging of electrical insulation*, IEEE Trans. Elec. Insul., vol. EI-4, n.º 2 (Jun. 1969), pp. 31-58.

Características de operação de um relé fotoeléctrico

O. D. D. SOARES
F. V. P. MORAIS

Laboratório de Física
Universidade do Porto

INTRODUÇÃO

Entende-se por relé fotoeléctrico, neste contexto, um tipo de relé que liga e desliga um circuito (por exemplo, iluminação pública), comandado pelo nível de iluminação incidente numa célula fotoeléctrica [1].

O relé possui um sistema de regulação do nível de intensidade luminosa que provoca o disparo do contactor incorporado.

No caso de iluminação pública o nível médio de fluxo luminoso do crepúsculo é em geral considerado de 10 lux, para efeito de regulação. Outras aplicações, naturalmente sugerem valores distintos para acção do relé.

Um circuito de acção retardada evita o funcionamento intempestivo do relé por variações acidentais e momentâneas do nível de iluminação.

Tratando-se de um dispositivo comercializado o relé aparece no mercado com regulação afinada na fábrica. Podem, contudo, surgir alguns problemas na aplicação prática do relé. Um caso típico observa-se na utilização com disparo regulado para os baixos níveis de iluminação. O circuito apresenta respostas diferenciais distintas conforme a intensidade de iluminação

se aproxima do valor de disparo por valores crescentes ou decrescentes. No caso de iluminação pública, por exemplo, este facto pode traduzir-se num eventual acréscimo de custos, por inconveniente resposta do circuito. Surge assim o problema do traçado das características de resposta do relé fotoeléctrico.

FUNCIONAMENTO

O funcionamento do relé é descrito com base no circuito apresentado na fig. 1. A intensidade de corrente da célula fotoeléctrica «CRF», opera sobre o circuito do tipo «Schmitt Trigger» [2] a que correspondem os dois transistores T_1 e T_2 . Um circuito idêntico, corresponde aos transistores T_4 e T_5 encontra-se em série, no circuito que comanda a corrente que energiza a bobine do contactor B. O facto deste tipo de circuito apresentar uma resposta com ciclo histerético justifica a existência de um comportamento diferente conforme se faz a aproximação do nível de intensidade luminosa regulado para disparo, por valores que lhe são maiores ou menores.

O potenciometro R_{20} , permite regular o nível para comutação. O condensador C_3 aumenta o tempo de

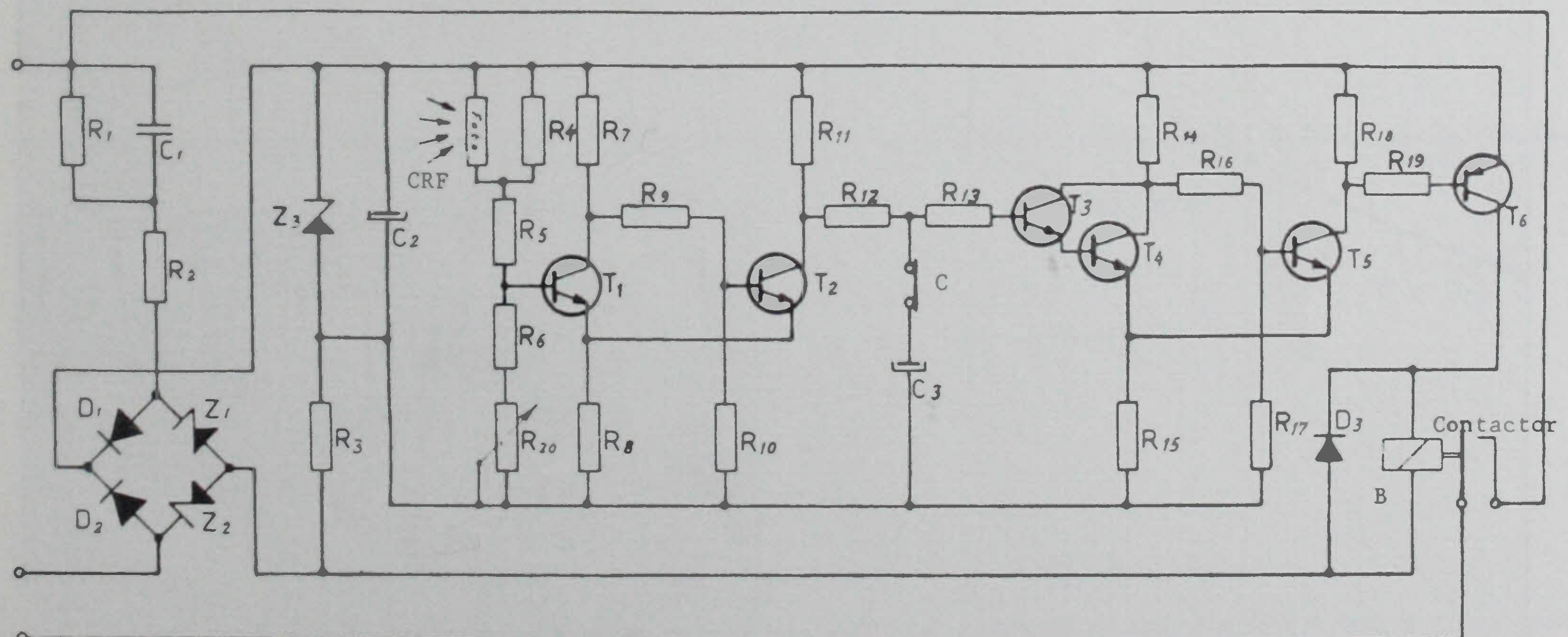


Fig. 1 — Circuito do relé fotoelectrico

resposta do circuito evitando a actuação do circuito para variações transitórias de intensidade luminosa.

Em determinadas aplicações, o comando da iluminação pública é um exemplo, convém conhecer o comportamento do relé, e em particular como é percorrido o ciclo histerético. Tal conhecimento leva a adoptar um procedimento apropriado para regulação do relé em serviço.

Uma forma de explicitar o funcionamento consiste no traçado de duas curvas cujos pontos são definidos tomando por abcissas o valor lido na escala de regulação do relé, e por ordenadas respectivamente os valores da intensidade de iluminação a que se obtém o disparo com a variação da intensidade de iluminação primeiro no sentido crescente, e depois no sentido decrescente. A estas curvas atribuímos a designação de curvas características de comutação do relé.

TÉCNICA DE MEDIDA

O sistema temporizador é desligado (contacto C, fig. 1) para o traçado das curvas características de comutação.

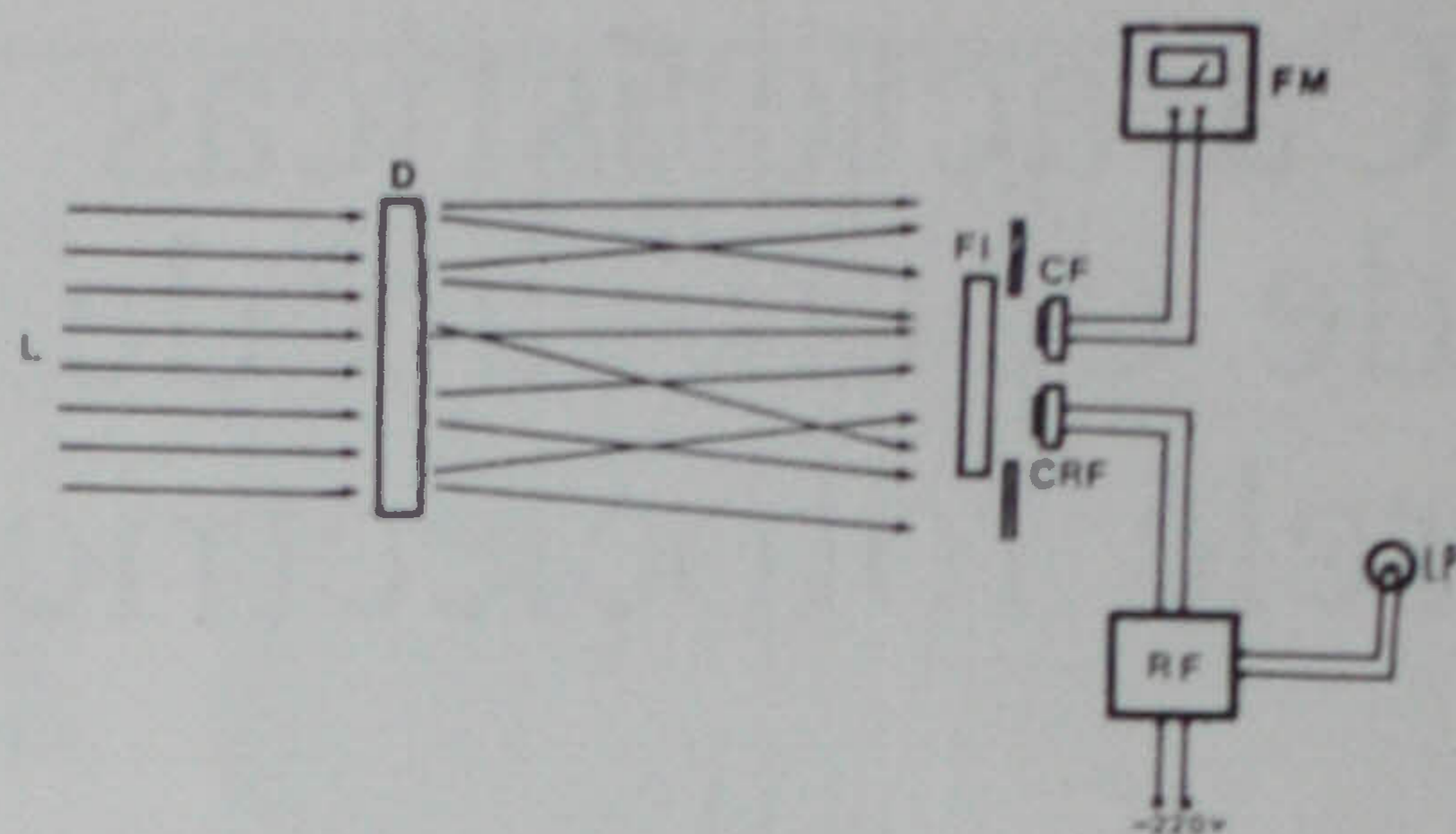


Fig. 2 — Esquema de montagem

- L — Emissor de luz branca uniforme
- D — Difusor
- FM — Fotómetro
- CF — Célula fotosensível do fotómetro
- RF — Relé fotoelétrico
- CRF — Célula fotosensível do relé fotoelétrico
- FI — Filtro neutro calibrado
- LP — Lâmpada monitora

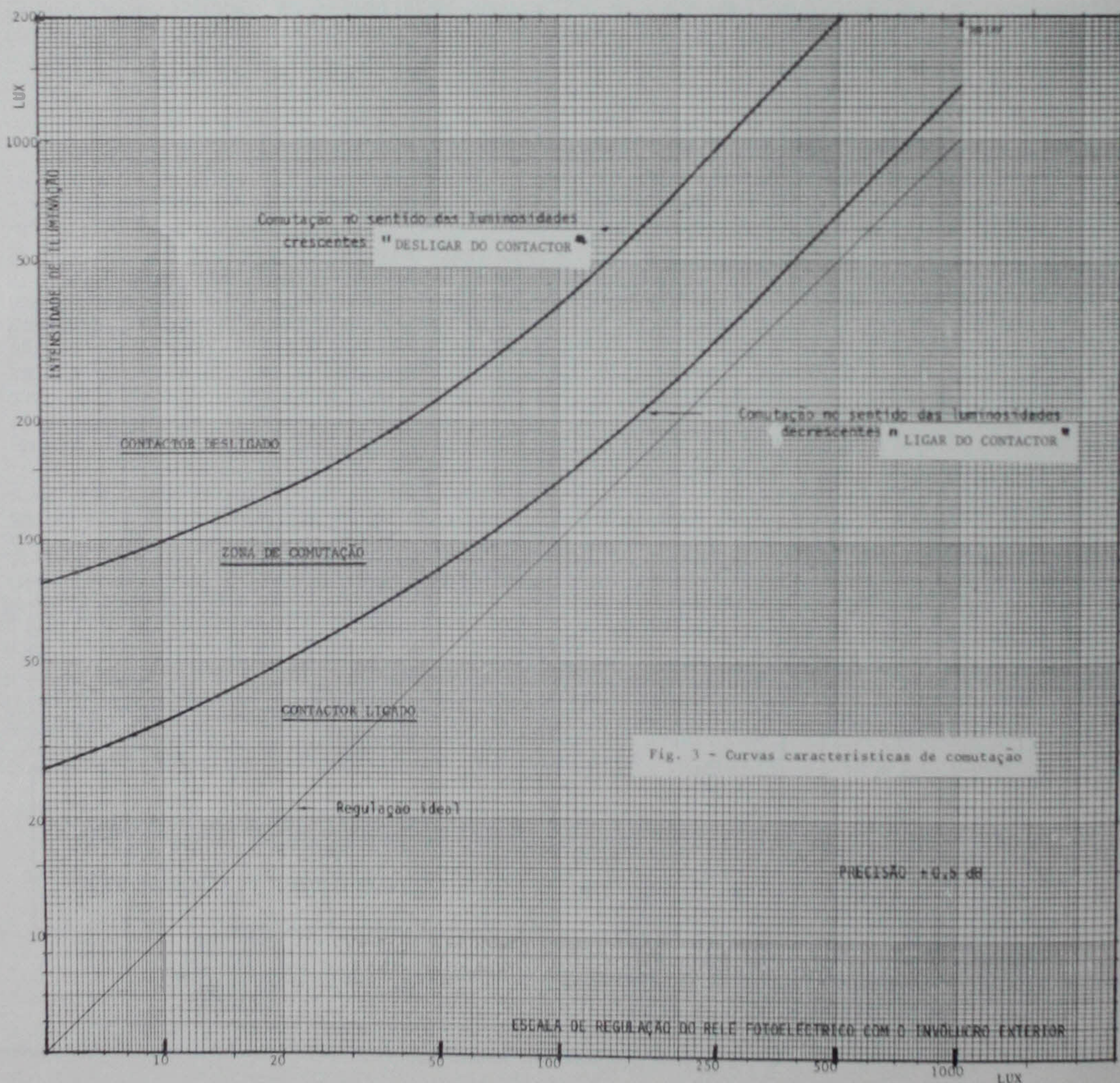


Fig. 3 — Curvas características de comutação

O relé aciona a ligação de uma lâmpada eléctrica que serve de monitor do estado de excitação do relé.

Representa-se no diagrama da fig. 2 o esquema de montagem para as medidas do traçado das curvas características de comutação. A célula fotoeléctrica do relé é iluminada com luz branca difusa de intensidade uniforme e constante. Junto da célula coloca-se um fotodetector que permite a medição da intensidade de iluminação. A constante de tempo do fotodetector é desprezável quando comparada com a do disparo do relé. A intensidade de iluminação varia pela inserção de combinações de filtros calibrados com um escalonamento de 1 dB [3]. No regime de baixas intensidades a comutação realiza-se com constantes de tempo da ordem dos segundos. Garante-se a definição do estado de comutação do relé aguardando por um tempo da ordem dos 70 segundos antes de efectuar cada leitura do nível de iluminação.

A técnica de medida utilizada consiste essencialmente em fixar o ponteiro do regulador do nível de disparo num determinado valor. Varia-se a intensidade de iluminação sobre a célula fotoeléctrica até se obter a comutação do relé que se reflecte no acender ou apagar da lâmpada eléctrica como anteriormente se descreve. A operação de variação de intensidade de iluminação é realizada em duas fases. Numa primeira fase a intensidade cresce até que a lâmpada que se encontrava acesa se apaga. O valor da intensidade de iluminação medido pelo fotodetector define um ponto da curva de «comutação no sentido das luminosidades crescentes» do gráfico da fig. 3.

Na segunda fase a intensidade decresce. A lâmpada que se encontrava apagada acende determinando valor da intensidade de iluminação. O valor desta intensidade de iluminação determina um ponto da curva «comutação no sentido das luminosidades decrescentes». Os pontos da curva ficam definidos com erro inferior a 0,5 dB.

TEMPORIZAÇÃO

O aspecto da temporização não foi considerado em detalhe. Verificou-se contudo, uma variação no tempo de retardamento. O tempo de retardamento vai de 5 minutos para valores do regulador abaixo de 10 lux até valores da ordem dos 10 segundos para uma iluminação superior a 200 lux. Nos níveis intermédios da ordem das dezenas de lux a temporização ronda os 30 segundos.

COMENTÁRIOS

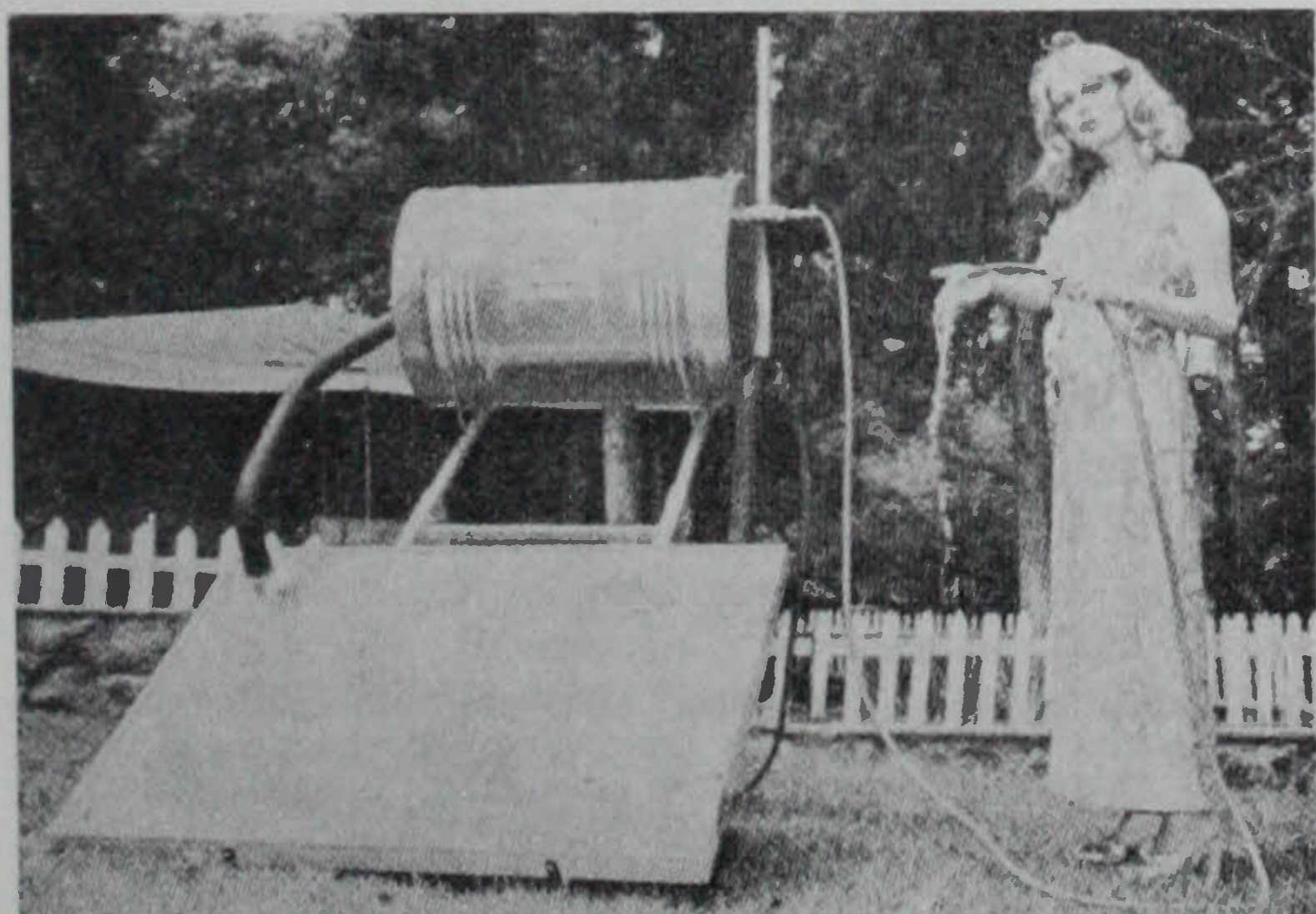
O aparelho é impreciso nas marcações dos níveis de iluminação da escala de regulação. A baixos níveis de iluminação o aparelho é extremamente lento no accionamento do disparo.

Na unidade considerada o relé é cego para iluminações inferiores a 30 lux.

Na regulação do relé dever-se-á ter em conta o tipo de aplicação. No caso de iluminação pública se pretendemos que a iluminação acenda para o nível de iluminação aquando da montagem, após a instalação do relé deve rodar-se o botão de regulação no sentido dos valores da escala até a iluminação acender. ■

REFERÊNCIAS

- [1] R. W. DITCHBURN — Light; Academic Press, N. York, 1976
- [2] J. A. McGRAY, T. A. CAHILL — Electronic Circuit Analysis for Scientists; John Wiley & Sons, N. York, 1973
- [3] O. D. D. SOARES — Holographic Coupler or Waveguide Arrays. Tese, Universidade de Londres, 1976



Este mini aquecedor de água é a última descoberta em aquecimento solar na África do Sul. Desenvolvido por «Solar Systems», ele pode fornecer mais de 100 litros de água quente a 45°C num dia médio da África do Sul.