

Laboratório de materiais da electrotecnicia na Universidade de Luanda

HERMÍNIO DUARTE-RAMOS

Doutor Engenheiro (U.L. — Angola)

Professor Auxiliar da U.L.

1. INTRODUÇÃO

No grupo de disciplinas de Processos Tecnológicos do Curso de Engenharia Electrotécnica na Universidade de Luanda, em Angola, estudam-se os materiais aplicados na electrotecnicia, fundamentalmente repartidos em materiais dieléctricos, condutores e magnéticos, quer sob o ponto de vista teórico quer sob os aspectos práticos das construções e montagens. O respectivo laboratório deverá por consequência ocupar-se dos ensaios científicos e tecnológicos desses materiais. Dada a vastidão dos problemas que este curriculum desperta, exigindo equipamento muito diversificado e numeroso pessoal especializado, programou-se a estruturação do laboratório de Materiais da Electrotecnicia em fases sucessivas de modo a permitir uma evolução paralela das pessoas, do conhecimento e dos meios.

A fase inicial, já em funcionamento didáctico, na disciplina «Ensaio de Alta Tensão» de opção no 5.º ano do Curso de Engenharia Electrotécnica, e de apoio à investigação experimental do Departamento de Electrotecnicia desde o final de 1972, refere-se aos materiais dieléctricos, sobretudo os materiais isolantes gasosos, líquidos e sólidos, por evidência da sua enorme importância tecnológica nas instalações e equipamentos de alta tensão. Os ensaios realizam-se em condições de segurança e protecção adequadas numa cela

de alta tensão, inteiramente concebida e executada pelo pessoal do Departamento, e com aparelhagem que permite utilizar tensões sinusoidais até 200 kV (valor eficaz), tensões contínuas até 400 kV e tensões de choque com picos de 600 kV.

Diferem-se as instalações destinadas ao estudo de outros tipos de materiais para fases posteriores, principalmente nos pormenores que interessarão ao desenvolvimento tecnológico.

2 — CELA DE ALTA TENSÃO

A cela de alta tensão (fig. 1) possui as dimensões de 6 m × 2,5 m, podendo dividir-se em duas celas geminadas se for caso disso.

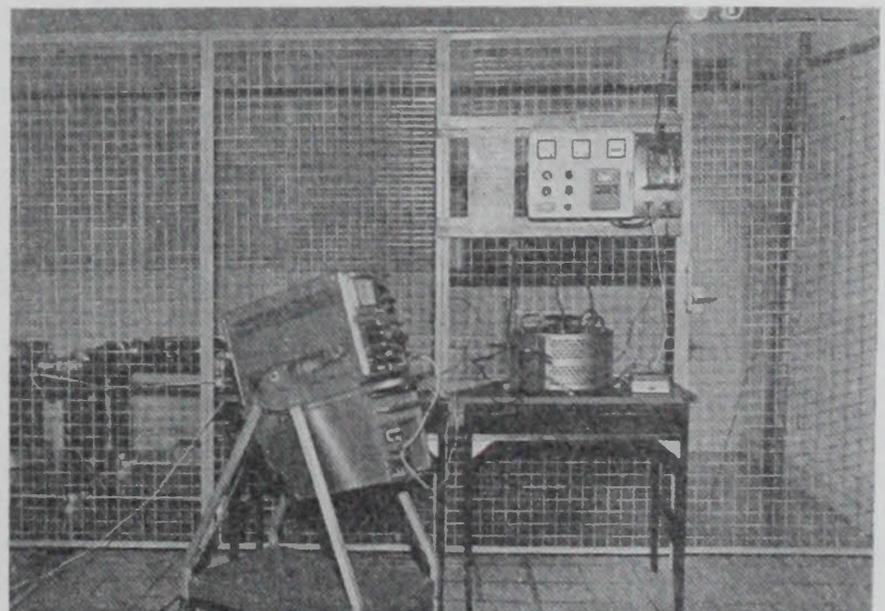


Fig. 1 — Vista geral da cela de alta tensão

A divisória da cela, constituída por painéis de rede metálica com malha quadrada de 4 cm de lado, permite a visibilidade do que se desenrola no interior. Estes painéis são aparafusados a uma estrutura metálica em cantoneira e portanto removíveis quando se exigem maiores distâncias, como por exemplo para examinar fenómenos ao telescópio. Sobre a estrutura metálica assentam no lado exterior duas barras ranhuradas paralelas e espaçadas de 40 cm onde se apoiam aparelhos de comando, protecção, manobra e medição. Esta solução permite uma vantajosa flexibilidade na utilização destes equipamentos, pois a sua intermutabilidade é fácil e imediata.

A porta da cela de alta tensão quando aberta impede, através de um simples micro-interruptor, a aplicação de tensão no seu interior (fig. 2). Fechada a porta a alimentação do transformador elevador da tensão só se faz se uma vara de terra se encontra

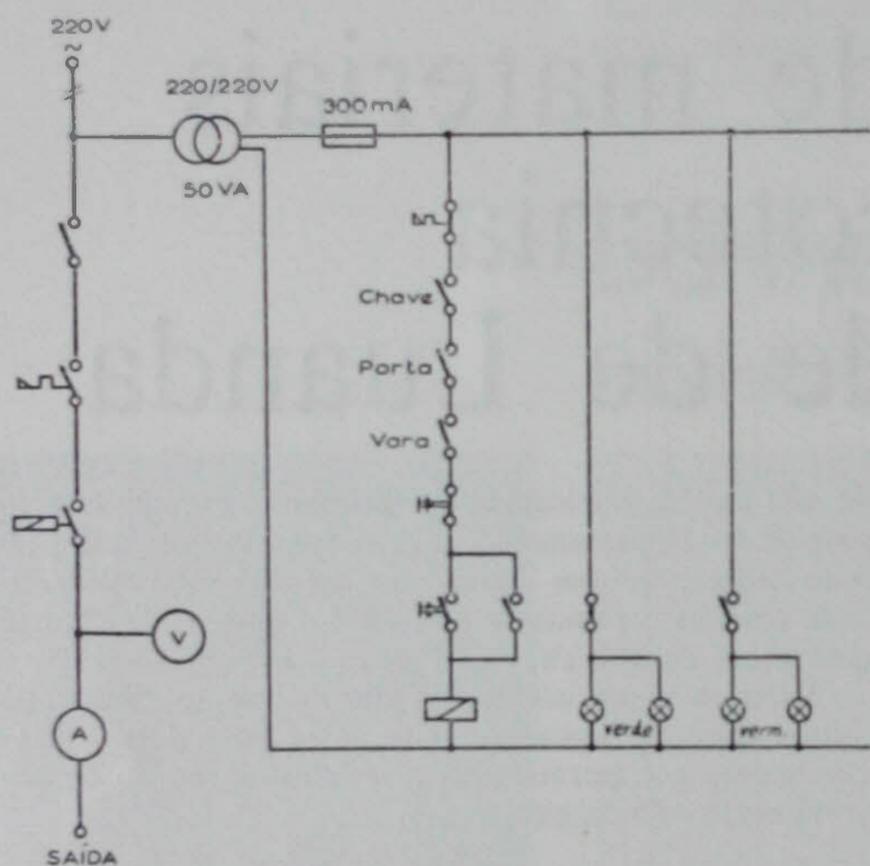


Fig. 2 — Esquema eléctrico da cela de alta tensão e quadro de comando e protecção

pendurada no lado de dentro da entrada, (fig. 1), garantindo-se assim que ao abrir a porta da cela o operador, por embate na vara suspensa, seja avisado que deve ligar à terra toda a instalação interior antes de lhe tocar com a mão. Este procedimento torna-se um hábito que evita perigosos acidentes de electrocussão, causados pelas cargas eléctricas armazenadas em condensadores isolados da terra e por distração natural do experimentador no decurso de vários ensaios consecutivos.

O estado de tensão do equipamento dentro da cela é indicado por sinalizadores luminosos sobre a porta (fig. 1).

Além da vara de terra todas as peças metálicas, inclusivamente as chapas que formam o chão da cela, são ligadas a um eléctrodo de terra de serviço, cuja resistência de terra é garantidamente baixa, para definição de um potencial comum.

A blindagem da cela por uma gaiola de Faraday,

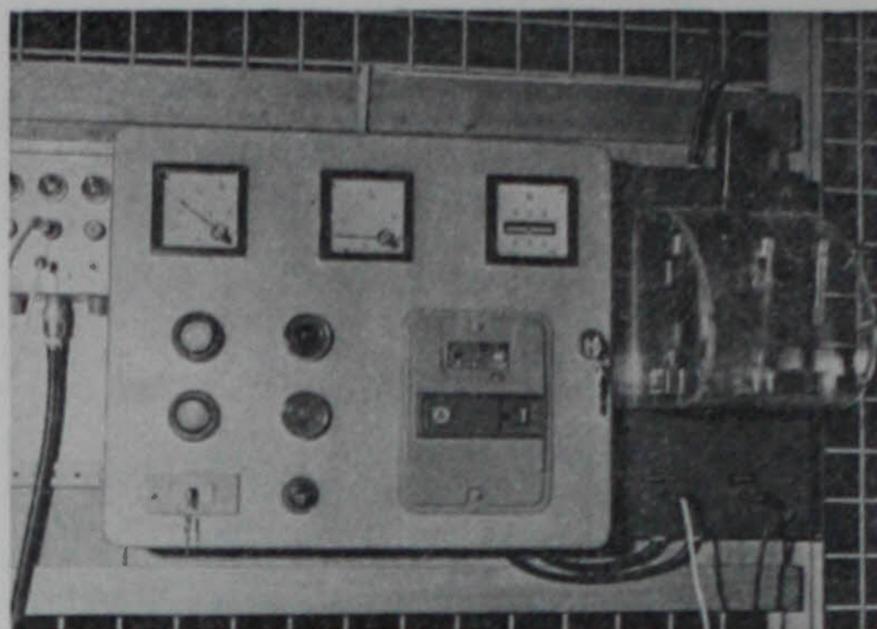


Fig. 3 — Quadro de comando e protecção

necessária em trabalhos de investigação no domínio dos micro-fenómenos, ainda não foi realizada.

3 — QUADRO DE COMANDO E PROTECÇÃO

Para economizar espaço e conseguir uma operação funcional com elevada fiabilidade suspende-se o quadro de comando e protecção (fig. 3, ao centro) nas barras ranhuradas normalizadas.

Um disjuntor de protecção com relés térmicos e electromagnéticos evita os inconvenientes de qualquer anomalia por sobrecarga ou sobreintensidade.

A tensão de alimentação e a intensidade de corrente consumida nos ensaios são indicadas, respectivamente por um voltímetro e um amperímetro montados no quadro ou por aparelhos equivalentes de maior precisão suspensos nas régua normalizadas ou colocados sobre mesas junto aos painéis da cela.

Os regulamentos impõem que o circuito de alimentação dos equipamentos interiores à cela seja interrompido por um interruptor de facas e à vista (fig. 3, à direita), de maneira a fornecer a garantia de segurança e conforto psicológico a qualquer operador que penetre na cela de alta tensão.

Além disso, para que só uma pessoa competente possa utilizar a cela, o quadro apenas será manobrado eficientemente na presença de uma chave de segurança, que se retira após a realização dos ensaios.

O comando de alimentação (fig. 2), uma vez fechados os interruptores de chave e de facas e ainda o disjuntor de protecção, é efectuado por botoneira de ligar com sinalização de ligado e botoneira de desligar com indicação luminosa de desligado. O circuito de energia é portanto manobrado por contactor.

Também de acordo com as recomendações internacionais todas as saídas da cela são protegidas por disruptores de néon (fig. 3, à esquerda) antes de se ligarem aos equipamentos de medição, para que não seja possível aplicar a alta tensão aos aparelhos ou aos operadores em caso de defeito ou engano.

4 — PRODUÇÃO DE ALTAS TENSÕES

As altas tensões exigidas pelos ensaios são obtidas por elevação da tensão da rede distribuidora num

transformador de ensaios, monofásico, tipo de cuva isolante, com a relação de transformação $2 \times 220/100\,000$ V, potência nominal 5 kVA e tensão de curto-circuito de 5%. Assim se conseguem altas tensões sinusoidais cujo valor se varia por manipulação de um auto-transformador ligado aos terminais do primário do transformador de ensaios e que, a partir da tensão do sector a 220 V, permite um comando contínuo da tensão de saída desde zero até 100%. Evidentemente que para se conseguir por este processo uma alta tensão sinusoidal rigorosamente certa é preciso que a rede eléctrica entregue uma tensão sem variações e que os transformadores não introduzam distorções. A primeira condição é garantida pelas máquinas rotativas da Central do Departamento de Electrotecnia, enquanto a segunda é satisfeita pelos dimensionamentos adequados dos transformadores destinados a ensaios laboratoriais (mas em casos de investigação muito rigorosos utilizar-se-ão filtros convenientes). Ainda se dispõe de outro transformador igual que se poderá ligar em cascata com o primeiro, e assim dispor de 200 kV colocando simplesmente um transformador sobre o outro visto que se trata de transformadores do tipo de cuva isolante.

As altas tensões contínuas obtêm-se através do sistema anterior por rectificação adequada, com rectificadores de selénio cuja tensão de bloqueio é de 140 kV e corrente nominal de 5 mA, em conjugação com condensadores de capacidade e tensão determinadas pelos diversos esquemas característicos da multiplicação de tensão (Villard, Greinacher, Zimmermann-Witka).

As altas tensões de choque produzem-se a partir das tensões contínuas e com base no princípio do esquema de Marx, por meio de um disruptor de esferas com 10 cm de diâmetro e afastamento máximo de 8 cm comandando à distância, antepondo uma resistência de protecção de 10 M Ω , 60 W e isolada para 140 kV, condensador de choque em selénio para 140 kV e 6000 pF, resistência de descarga de 9500 Ω e respectiva resistência de amortecimento de 416 Ω no caso de se gerarem impulsos 1,2/50 μ s (fig. 4). A modificação dos valores destes elementos altera os tempos de frente e de semi-cauda dos impulsos, sendo possível gerar-se tensões de choque com as características seguintes: 1,2/5; 1,2/10; 1,2/50; 1,2/200. O disparo do gerador de ondas de choque pode ser comandado electronicamente.

5 — MEDIÇÃO EM ALTA TENSÃO

É claro que para se efectuarem os ensaios não basta produzir altas tensões, mas é ainda importante conhecer-se o seu valor. Daí a necessidade de assimilar toda uma técnica de medição muito específica, utilizando aparelhagem própria (divisores de tensão, medidor de picos, disruptor de esferas, aproveitamento do osciloscópio, etc.), realizando esquemas mais ou menos rigorosos (na medição de valores eficazes ou máximos, e de impulsos com condensadores de acoplamento ou em pontes, etc.) e alertando a possibilidade de medidas erróneas (influência de ruídos, perturbações de capacidades distribuídas, adaptação de cabos de medição, etc.).

Neste contexto o laboratório possui equipamento básico de medição: voltímetros e amperímetros para valores médios, eficazes e de pico, divisores capaci-

vos, condensadores de acoplamento, osciloscópios de raios catódicos, disruptor de esferas para medição dos picos da tensão, barómetro e termómetro, detector de descargas parciais e cabos coaxiais. Além disso existem outros equipamentos especiais como pontes de medição, aparelhos electrostáticos, medidor da permissividade, traçador de equipotências, etc.

Conforme o tipo de ensaio assim se utilizam os instrumentos de medição exigidos, montados sobre mesas encostadas à rede metálica da cela.

6 — ENSAIOS BÁSICOS DA TECNOLOGIA DE ALTA TENSÃO

Com o equipamento referido podem executar-se os ensaios fundamentais da tecnologia de alta tensão no que se refere ao estudo do comportamento dos materiais isolantes sob campos eléctricos elevados.

Pratica-se a medição de altas tensões alternadas, contínuas e de choque pelos métodos mais frequentes de divisores de tensão, osciloscópio e instrumentos especiais, ao mesmo tempo que se montam os diversos esquemas de gerar as altas tensões pretendidas.

Depois estuda-se a disrupção do ar atmosférico sob os três tipos de tensões consideradas, a influência da inuniformidade do campo eléctrico (fig. 5) e efeitos de carga espacial por meio de diversas configurações

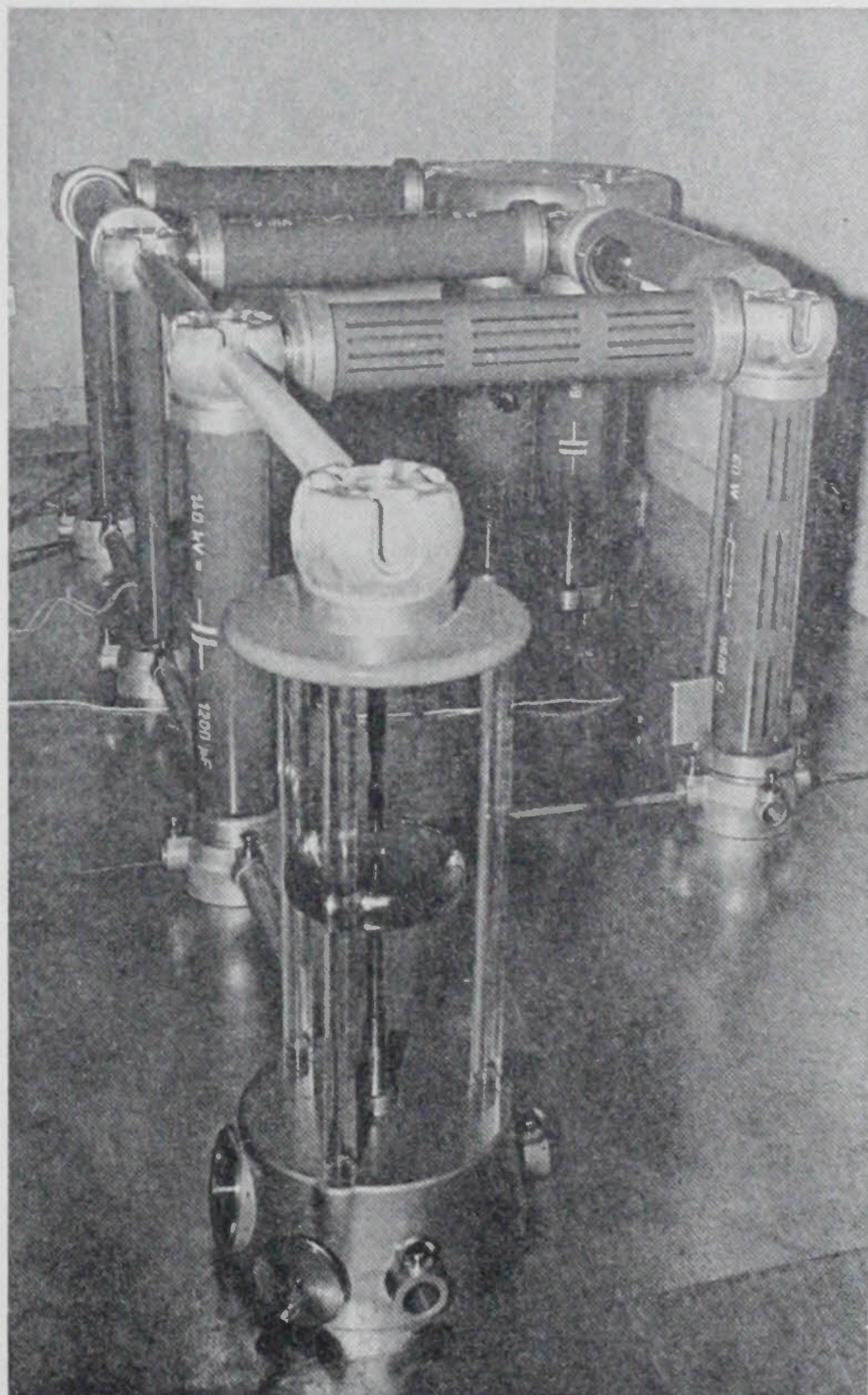
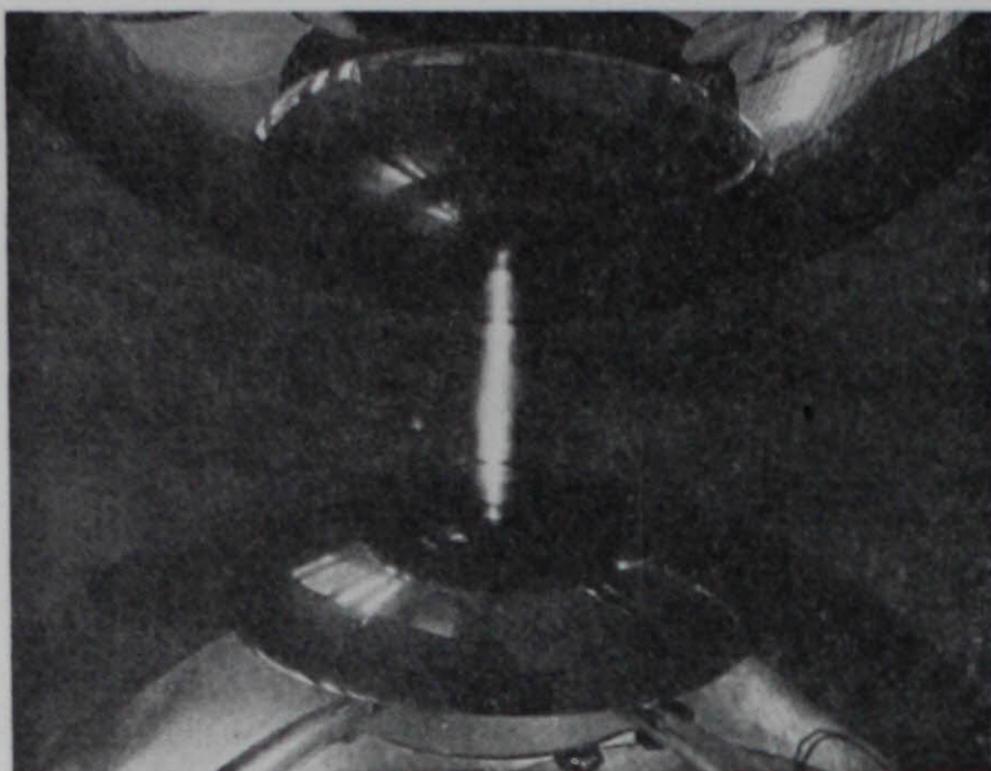
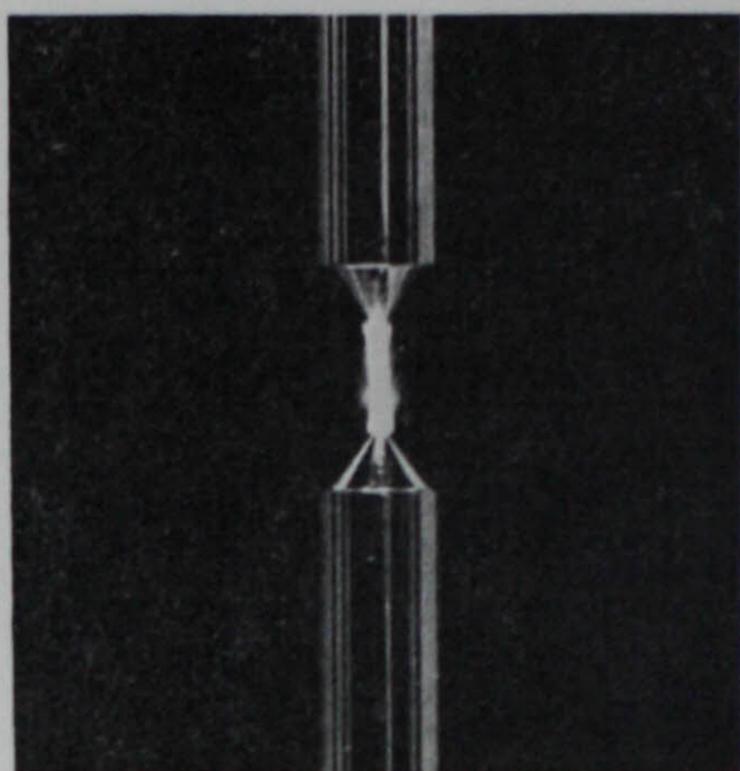


Fig. 4 — Montagem do esquema de Marx na produção de tensões de choque



a) Num disruptor de esferas



b) Num disruptor de pontas

Fig. 5 — Disrupção do ar atmosférico sob tensões de choque

de eléctrodos (esferas, planos, ponta-plano), variação com a distância disruptiva e função da pressão. Podem usar-se outros gases isolantes, por exemplo, o hexafluoreto de enxofre. Em seguida praticam-se ensaios de disrupção de óleos de transformadores. E, finalmente analisam-se fenómenos em isolantes sólidos, com descargas parciais em cavidades, descargas superficiais em polímeros (polietileno, policloreto de vinilo, epóxido) e descargas de contornamento em isoladores. Numa estufa devidamente controlada ainda se poderá estudar a contribuição da temperatura na disrupção de materiais isolantes.

Um tipo de ensaio importante é a medição do factor de perdas dieléctricas e da permitividade em função da tensão, sobretudo pela ponte de Schering; a respectiva dependência da frequência estuda-se ainda numa ponta especialmente concebida para esse fim.

Outro aspecto fundamental da tecnologia de alta tensão reside na determinação experimental da distribuição do campo eléctrico, como se faz exigência na concepção de caixas de cabos, perfis de isoladores, etc. Os métodos da cuva electrolítica, da lâmpada de descarga e da ponte com detector de zero são suscep-

tíveis de fácil montagem para traçado das linhas equipotenciais à volta dos correspondentes provetes.

7 — CONCLUSÕES

Apercebe-se que a primeira fase deste laboratório preenche pedagogicamente uma grave lacuna na formação tradicional dos engenheiros electrotécnicos dentro do domínio da energética. Não é sua função porém cumprir programas de investigação na tecnologia da alta tensão, pois para tal se requerem equipamentos de maior potência e tensões nominais muito superiores, mas permite revelar os mesmos princípios dos fenómenos essenciais hoje conhecidos nessas tensões muito altas ao mesmo tempo que contribui na investigação fundamental sobre a fenomenologia da matéria.

É imediato que o seu apetrechamento requer continuidade, actualização e complementaridade. O que hoje existe é tão somente um ponto de partida em meios e em preparação de experimentadores para o Laboratório de Alta Tensão que se prevê nas instalações definitivas da Universidade ■