

quantidade de fase líquida presente às temperaturas de serviço.

O modo mais correcto de corrigir este efeito é a adição de magnesite, numa quantidade tal que compense as perdas havidas por absorção nos grãos de espinela. A microestrutura dos refractários cromíticos assim obtidos caracteriza-se por grandes grãos de espinela ligados por uma matriz contendo, principalmente, forsterite e monticelite ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), esta última devido à presença do óxido de cálcio como impureza.

A adição de magnésia em excesso provoca a formação de grãos de periclase, obtendo-se neste caso refractários cromo-magnésíticos, já descritos anteriormente.

Refractários forsteríticos

São materiais constituídos, essencialmente, por forsterite, composto de fusão congruente a 1800°C (fig. 14). Na produção de forsterite, a matéria-prima é a olivina (solução sólida de forsterite e faialite ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$)), que é calcinada após uma adição de magnesite destinada a aumentar a razão MgO/SiO_2 para valores próximos de 2, mas um pouco superiores.

3.1.3 — Abrasivos

Os abrasivos têm como constituinte essencial uma fase dura que fornece uma grande quantidade de partículas com arestas agudas. Essas partículas são aglutinadas por meio de um ligante, de modo a resultar uma estrutura porosa que forneça canais para um fluxo de ar ou líquido de arrefecimento.

Os grãos duros de abrasivos mais usualmente empregados são a alumina e o carboneto de silício. Os grãos de alumina são mais resistentes e gastam-se mais lentamente do que os de carboneto de silício, mas não são tão duros como estes. Por outro lado, os grãos de carboneto de silício, que têm um comportamento mais eficiente como materiais de desgaste, tendem contudo a fracturar durante o uso, tornando assim mais curta a vida do abrasivo.

Em ambos os tipos de abrasivos, os grãos individuais são colados a uma roda, papel ou tecido para a produção de discos abrasivos, ou moldados, conjuntamente com a fase ligante, para a produção de rebolos. A aglutinação das partículas abrasivas é feita mais ou menos fortemente conforme o uso em vista para o abrasivo, uma vez que é conveniente que os grãos se desprendam do material de ligação, logo que as suas arestas se tornem embotadas.

Os materiais de ligação usuais incluem ligantes de cerâmica cozida e uma grande variedade de resinas e borrachas. Os ligantes de cerâmica cozida são relativamente duros, têm uma vida longa e podem ser usados satisfatoriamente a altas velocidades, pelo que são preferidos para a produção de rebolos de desgaste.

Independentemente do material abrasivo e do material de ligação que sejam usados, a estrutura global do abrasivo é sempre semelhante à ilustrada pela figura 15, na qual se mostram secções de rebo-



(a)



(b)

Fig. 15

Microestrutura de cerâmicos abrasivos

(a) secção de um rebolo de carboneto de silício, sem contrastação (50×)

(b) rebolo de óxido de alumínio, sem contrastação (100×)
Em ambos os casos, as zonas claras representam grãos, as zonas cinzentas ligante e as escuras são poros. (Ref. 1)

los de carboneto de silício e de alumina. Em ambos os casos, é de notar que a estrutura do rebolo é aberta, com uma grande fracção de vazios destinada a permitir um arrefecimento eficiente, quer por circulação de ar quer por meio de líquidos de refrigeração, durante as operações de desgaste. Isto também permite que os grãos fracturem e se destaquem à medida que vão ficando usados.

3.2 — Cerâmicos especiais

Os materiais que integram este grupo caracterizam-se pela sua elevada pureza e são essencialmente monofásicos. O seu desenvolvimento é bastante

recente, crescendo dia a dia o seu número e as suas aplicações. De um modo geral, estes cerâmicos conseguem reunir um conjunto de propriedades mecânicas, refractárias, eléctricas, magnéticas e ópticas que os tornam dificilmente substituíveis em determinadas aplicações.

As propriedades destes materiais dependem grandemente da microestrutura, pelo que a análise e controle desta são etapas necessárias dos processos de fabrico e controle de qualidade. Os caracteres microestruturais que importa conhecer são o tamanho de grão, a distribuição de tamanhos de grão, a porosidade e sua localização e, ainda a eventual presença de inclusões. Estes caracteres são directamente afectados pelas condições (temperaturas e tempos) de calcinação e de sinterização, e/ou pela presença de quantidades diminutas de aditivos.

3.2.1 — Óxidos

Constituem o grupo de cerâmicos especiais mais estáveis a altas temperaturas e em atmosferas oxidantes, pelo que as suas utilizações se situam, principalmente, em domínios onde prevaleçam estas condições.

Essencialmente monofásicos, estes materiais são formados por um óxido simples ou uma solução sólida, com dois ou mais óxidos constituintes. São geralmente policristalinos, mas podem, mais raramente, formar monocristais grandes e relativamente perfeitos, com campos de aplicação muito especializados, em particular na indústria electrónica.

O mais utilizado dos óxidos puros é a alumina, na variedade α Al_2O_3 , designada por corindo. Tem sido aplicada desde 1930 como isolador de velas de ignição. Mais recentemente, tem vindo a ser usada nas indústrias electrónica (para substractos de circuitos integrados) e metalomecânica (peças de máquinas sujeitas a desgaste, especialmente em meios corrosivos, ferramentas de corte para alta velocidade, etc.). O corindo obtém-se por calcinação do hidróxido de alumínio, resultante da purificação da bauxite. A temperatura de calcinação é um parâmetro muito importante, pois afecta a microestrutura obtida após a sinterização: com efeito, para a mesma temperatura e tempo de sinterização (1600°C, 2 horas), uma calcinação a 1200°C origina uma microestrutura fina e regular, enquanto uma calcinação a 1400°C dá um grão final mais grosseiro e heterogéneo.

A magnésia (MgO) e a zircónia (ZrO_2) são, também, óxidos simples com vastos campos de aplicação. Devido às suas elevadas temperaturas de fusão (2800°C e 2750°C, respectivamente) e grande estabilidade química, são usados como refractários para a fusão de metais reactivos, particularmente em trabalhos laboratoriais.

Recentemente, desenvolveu-se um grande interesse na produção de óxidos puros (alumina e magné-

sia) isentos de porosidade e com tamanho de grão controlado, o que os torna transparentes (fig. 16).

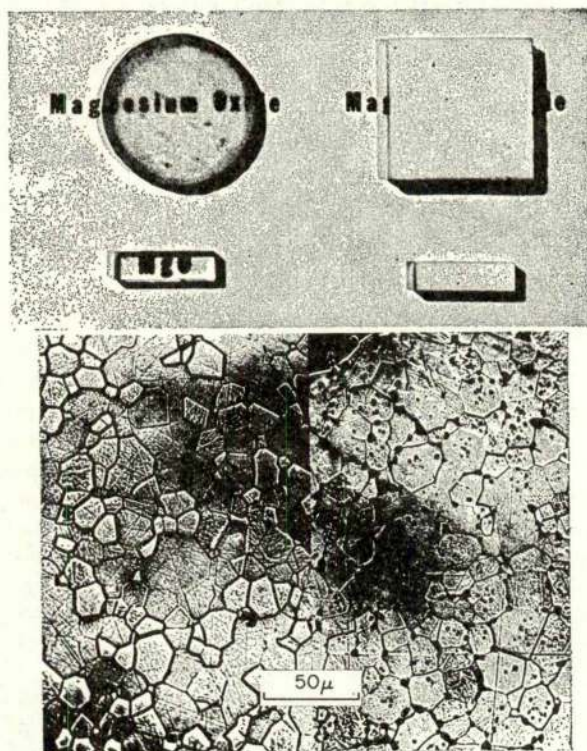


Fig. 16

Magnésia policristalina

A esquerda: prensada a quente com adição de LiF e subseqüente tratamento térmico.

A direita: sinterizada comercialmente.

As microestruturas de ambos os espécimes são representadas em baixo. (Ref. 14)

São utilizados como visores em fornos de alta temperatura e, por serem permeáveis às radiações electromagnéticas, são aplicados no fabrico de «radomes» (para foguetões teleguiados). Estes materiais são obtidos através da adição de quantidades diminutas de aditivos, que controlam as velocidades de crescimento do grão e permitem a eliminação da porosidade no último estágio de sinterização.

Finalmente, é de referir a utilização de óxidos mistos tais como a espinela de alumínio-magnésio ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) que, devido ao seu elevado ponto de fusão, é considerada um refractário especial.

3.2.2 — Carbonetos e nitretos

Estes compostos destinam-se a aplicações que envolvem temperaturas extremamente elevadas, nomeadamente na aeronáutica e cosmonáutica. Devido à sua elevada dureza, são também utilizados como abrasivos e materiais de corte.

Com excepção de algumas formas de carboneto de silício e de tungsténio, estes cerâmicos são ainda

mal conhecidos e de produção muito difícil. Só a partir dos últimos dez anos começaram a ser obtidos alguns produtos com características aceitáveis.

Devido à sua natureza frágil, que se estende por uma vasta gama de temperaturas, têm um uso limitado como materiais estruturais, sendo principalmente utilizados para revestimentos. Destes compostos, os mais correntes são os carbonetos de silício, de tungsténio e de háfnio, assim como os nitretos de silício e de alumínio. O nitreto de silício é o material cerâmico que apresenta melhor resistência ao choque térmico.

3.2.3 — Combustíveis nucleares

A utilização de compostos de urânio de natureza cerâmica como material combustível foi iniciada com a segunda geração de reactores nucleares — reactores arrefecidos e moderados a água. O objectivo a atingir foi possibilitar a operação do reactor a temperaturas mais elevadas. De entre os diversos compostos potencialmente utilizáveis como combustíveis nucleares, prestou-se especial atenção ao dióxido de urânio, ao dióxido de plutónio e ao carboneto de urânio que são, presentemente, usados em quase todos os reactores nucleares de potência em funcionamento.

O dióxido de urânio é, geralmente, utilizado na forma de pastilhas cilíndricas com cerca de 10 mm de diâmetro, empilhadas e envolvidas por uma bainha estanque. As condições de funcionamento dum reactor são tais que se geram elevados gradientes térmicos (de cerca de 2200°C no eixo a cerca de 600°C na periferia das pastilhas). Assim, é fundamental analisar e controlar a estrutura do material, por forma a assegurar um bom comportamento durante a sua utilização. A análise microestrutural é, pois, obrigatória no controlo de qualidade da produção de pastilhas para elementos de combustível: importa conhecer o tamanho, distribuição de tamanhos, forma e distribuição dos poros, o tamanho e distribuição dos tamanhos dos grãos, a eventual presença de segundas fases, a existência de microfendas, etc.

Mais recentemente e para utilização nos reactores de alta temperatura (HTR), com o objectivo de minimizar o referido gradiente térmico, usam-se pequenas esferas de dióxido de urânio ou carboneto de urânio — «Kernels» — envolvidas por uma bainha de outros materiais cerâmicos, que se destina a reter os produtos da fissão. Alguns dos materiais que têm sido ensaiados para esta bainha são a alumina, o carboneto de silício, o carbono pirolítico, etc. Por sua vez, as esferas são dispersas numa matriz de grafite, que lhes serve de suporte.

3.2.4 — Cerâmicos magnéticos

Os materiais magnéticos (metálicos ou cerâmicos) dividem-se em dois grandes grupos: macios e duros. Esta divisão é determinada pela forma do

ciclo de histerese dos materiais (curva BH ou MH), em particular pela sua força coerciva (resistência à desmagnetização), a qual é muito elevada nos magnetos duros, por isso chamados permanentes.

Relativamente aos magnetos metálicos, os magnetos cerâmicos apresentam duas grandes vantagens: são muito mais baratos e têm muito menor densidade. Há casos, no entanto, em que os magnetos metálicos são os únicos apropriados: isto acontece quando são necessárias uma elevada magnetização remanescente e uma elevada magnetização de saturação. Por outro lado, quando se requerem magnetos duros e não se exigem elevadas magnetizações remanescente e de saturação, os cerâmicos têm a vantagem de apresentar uma força coerciva muito maior que os metais.

Os magnetos cerâmicos têm a designação geral de ferrites. Quimicamente, consistem em misturas de óxidos, sendo predominante o óxido de ferro. A estrutura cristalográfica, no entanto, varia. Assim, as espinelas (magnetos macios) são cúbicas de faces centradas, as magnetoplumbites (magnetos duros) são hexagonais e as granadas (magnetos para aplicações específicas) têm uma estrutura muito complexa.

Também neste caso é fundamental o estudo da microestrutura, dado que esta determina algumas das propriedades mais importantes destes materiais, em particular a permeabilidade magnética e o ciclo de histerese. Assim, o tamanho de grão, a porosidade e as inclusões são parâmetros críticos que é necessário controlar.

3.2.5 — Electrocerâmicos

A designação de electrocerâmicos costuma, também, aplicar-se a cerâmicos tradicionais utilizados como isoladores de baixa e alta-tensão. Neste caso, os materiais usados são porcelanas vitrosas ou porcelanas modificadas com a introdução de talco ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) na mistura de sílica e argila.

Neste sub-capítulo queremos, no entanto, referir os cerâmicos especiais que, devido a algumas propriedades eléctricas específicas, encontram aplicações muito especializadas.

Há três grupos importantes destes materiais: os isoladores, os semicondutores e os piezoeléctricos e ferroeléctricos.

3.2.5.1 — Isoladores e semicondutores

Intrinsecamente, os cerâmicos são materiais isoladores, visto a sua condutividade eléctrica ser muito baixa (inferior a $10^{-6} \text{ m}\Omega/\text{m}$). É possível, no entanto, por introdução de defeitos na rede cristalina, provocar condições para que se verifique um aumento da condutividade, tornando os materiais semicondutores.

Dos isoladores mais utilizados destaca-se a alumina, como foi referido a propósito dos óxidos.

Como semicondutor, a zircónia estabilizada possui uma condutividade eléctrica apreciável devido à mobilidade dos iões oxigénio, a qual tem lugar numa larga gama de temperaturas. A zircónia pura (ZrO_2) sofre diversas transformações cristalográficas que podem conduzir à fractura do material quando se atravessam as temperaturas de transformação, pelo que é necessário recorrer a adições de CaO e/ou MgO ou Y_2O_3 , que originam a formação de uma fase cúbica estável que permite a desejada condutividade iónica do material. Assim se obtém a zircónia estabilizada. No entanto, é preciso ter o cuidado de evitar um arrefecimento lento ou certos tratamentos térmicos após a sinterização, os quais podem provocar a desestabilização do material através do reaparecimento da fase monoclinica, que tem péssimos efeitos na resistência mecânica.

Em medições de temperatura, são actualmente muito utilizadas resistências cerâmicas com um coeficiente de temperatura negativo. Para tal, são usados materiais cerâmicos constituídos por $30\% \text{Cu}_2\text{O} - 70\% \text{Al}_2\text{O}_3$, os quais têm de ser recozidos a 1200°C , para estabilizar a fase semicondutora $\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. Esta fase é facilmente identificável ao microscópio, pelo que através da observação da microestrutura se obtém informações acerca da condutividade destes materiais.

São também semicondutores o di-siliceto de molibdénio (MoSi_2) e o carboneto de silício (SiC), usados como resistências de fornos de alta temperatura com atmosfera de ar.

3.2.5.2 — Piezoeléctricos e ferroeléctricos

São piezoeléctricos todos os materiais que transformam a energia mecânica em energia eléctrica, e vice-versa. Com efeito, as tensões mecânicas fazem deslocar os iões dos cristais e, quando estes não têm centro de simetria, resulta neles uma polarização (diferença de potencial).

Como exemplo destes materiais temos o quartzo, o titanato de bário, o titanato de chumbo e o titanato zirconato de chumbo e lantânio (PLZT).

O quartzo tem pouca sensibilidade a este fenómeno, pelo que é necessária uma amplificação do sinal eléctrico. É usado como monocristal.

Os titanatos de bário e chumbo são usados preferencialmente consoante a gama de temperaturas requerida: o primeiro deve ser usado só abaixo de 70°C , sendo preferível o titanato de chumbo para temperaturas superiores.

Finalmente, os materiais designados por PLZT são policristalinos e têm a fórmula geral ABO_3 , onde A e B podem ser os catiões chumbo, lantânio, zircónio ou titânio, o que justifica aquela designação. Estes cerâmicos são duros, não porosos, quimicamente inertes e não sensíveis à humidade do ar ou outras condições atmosféricas. Mecanicamente, são extrema-

mente «rígidos», sendo capazes de suportar forças muito elevadas.

Os cerâmicos piezoeléctricos têm uma vasta gama de aplicações, desde os isqueiros (onde são usados como geradores para a ignição) até aos transdutores utilizados nos microfones, altifalantes, giradiscos, rádio, televisão e telecomunicações.

Um exemplo de um material ferroeléctrico é o titanato de bário (BaTiO_3) acima referido. Estes materiais são caracterizados por possuírem uma curva de polarização (polarização em função do campo eléctrico) análoga à curva BH dos ferromagnéticos, existindo, também, uma polarização remanescente e um campo eléctrico coercivo. Tal como os ferromagnéticos, também os materiais ferroeléctricos têm uma temperatura acima da qual deixam de apresentar o comportamento descrito: esta é a temperatura de Curie, a qual é cerca de 110°C para o BaTiO_3 .

A aplicação mais corrente dos cerâmicos ferroeléctricos é o seu uso em condensadores.

3.2.6 — Vidros cerâmicos

Em 1957, Stookey desenvolveu um método de fabrico de materiais cerâmicos muito úteis, a partir da nucleação e cristalização controlada de vidros. A técnica consiste em fundir o material vítreo com a adição de uma substância que promova a nucleação, seguindo-se a sua moldagem na forma desejada. Depois de frio, o material é reaquecido até uma temperatura que permita a formação de pequenos núcleos cristalinos dispersos no vidro, sendo mantido à temperatura até uma significativa ou completa recristalização, obtendo-se como produto final um material cristalino, 100% denso (sem poros) e com elevada resistência mecânica.

Há três grupos de vidros cerâmicos, que podem suportar temperaturas na gama dos $1300^\circ - 1700^\circ\text{C}$.

O primeiro é o grupo dos vidros cerâmicos de mulite ($2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$), que é caracterizado por ser transparente a temperaturas até 1200°C e por excelentes propriedades dieléctricas, boa resistência mecânica e estabilidade química.

O segundo é o grupo dos vidros cerâmicos «hexacelsian» e inclui os mais refractários vidros cerâmicos até agora obtidos. Baseados no sistema bário-feldspato, com muito pequenas quantidades de aditivos, estes materiais trabalham a temperaturas de 1700°C , sendo alguns deles translúcidos a estas temperaturas.

O terceiro é o grupo dos vidros cerâmicos do sistema $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$, que não podem ser usados acima de 1400°C . São materiais com baixo coeficiente de dilatação, têm boas propriedades dieléctricas e considerável resistência mecânica. São opacos, mas têm a vantagem de terem um ponto de fusão (1650°C) mais baixo que os dois primeiros grupos ($\approx 1800^\circ\text{C}$), o que facilita o processo de manufactura das peças.

Os vidros cerâmicos têm diversas vantagens sobre os outros cerâmicos. Além da possibilidade de moldagem e de se manterem translúcidos a muito altas temperaturas, são isentos de poros (100% densos) e têm resistências mecânicas muito elevadas.

BIBLIOGRAFIA

GERAL

- [1] — **W. D. Kingery**, «Introduction to Ceramics», John Wiley & Sons, 1960.
- [2] — **W. F. Ford**, «The effect of heat on ceramics», Institute of Ceramics Textbook Series, MacLaren and Sons Ltd, London, 1967.
- [3] — **E. M. Levin, C. R. Robbins e H. F. McMurdie**, «Phase Diagrams for Ceramists», The American Ceramic Society Inc., 1964.
- [4] — **Cyril Stanley Smith**, «Some elementary principles of polycrystalline microstructure», Metallurgical Reviews, 9 (33), 1964.
- [5] — **E. M. Levin, C. R. Robbins e H. F. McMurdie**, «Phase Diagrams for Ceramists, 1969 Supplement», The American Ceramic Society Inc., 1969.
- [6] — **R. M. Fulrath, J. A. Pask**, «Ceramic Microstructures. Their Analysis, Significance and Production», John Wiley & Sons, 1968.
- [7] — **D. W. Budworth**, «An Introduction to Ceramic Science», Pergamon Press, 1970.
- [8] — **Allen M. Alper**, «Phase Diagrams. Materials Science and Technology», vol. II «The use of phase diagrams in metal refractory, ceramic and cement technology», Academic Press, 1970.

- [9] — **F. J. Esper e G. Helmik**, «Microstructure and Properties of Ceramic Materials», Practical Metallography 13 (1976), 122.

REFRACTARIOS

- [10] — **J. H. Chesters**, «Refractories. Production and Properties», The Iron and Steel Institute, 1973.

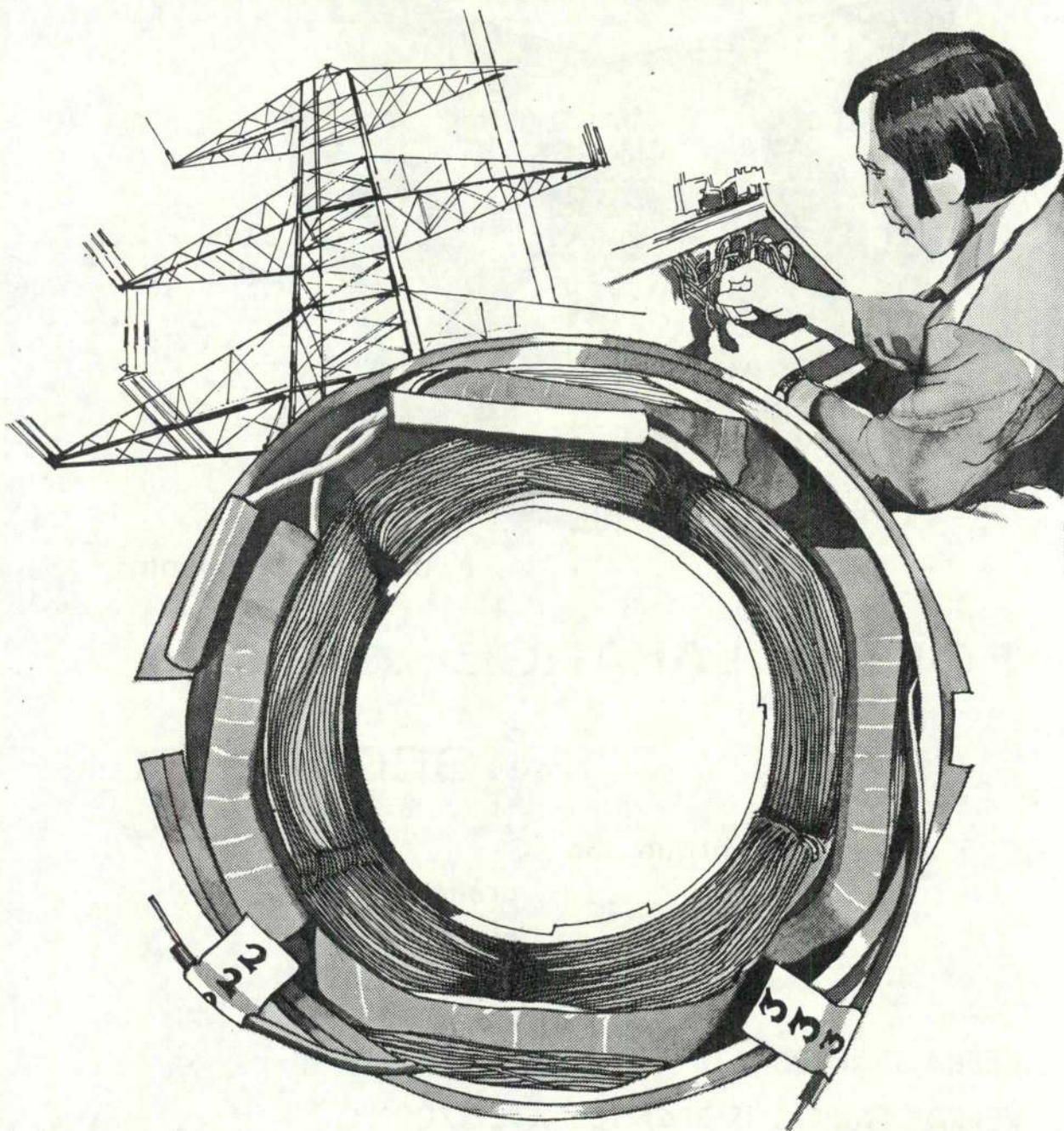
CERAMICOS ESPECIAIS

- [11] — **J. J. Went, G. W. Rathenau, E. W. Gorter e G. W. Van Oosterhout**, «Ferroxdure, un groupe de nouveaux matériaux pour aimants permanents», Revue Technique Philips 13 (12), 361, 1952.
- [12] — **J. J. Went e E. W. Gorter**, «Les propriétés magnetiques et electriques des matériaux ferrocube», Revue Technique Philips, 13, (8), 221, 1952.
- [13] — **J. E. Hove e W. C. Riley**, «Ceramic for Advanced Technologies», John Wiley & Sons, 1965.
- [14] — **Allen M. Alper**, «High temperature oxides, Part III», Academic Press, 1970.
- [15] — **Allen M. Alper**, «High temperature oxides, Part IV», Academic Press, 1971.
- [16] — «Piezoelectric ceramics. Permanent magnet materials», Philips, data Handbook, parte 4b, Outubro 1973.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é publicado com a autorização do Laboratório de Física e Engenharia Nucleares.

Fitas auto-adesivas Tesa para a indústria eléctrica e electrónica.



As fitas auto-adesivas Tesa para a indústria eléctrica e electrónica oferecem todas as vantagens das fitas, que foram estudadas para um fim específico. E nas mais diversas finalidades: para isolar, ligar, fixar e referenciar. Elas consoante a sua aplicação satisfazem as especificações

técnicas referentes a isolamento térmico, resistência em superfícies de verniz, inalterabilidade às variações atmosféricas e ao ataque de leixívia ou ácidos. Tesaflex, Tesaband, Tesakrepp, Tesafilm, Tesamoll e Tesafix, são fitas auto-adesivas Tesa indispensáveis na indústria

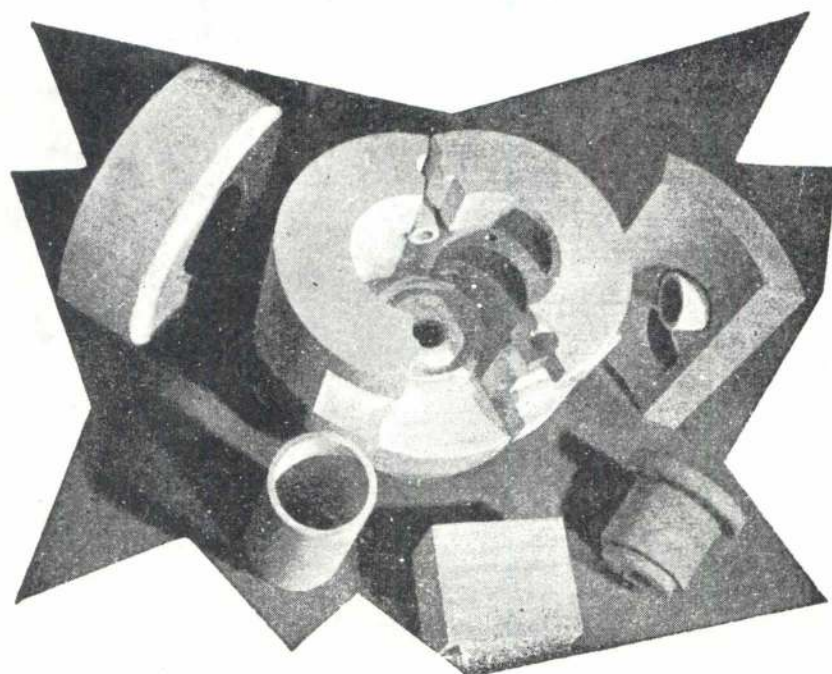
eléctrica e electrónica. Uma gama completa; cada variedade um sem número de aplicações para um sem número de indústrias.

tesa 
DEPARTAMENTO INDÚSTRIA

Tesa, sempre a solução do seu caso.

PARA MAIS INFORMAÇÕES CONSULTE O DEPARTAMENTO TESA DA BEIERSDORF PORTUGUESA, LDA.
Est. de Barcarena - Queluz de Baixo Tel. 95 61 71 ou Delegação no Norte - R. Gonçalo Sampaio, 164-178 - Porto Tel. 69 11 53 / 4 / 5

a técnica moderna emprega
BETÕES REFRACTÁRIOS



à base dos cimentos

FONDU LAFARGE

e
SECAR 250

porque são

práticos
eficientes
económicos

REFRACTÁRIOS ATÉ 1800° C

REFRACTÁRIOS ISOLANTES ATÉ 1700° C

Os nossos serviços técnicos, especializados, estão à vossa inteira disposição para estudar, sem qualquer encargo da vossa parte, a adaptação dos **BETÕES REFRACTÁRIOS** a todos os vossos problemas

AGUIAR & MELLO L.^{DA}
P. do Município, 13-1.º — LISBOA — Tel. 32 11 51/2

Algumas considerações sobre a inclusão do efeito de Early no modelo de Ebers-Moll de transistores bipolares⁽¹⁾

JOÃO PAULO CACHO TEIXEIRA

Assistente do I. S. T.

Bolsista do I. N. I. C.

RESUMO

Demonstra-se neste artigo o fundamento teórico da inclusão do efeito de Early no modelo de Ebers-Moll de um TJB através da tensão de Early, V_A , que caracteriza o modelo empírico de circuito proposto por Hamilton e Lindholm. Este estudo é feito com base no tratamento de Rey e Leturcq do TJB e é mais geral do que o apresentado anteriormente por Clark, sendo válido até $V_{CE}/V_A > 1$. Mostra-se que a análise agora apresentada conduz, para um transistor de difusão com junção de colectador abrupta, a uma boa previsão da lei de variação da largura da região neutra da base com V_{CB} .

ABSTRACT

The purpose of this paper is to demonstrate the theoretical basis for the incorporation of the Early effect in the Ebers-Moll model of a BJT through the Early voltage, V_A , which characterizes the empirical circuit model presented by Hamilton and Lindholm. This study is based on Rey and Leturcq's characterization of the BJT, and is more general than the one presented by Clark, since it is valid for $V_{CE}/V_A > 1$. It is shown that the proposed theoretical study leads, for a diffusion transistor, with an abrupt base-collector junction, to a good prediction of the dependence of the neutral base region width on V_{CB} .

1 — INTRODUÇÃO

De entre os modelos de sinais fortes de transistores de junção bipolares (TJBs), de larga utilização prática, destaca-se o modelo de Ebers-Moll [1]. Trata-se de um modelo unidimensional que apresenta diversas características importantes, tais como a de estabelecer uma correspondência entre os parâmetros do modelo, e os processos físicos, e de ser válido em qualquer regime de polarização. Contudo, apresenta limitações apreciáveis. Vários fenómenos físicos, não incluídos na formulação original do modelo, restringem a sua precisão, mesmo para um regime estático. Entre eles, refiram-se o efeito de Early [2], ou da modulação da largura de base, o efeito de Sah-Noyce-Shockley [3], relativo à geração e recombinação nas regiões de carga espacial das junções, e efeitos associados à injeção de alto nível, tais como o do alargamento de base e o de «congestionamento» de emissor (emitter crowding) [4].

A inclusão do efeito de Early no modelo de Ebers-Moll é feita usualmente pela aproximação empírica de Lindholm e Hamilton [5], sugerida pela inspecção geométrica das características estáticas do TJB, como se ilustra na fig. 1. Neste artigo, demonstra-se, com base no estudo de Rey e Leturcq [6] do transistor bipolar, o fundamento teórico do modelo empírico referido.

Definem-se as expressões físicas das tensões de Early, relativas às regiões normal e inversa de funcionamento, e caracterizam-se os circuitos equivalentes resultantes, que são topologicamente idênticos ao de Ebers-Moll clássico.

(1) Este trabalho foi realizado no âmbito do Centro de Electrónica Aplicada das Universidades de Lisboa.
Manuscrito recebido para publicação em 27/7/77.

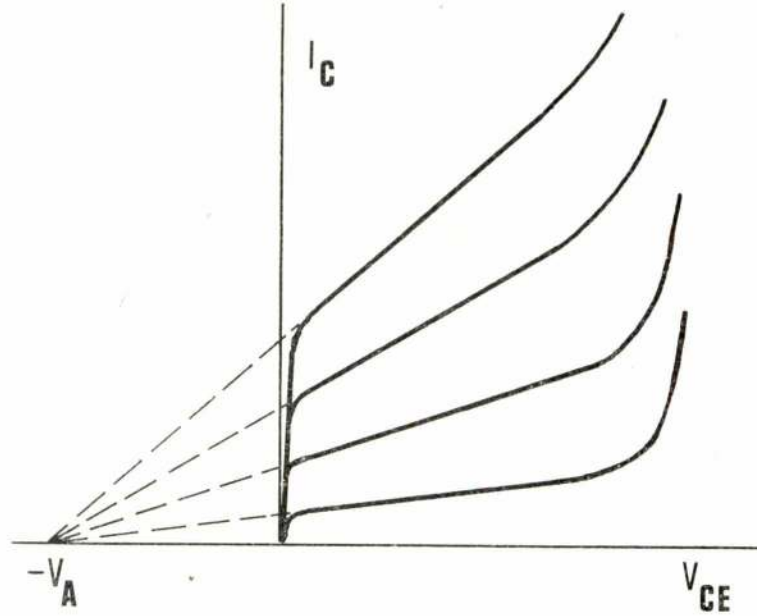


Fig. 1

Ilustrando a tensão de Early, V_A , para um transistor NPN

Mostra-se também que este estudo teórico tem mais generalidade do que o apresentado por Clark [7], sendo válido para um domínio de valores mais amplo de tensões V_{CE} .

Prova-se ainda, para o caso concreto de um TJB de difusão, com junção de colector abrupta, a razoabilidade da hipótese teórica admitida, para harmonização com o modelo empírico. Tal conclusão é obtida pela análise da lei de variação da largura da região neutra da base, $b(V_{CB})$.

2 — DESENVOLVIMENTO TEÓRICO, PARA A REGIÃO NORMAL DE FUNCIONAMENTO. EXTENSÃO PARA A REGIÃO INVERSA

O modelo clássico de Ebers-Moll, [1], [6], de um TJB tipo PNP permite escrever

$$I_E = I_{ES} (\exp(V_{EB}/V_T) - 1) - \alpha_R I_{CS} (\exp(V_{CB}/V_T) - 1) \quad (1)$$

$$I_O = -\alpha_F I_{ES} (\exp(V_{EB}/V_T) - 1) + I_{CS} (\exp(V_{CB}/V_T) - 1) \quad (2)$$

em que I_C e I_E são as correntes estáticas de emissor e de colector, V_{EB} e V_{CB} as tensões emissor-base e colector-base, V_T a tensão térmica (KT/q), e I_{ES} , I_{CS} , α_F e α_R os parâmetros de Ebers-Moll, definidos por

$$I_{ES} = q \cdot A \left[\frac{n_i^2 \cdot D_p}{\int_{x_1}^{x_2} N_D(x) dx} + (D_n/L_n) N_{E0} \right] \quad (3)$$

$$I_{CS} = q \cdot A \left[\frac{n_i^2 \cdot D_p}{\int_{x_1}^{x_2} N_D(x) dx} + (D_n/L_n) N_{C0} \right] \quad (4)$$

$$\alpha_F I_{ES} = \alpha_R I_{CS} = q \cdot A \frac{n_i^2 \cdot D_p}{\int_{x_1}^{x_2} N_D(x) dx} \quad (5)$$

Nestas relações, A representa a área da secção transversal das junções (supostas iguais), n_i a concentração intrínseca, D_p e D_n os coeficientes de difusão relativos a lacunas e electrões, respectivamente, (também supostos iguais em todo o transistor, para não sobrecarregar a exposição), e $N_D(x)$ o saldo de concentração de átomos de impureza dadora, na base, num ponto de abcissa x situado entre as fronteiras $x=x_1$ e $x=x_2$ dessa região. N_{E0} e N_{C0} representam as concentrações de equilíbrio dos portadores em minoria, no emissor e no colector, respectivamente, supondo-se dopagem uniforme nessas regiões. Admitindo iguais tempos de vida dos portadores em minoria no emissor e no colector, L_n representa o respectivo comprimento de difusão. Considera-se finalmente que as regiões neutras do emissor e do colector são longas, em comparação com L_n , e que se podem desprezar os mecanismos de recombinação na base (o que conduz a que α_F seja dominado pela eficiência do emissor).

O efeito de Early encontra-se implícito na escrita de tais equações, porquanto x_1 e x_2 dependem das tensões de polarização, isto é, $x_1=x_1(V_{EB})$, e $x_2=x_2(V_{CB})$. Contudo, o modelo inicial supõe que os três parâmetros que definem o modelo (de entre os quatro parâmetros de Ebers-Moll) são independentes da polarização. Rey e Leturcq [6] explicitaram o efeito, por incluir no circuito equivalente um gerador de corrente comandada, I_{EC} , definido por

$$I_{EC} = I_S \cdot (\exp(V_{EB}/V_T) - \exp(V_{CB}/V_T)) \quad (6)$$

$$I_S = q \cdot A \cdot D_p \cdot \left[\frac{n_i^2}{\int_{x_1}^{x_2} N_D(x) dx} - \frac{n_i^2}{\int_{x_{10}}^{x_{20}} N_D(x) dx} \right] \quad (7)$$

$$x_{10} = x_1(V_{EB}=0) ; \quad x_{20} = x_2(V_{CB}=0)$$

dado que I_{ES} , I_{CS} , $\alpha_F I_{ES}$ e $\alpha_R I_{CS}$ se podem escrever como

$$I_{ES} = I_{ES0} + I_S = I_{ES}(V_{EB}=0) + I_S \quad (8)$$

$$I_{CS} = I_{CS0} + I_S = I_{CS}(V_{CB}=0) + I_S \quad (9)$$

$$\alpha_F I_{ES} = \alpha_R I_{CS} = \alpha_{F0} I_{ES0} + I_S = \alpha_{R0} I_{CS0} + I_S \quad (10)$$

Na região de corte e na região de saturação, a corrente I_{EC} torna-se desprezável, em face das outras correntes presentes. Na região normal de funcionamento, tem-se $x_1 \simeq x_{10}$ e pode escrever-se I_S como

$$I_S = \int_0^{V_{CB}} (dI_S/dx_2) (dx_2/dV_{CB}) \cdot dV_{CB} \quad (11)$$

donde se obtém

$$I_S = - \int_0^{V_{CB}} (\alpha_F I_{ES}) (\mu_c/V_T) \cdot dV_{CB} \quad (12)$$

definindo o parâmetro μ_c , o factor de modulação de largura de base, de Early, relativo ao colector (1), por

$$\mu_c/V_T = \left[N_D(x_2) / \int_{x_{10}}^{x_2} N_D(x) (dx) \right] (dx_2/dV_{CB}) \quad (13)$$

Verifica-se que, para os perfis de impureza de maior interesse prático, o produto $\alpha_F I_{ES} \mu_c/V_T$ varia pouco com V_{CB} , pelo que se pode escrever

$$\alpha_F I_{ES} \mu_c/V_T \simeq \alpha_{F0} I_{ES0} \mu_{c0}/V_T ; \quad \mu_{c0} = \mu_c(V_{CB}=0) \quad (14)$$

(1) Este parâmetro, de grande interesse prático no comportamento dinâmico incremental do TJB, tem valores típicos de 10^{-3} a 10^{-5} . Pode demonstrar-se [8] que o efeito de uma variação na tensão instantânea v_{CB} , sobre a concentração de lacunas em x_2 é μ_c vezes menor que o efeito de igual variação de tensão instantânea v_{EB} , sobre a concentração de lacunas em x_{10} .

Definindo a tensão de Early, V_A , relativa ao regime normal de funcionamento, por

$$V_A = -V_T / \mu_{c0} \quad (15)$$

pode escrever-se a componente directa de corrente de colector, I_{CF} , dado que $V_{CB} \simeq V_{CE}$, por

$$I_{CF} = -\alpha_{F0} I_{ES0} (1 + V_{CE}/V_A) \cdot [\exp(V_{EB}/V_T) - 1] \quad (16)$$

Esta é uma das relações sugeridas por Lindholm e Hamilton [5] para caracterizar o TJB na região normal, tendo em consideração o efeito de Early. De (1), (12), (14) e (16) obtém-se $(-I_{EF}/I_{CF})$, atendendo a que $\alpha_{F0} = \beta_{F0}/(\beta_{F0} + 1)$,

$$-I_{EF}/I_{CF} = 1 + 1/[\beta_{F0} (1 + V_{CE}/V_A)] \quad (17)$$

que é a segunda das relações empíricas propostas. Tal relação é formalmente idêntica à que se obtém quando não se considera o efeito de Early, desde que se defina uma nova expressão para β_F , dada por

$$\beta_F = \beta_{F0} \cdot (1 + V_{CE}/V_A) \quad (18)$$

Posteriormente, Logan [9] verificou que tinha interesse definir um novo parâmetro, $V_N = V_A/\beta_{F0}$, porquanto constatou experimentalmente que V_N é invariante com a temperatura.

Conclui-se assim que, para um transistor intrínseco, cujo ganho de corrente seja dominado pela eficiência do emissor, sujeito a um regime estático de polarização, para o qual seja válido o modelo de Ebers-Moll clássico [1] (excepção feita para o efeito de Early), a análise rigorosa de Rey e Leturcq [6] tem uma boa aproximação no modelo de Lindholm e Hamilton [5] (extensível a qualquer distribuição de impurezas na base), desde que o produto $\alpha_F I_{ES}^{1/2}$ seja quase independente de V_{CB} .

Observe-se, contudo, que as designações de componentes *directas* de corrente, I_{CF} e I_{EF} , têm de ter agora um sentido mais lato, porquanto, sendo inicialmente definidas para $V_{CB} = 0$, apresentam uma dependência funcional em V_{CB} , o que traduz a invalidade da sobreposição linear de efeitos admitida no modelo clássico. Faz sentido continuar a designá-las assim, por exprimirem a acção de comando da tensão V_{EB} no fluxo principal de corrente no TJB.

A tensão de Early, V_A , pode ainda ser escrita de outra forma, de modo a destacar os parâmetros que condicionam o domínio de validade da aproximação (14). Pode demonstrar-se, [6], [10], que, qualquer que seja o perfil de concentração de impurezas, na junção do colector, supondo que o colector está muito mais fortemente dopado que a base, $\alpha_F I_{ES}^{1/2}/V_T$ se pode ainda escrever como

$$\alpha_F I_{ES}^{1/2}/V_T = (\alpha_{F0} I_{ES0}) (\epsilon/q) \left(\frac{N_b(0)}{N_b(V_{CB})} \right) \left(\frac{1}{b'(V_{CB})} \right) \cdot N_b(V_{CB}) \quad (19)$$

sendo $N_b(V_{CB})$ definido por

$$N_b(V_{CB}) = \int_{x_{10}}^{x_2} N_D(x) dx \quad (20)$$

Em (19), ϵ representa a constante dielétrica do material semiconductor, e $b'(V_{CB})$ a largura da região de carga espacial da junção do colector. Por comparação com (14) e (15), obtém-se sucessivamente

$$V_A = (q/\epsilon) \left(\frac{b'(V_{CB})}{N_b(0)} \right) \cdot N_b^2(V_{CB}) \quad (21)$$

$$V_A \simeq (q/\epsilon) \cdot b'(0) \cdot N_b(0) \quad (22)$$

As relações (21) e (22) mostram que o domínio de validade de (14) é condicionado pela distribuição do saldo de impurezas na região da base, $N_D(x)$, pela espessura desta região e pelo andamento das concentrações de impurezas na junção do colector, que fixa a lei de variação $b'(V_{CB})$ ⁽¹⁾.

(1) A título de exemplo, é fácil de verificar que um TJB de deriva, com uma distribuição $N_D(x)$ exponencialmente decrescente com x (ou outro perfil, que optimize o tempo de trânsito dos portadores em minoria na base) tem tensões de Early muito mais elevadas do que um TJB de difusão.

A expressão (22) para V_A é a idêntica à obtida por Clark, [7], embora esse estudo teórico assente em hipóteses simplificativas diferentes. Com efeito, o estudo de Clark corresponde a fazer como hipótese simpliativa a expressa em

$$V_A = (q/\epsilon) \cdot b' (V_{CB}) \cdot N_b (V_{CB}) \quad (23)$$

ou

$$\mu_e/V_T \simeq \mu_{i_{co}}/V_T \quad (24)$$

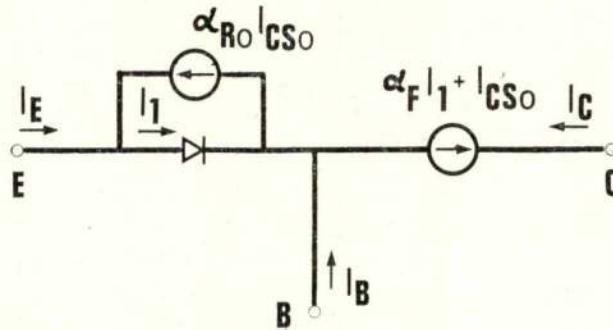


Fig. 2

Circuito equivalente de Ebers-Moll, incluindo o efeito de Early, válido para a região normal de funcionamento

Para a região normal pode então representar-se o comportamento estático do transistor pelo circuito equivalente da fig. 2, em tudo idêntico ao circuito equivalente clássico, diferindo deste em que I_{ES} , α_F e I_1 são agora dados por

$$I_{ES} = I_{ES0} (1 + V_{CE}/V_A) \quad (25)$$

$$\alpha_F = \alpha_{F0} (1 + V_{CE}/V_A) / (1 + \alpha_{F0} V_{CE}/V_A) \quad (26)$$

$$I_1 = I_{ES} [\exp (V_{EB}/V_T) - 1] \quad (27)$$

O circuito da fig. 2 pode ainda assumir a configuração ilustrada na fig. 3 dado que o gerador de corrente comandado I_{EC} se transforma numa condutância não linear, G_{EC} , comandada por V_{EB} , e definida por

$$I_{EC} = I_S [\exp (V_{EB}/V_T) - 1] \simeq -G_{EC} (V_{EB}) \cdot V_{CE} \quad (28)$$

$$G_{EC} (V_{EB}) = -(\alpha_{F0} I_{ES0}/V_A) [\exp (V_{EB}/V_T) - 1] \quad (29)$$

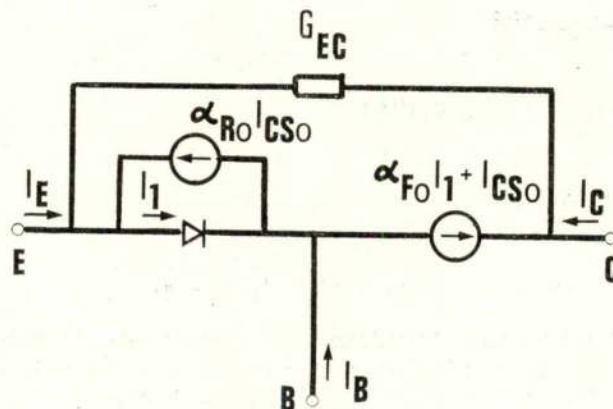


Fig. 3

Circuito equivalente de Ebers-Moll, incluindo o efeito de Early, válido para a região normal de funcionamento, e equivalente ao da fig. 2

Estendendo o raciocínio para a região inversa de funcionamento, facilmente se obtém [10] para V_A , tensão de Early relativa ao regime inverso,

$$V_A = V_T / \mu_{eo} \quad (30)$$

sendo μ_e , factor de modulação de largura de base, de Early, relativo ao emissor, dado por

$$\mu_e / V_T = \left[\frac{N_D(x_1)}{\int_{x_1}^{x_{20}} N_D(x) dx} \right] \cdot (dx_1 / dV_{EB}) \quad ; \quad \mu_{eo} = \mu_e(V_{EB} = 0) \quad (31)$$

3 — CASO PARTICULAR DO TRANSISTOR DE DIFUSÃO

Para ilustrar as conclusões apresentadas, num caso simples, examinando o significado da hipótese $\alpha_F I_{ES} \mu_e / V_T$ independente de V_{CB} , considere-se o caso de um transistor de difusão, para o qual se tem $N_D(x) = N_D$, constante em toda a região da base. Neste particular, para a região normal, tem-se que (14) se escreve agora como

$$\alpha_F I_{ES} \mu_e / V_T = \alpha_{F0} I_{ES0} \left(-\frac{b_0}{b^2} \right) \cdot (db/dV_{CB}) \cong \alpha_{F0} I_{ES0} \mu_{eo} / N_T \quad (32)$$

$$b(V_{CB}) = x_2(V_{CB}) - x_{10} \quad (33)$$

designando-se por b a largura da região neutra da base. A integração de (32), tendo em atenção a expressão de V_A , (15), conduz (dado que $V_{CB} \cong V_{CE}$) à lei de variação $b(V_{CB})$ expressa por

$$b = b_0 / (1 + V_{CE}/V_A) \quad (34)$$

Para examinar até que ponto esta será uma boa aproximação da realidade, tem de comparar-se a lei de variação $b(V_{CB})$ com a que seria de prever pelo perfil de concentração de impurezas característico da junção do colector (sobre o qual ainda se não fez nenhuma restrição, nesta análise).

Ilustrando a boa concordância deste resultado com o real, pode admitir-se ainda que a junção do colector é abrupta, sendo fortemente dopada do lado do colector, em relação à dopagem da base. Nestas condições, a largura da região de transição, b' , e a largura da região neutra, b , serão dadas por

$$b'(V_{CB}) = b'_0 (1 - V_{CB}/\phi)^{1/2} \quad (35)$$

$$b(V_{CB}) = b_0 [1 + b''_0 (1 - k \cdot V_{CE}/V_A)^{1/2}] \quad (36)$$

$$b''_0 = b'_0/b_0 \quad ; \quad k = -V_A/\phi \quad (37)$$

em que ϕ é o potencial de contacto da junção, e $b'_0 = b'(V_{CB} = 0)$.

Sendo $b''_0 = 0,055$ e $k = 100$, que são valores típicos, é fácil de observar, pelo Quadro n.º 1, a boa concordância entre as duas relações para $b(V_{CB})$, (34) e (36), para a faixa de valores de V_{CE}/V_A de interesse. O estudo de Clark conduz a uma lei de variação $b(V_{CB})$ dada por

$$b(V_{CB}) = b_0 \cdot \exp(-V_{CE}/V_A) \quad (38)$$

o que só é uma boa aproximação da realidade para $V_{CE}/V_A < 0,3$.

V_{CE}/V_A	(b_o/b) de (36)	(b_o/b) de (34)	erro rel. %	(b_o/b) de (38)	erro rel. %
0,2	1,236	1,200	— 2,9	1,221	— 1,2
0,4	1,414	1,400	— 1,0	1,492	+ 5,5
0,6	1,590	1,600	+ 0,6	1,822	+ 14,6
0,8	1,776	1,800	+ 1,4	2,226	+ 25,3
1,0	1,980	2,000	+ 1,0	2,718	+ 37,3

Quadro n.º 1 — Valores de (b/b_o) em função de V_{CE}/V_A , pela expressão, suposta exacta, (36) (com $b_o'' = 0,055$ e $k = 100$), e pelas aproximações (34), proposta, e (38), de Clark.

4 — CONCLUSÕES

O objectivo principal do modelista de dispositivos semicondutores, interessado em obter modelos físicos, é conseguido através da inclusão do efeito de Early pelo modelo empírico de Lindholm e Hamilton. Com efeito, tal modelo estabelece uma correspondência biunívoca entre o parâmetro adicional, a tensão de Early, V_A , e o fenómeno físico que lhe deu origem.

Crê-se que o estudo agora apresentado amplia o entendimento da justificação teórica desta caracterização do efeito de Early. Verifica-se que o modelo de Lindholm e Hamilton é uma boa aproximação da realidade, desde que o produto $\alpha_F I_{ES} \mu_c / V_T$ seja fracamente dependente de V_{CB} , o que é uma situação real em muitos casos práticos. O desenvolvimento teórico exposto é agora válido até $V_{CE}/V_A > 1$, enquanto o estudo paralelo de Clark só o é para $V_{CE}/V_A \ll 1$. Para um exemplo concreto, de tratamento matemático simples (TJB de difusão, com junção de colector abrupta) prova-se a razoabilidade da aproximação $\alpha_F I_{ES} \mu_c / V_T = \text{cte.}$ através de uma boa predição da lei de variação $b(V_{CB})$.

5 — BIBLIOGRAFIA

- [1] J. J. Ebers, J. L. Moll, «Large-Signal Behaviour of Junction Transistors», Proc. IRE, Dez. 1954, p. 1761.
- [2] J. M. Early, «Effects of Space-Charge Layer Widening in Junction Transistors», Proc. IRE, Nov. 1952.
- [3] C. T. Sah, R. N. Noyce, W. Shockley, «Carrier Generation and Recombination in P-N Junctions and P-N Characteristics», Proc. IRE, Set. 1957, p. 1228.
- [4] R. D. Thornton, D. DeWitt, E. R. Chenette, P. E. Gray, «Characteristics and Limitations of Transistors», SEEC, vol. IV, Wiley, 1966.
- [5] F. A. Lindholm, D. J. Hamilton, «Incorporation of the Early Effect in the Ebers-Moll Model», Proc. IEEE, Set. 1971, p. 1377.
- [6] G. Rey, Ph. Leturcq, «Théorie Approfondie du Transistor Bipolaire», Masson et Cie., 1972.
- [7] L. E. Clark, «Physical Dependencies and Modeling of Output Admittances and Gain-Voltage Relationships in Bipolar Transistors», Proc. IEEE, Nov. 1972, p. 1445.
- [8] P. E. Gray, D. DeWitt, A. R. Boothroyd, J. F. Gibbons, «Physical Electronics and Circuit Models of Transistors», SEEC, vol. II, Wiley, 1964.
- [9] J. Logan, «Modeling the «Early Effect» in Bipolar Transistors Using an Empirical but Effective Parameter», with Remarks by F. A. Lindholm, P. Rohr and D. J. Hamilton, Proc. IEEE, Março 1972, p. 335.
- [10] J. P. C. Teixeira, «Estudo Comparativo de Dois Modos de Inclusão do Efeito de Early no Modelo de Ebers-Moll de Transistores Bipolares», C. E. A. U. L., Lisboa, 1977, Relatório Interno.

Sumários de números anteriores

Estes números encontram-se à venda na redacção da TÉCNICA ao preço único de 10\$00 cada exemplar.

TÉCNICA 314 — Julho 1961

Cálculo numérico: metodologia...	<i>M. F. Almeida e Sá</i>
Turbina a gás ...	<i>J. C. Adrião de Sequeira</i>
Contribuição ao estudo dos deslocamentos irreversíveis na observação de barragens de betão ...	<i>A. N. Pires Cameira</i>
Alguns aspectos das fundações dos pavimentos rígidos de estradas ...	<i>J. C. Santos Viseu</i>

TÉCNICA 315 — Outubro 1961

A dinâmica das funções directivas ...	<i>Luís Almeida Alves</i>
Estabilidade intrínseca e condicionada de sistemas termoestáticos ...	<i>António Gouvêa Portela</i>
Ciclos especiais ...	<i>J. C. Adrião de Sequeira</i>
Reconhecimento de maciços rochosos, por sondagens, para o estudo das fundações de barragens...	<i>J. Lajinha Serafim e F. Marques Seabra</i>
Duques de Alba elásticos — algumas notas para orientação da sua escolha e cálculo ...	<i>A. Guedes de Campos</i>
Medição de índices de alteração no estudo da deformabilidade das rochas ...	<i>F. H. Anton Itamrol</i>

TÉCNICA 316 — Novembro 1961

Profissionalismo, especialização, investigação, estrutura, criação e progresso ...	<i>Luís Almeida Alves</i>
Perfurabilidade de rochas ...	<i>F. Mello Mendes</i>
Problemas de «histeresis» hidráulica nos escoamentos permanentes em superfície livre ...	<i>Fernando Abecasis e A. Quintela</i>
Estudo dinâmico do mecanismo de accionamento por prato oscilante ...	<i>Jorge Neves da Silva</i>
A barragem de contrafortes de Miranda ...	<i>F. Gonçalves Henriques</i>
Duques de Alba elásticos — algumas notas para orientação da sua escolha e cálculo ...	<i>A. Guedes de Campos</i>
Do Mundo Técnico.	

I Congresso Nacional da Ordem dos Engenheiros

CONGRESSO 77

Decorreu de 20 a 26 de Novembro em Lisboa, na Fundação Calouste Gulbenkian, o I Congresso Nacional da Ordem dos Engenheiros — Congresso 77.

Tal como afirmou o prof. Manuel Rocha, Presidente da Ordem, ao iniciar-se a parte cultural do Congresso, os objectivos deste eram: *«Debater problemas de interesse nacional, contribuir para a permuta dos conhecimentos e experiência dos quadros técnicos do País, estreitar laços pessoais e, finalmente, estimular a participação dos engenheiros no grande desafio que se levanta à nossa Associação»*. Pode-se dizer que estes objectivos foram alcançados com êxito. De toda a parte do País e de Macau, Angola e Brasil vieram 1400 engenheiros que, com grande entusiasmo e vivacidade, analisaram e discutiram ao longo dos sete dias do Congresso as 194 comunicações e 13 relatos, englobados em 8 temas. Estes temas, que haviam sido escolhidos após inquérito à classe, incidiram sobre áreas de actividade que permitiam ter uma visão global não sectorial de alguns problemas que afligem a Engenharia nacional.

Enquanto decorreu o Congresso funcionou nas instalações da Fundação Gulbenkian uma exposição bibliográfica relativa aos temas tratados (a formação do engenheiro; exigências funcionais e processos de construção para habitação social; unidades de grande potência para a produção de energia; concepção e projecto de sistemas de telecomunicações no País; combustíveis, a escassez mundial e as fontes nacionais; metalurgia dos metais ferrosos; tecnologia das novas culturas e aplicação da teoria dos sistemas em engenharia) e uma exposição de medalhas relativas a obras públicas organizada pelo Centro Nacional de Medalhística. O jornal «Ciência e Técnica» editou diariamente o «Jornal do Congresso» que foi distribuído gratuitamente aos participantes e a nossa Revista «TÉCNICA» distribuiu também algumas centenas dos números ultimamente saídos.

O Congresso iniciou-se na manhã de domingo, dia 20, com a recepção dos participantes e a distribuição de documentos (relatos e comunicações). Na tarde desse dia decorreu no Grande Auditório da Fundação Gulbenkian a apreciação do relatório e contas do Conselho Directivo Nacional (CDN) da Ordem dos Engenheiros.

Neste documento foi reafirmado o papel que a Ordem tem de desempenhar na formação permanente

dos quadros técnicos nacionais, na definição do sistema de ensino de engenharia e na definição das estruturas do País. A Ordem deixando de ser um órgão sindical pode entrar em crise, se não «forem mobilizadas as capacidades dos engenheiros com vista a dar às actividades da Ordem uma dimensão muito diferente da do passado.» O CDN procura lançar novas actividades como: actividades de formação (cursos, simpósios, o Congresso anual, conferências, mesas-redondas, visitas de estudo), acção editorial (publicação do Boletim Informativo e de séries de memórias), incentivar a reorganização do ensino da Engenharia. Foram normalizadas as relações com a FEANI e neste momento pretende-se a inscrição dos membros da Ordem no registo desse organismo internacional. O CDN tem vindo também a desenvolver esforços no sentido de se conseguirem instalações mais amplas para a Ordem. É ainda intenção do CDN promover uma ampla discussão do Estatuto em vigor e da sua necessária revisão até fins de 1978.

O segundo dia do Congresso iniciou-se com uma sessão de abertura da parte cultural do mesmo. A ela estiveram presentes para além de grande número dos 1400 congressistas, o Ministro de Estado, prof. Henrique de Barros, em representação do Primeiro-Ministro, os Ministros do Plano, Agricultura e Pescas, Indústria e Tecnologia, Obras Públicas e Habitação e Urbanismo e ainda o Secretário de Estado da Investigação Científica, além do Presidente da Câmara Municipal de Lisboa, um representante da Fundação Gulbenkian e o Presidente Nacional da Ordem, prof. Manuel Rocha, e os presidentes dos Conselhos Directivos das Regiões Sul, Centro e Norte desta Associação. Nesta sessão começou por usar da palavra o eng. João Antunes Bártolo, presidente do Conselho Directivo da Zona Sul, que disse ser o Congresso *«a mais importante e estruturada manifestação da Engenharia portuguesa dos últimos decénios»*. Proferiu a seguir um importante discurso o prof. Manuel Rocha. Nele salientou o importante papel da Ordem e de Congressos deste tipo para o aperfeiçoamento profissional dos engenheiros. *«A manutenção do nível de competência profissional no domínio da ciência e da engenharia exige que cada indivíduo consagre ao estudo cerca de 20 % do tempo de actividade profissional. É necessário que os responsáveis por todos os organismos, de natureza pública ou privada, tomem plena consciência da*

necessidade, a bem dos próprios organismos e do País, de proporcionarem aos técnicos condições para se actualizarem. Tal não deve ser considerado como uma concessão mas como uma obrigação». O prof. Manuel Rocha referiu depois vários requisitos que é necessário preencher para ser possível a educação permanente: esta terá de ser conduzida perto de locais de trabalho; deve dirigir-se a um grande número de educandos; o ensino tem de ser ajustado à actividade profissional e à cultura dos indivíduos que pretende atingir; a acção educativa terá de ser integrada no trabalho diário.

Por último o Ministro do Plano, eng.^o Sousa Gomes teceu algumas considerações sobre a importância do I Congresso Nacional da Ordem dos Engenheiros.

Depois desta sessão iniciaram-se em várias salas da Gulbenkian intervenções de autores de comunicações e relatórios dos temas 2 a 7, seguidas de debate. Estas sessões vieram a prolongar-se por todo o terceiro dia do Congresso.

LISTA DOS TRABALHOS APRESENTADOS NOS TEMAS 2 A 7

Tema 2 — EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL

Relato:

Ruy José Gomes — Necessidades humanas e exigências funcionais na habitação.

José A. Teixeira Trigo — Tecnologias da construção de habitação.

Nelson V. Montes — Projecto de edifícios de habitação — Regulamentação. Normalização e controlo de qualidade. Técnicas e custos de manutenção. Sistematização da realização de empreendimentos.

Luís Vassalo Rosa — Realizações no campo da habitação social.

Comunicações:

José A. Teixeira Trigo — Industrialização e qualidade da construção.

Vítor Abrantes — Apreciação da qualidade térmica dos projectos de habitação.

Francisco Outeiro — Controlo da qualidade de produção na pré-fabricação pesada.

Alfredo M. F. Tovar Lemos; Ildefonso C. Neves e Joaquim da Conceição Valente — Acção dos incêndios sobre a construção.

António J. G. Gomes da Silva — A industrialização da construção em França aplicada à habitação.

António F. Pinheiro Carrilho e Manuel Dominguez Cuña — Notas sobre um processo de execução de estruturas reticuladas de betão armado por componentes pré-fabricados, integrado na coordenação dimensional modular.

S. Pompeu dos Santos — Ligações em estruturas pré-fabricadas de betão.

Manuel dos Santos Pato — Habitação social — custos e rendas — e sua relação com a avaliação dos solos.

A. M. Reis Cabrita — Encomenda de projecto e obra — situação actual, necessidades e soluções de transformação.

Nelson V. Montes — Sistematização da realização de empreendimentos.

António A. Almeida Anes — Paredes de contraventamento.

Manuel Crespo — Os condicionamentos da mobilidade, a casa e a cidade.

Artur A. Alves Bezelga — Método A. R. C. — Instrumento auxiliar na concepção e análise de projectos de edifícios de habitação.

Armando N. Costa Manso e Luís Arriaga da Cunha — Sistema integrado para estimativa de custos e planeamento de obras em engenharia civil. Construção de um banco de dados.

M. Conceição Redol — As normas e regulamentos na evolução da dimensão dos espaços no fogo.

João C. S. Costa Martins — Avaliação de qualidade e programas de conservação em conjuntos habitacionais.

Luís Rodrigues dos Santos — Edifícios de estrutura laminar.

José A. C. Mena Reis — A procura da habitação óptima.

Gualberto Veiga Lagoa e Jorge Figueiredo Dias — Um caso de aplicação de elementos pré-fabricados na industrialização da construção.

Direcção-Geral de Coordenação de Projectos e Consultores — Esboço analítico do sector de projecto — Projectos-tipo de habitação social.

Tema 3 — UNIDADES DE GRANDE POTÊNCIA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA

Relato:

Armando Santos Paupério; Luís S. Garcia Ribeiro — Unidades de grande potência para a produção de energia eléctrica: energia hídrica; energia térmica.

Comunicações:

Hernâni Verdelho — Problemas de fiabilidade e disponibilidade em centrais térmicas.

M. Ferreira de Oliveira e J. Reis Cardoso — Estados de avaria parcial de grupos em estudos de reserva girante.

A. Álvares Ribeiro — Reforço de potência do aproveitamento da Bemposta.

Alberto Manzanares Abecassis; António Carrisco; António José C. Santos e João de Salvador Fernandes — A engenharia nacional e a instalação de unidades de grande potência. O caso de Cabora-Bassa.

Albino J. P. Silva Reis e I. E. Smith — Inclinação óptima de colectores solares planos em Portugal.

Carlos Sousa Oliveira e Artur Ravara — Risco sísmico em grandes empreendimentos.

Alvaro Maia e Silva — A garantia da qualidade dos equipamentos na produção de energia.

António Ferreira Bastos — Análise de tubagens com computador.

J. Sousa Arez e J. Caldeira Rodrigues — Considerações sobre o planeamento dos aproveitamentos hidroeléctricos com centrais reversíveis, em função da expansão da componente térmica do sistema electroprodutor nacional.

Adelino Florêncio Pedro — Algumas notas sobre observações e medição das características de escoamento em modelos de fornalhas e condutas aplicadas a geradores de vapor.

Eduardo José Manso — Algumas notas sobre ensaios de rendimento de geradores de vapor.

Pereira Cardoso — A soldadura nas centrais termoeléctricas.

António Lourenço Ferreira — Enformação de metais por explosão.

Folgado Lobato — Aspectos construtivos de enrolamentos estatóricos para turbo-alternadores de grande potência.

J. M. Gonçalves da Costa e Pedro J. P. Brosque — Efeitos sísmicos sobre tanques de armazenagem.

L. S. Garcia Ribeiro — Funcionamento económico de máquinas de grande potência acopladas a redes de potência relativa.

J. A. Nascimento Baptista — Disparo de unidades de grande potência em sistemas interligados. Casos particulares de aplicação ao planeamento.

A. Samuel M. Farraia — Desenvolvimento e utilização de máquinas-ferramentas no fabrico de conjuntos para a produção de energia. Comportamento dinâmico de uma frezadora vertical.

W. Meier — Desenvolvimento de turbinas hidráulicas para baixas quedas.

José Nogueira Reis — Algumas considerações sobre o comportamento em regime transitório de circuitos de refrigeração de grandes condensadores em centrais térmicas.

Tema 4 — CONCEPÇÃO E PROJECTO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES NO PAÍS

Relato:

Manuel J. de Abreu Faro; Pedro L. Borges Teixeira — Concepção e projecto de sistemas de telecomunicações no País: Considerações gerais sobre o relato. Aspectos fundamentais das telecomunicações, aspectos fundamentais da electrónica. Telecomunicações e electrónica.

(*) Falecido.

Comunicações:

Manuel J. Lopes da Silva — Cooperação serviços-indústria no domínio das telecomunicações.

J. Figanier e R. Charters d'Azevedo — Observações da atenuação devida à chuva em 11,5 GHz.

Mário J. Seia de Araújo — Osciloscópios de memória com micro-processadores.

Carlos M. C. R. Soares* — Equipamento de vigilância e ensaio para as estações telefónicas interurbanas terminais de saída.

Egas Pinto Basto e Vítor Dias Nunes — Introdução do sistema R₂ na rede telefónica nacional.

F. C. V. Grilo — Cooperação europeia na investigação de propagação de ondas electromagnéticas acima de 10 GHz.

L. J. Oliveira Dias; A. Pimenta Alves; A. Agostinho Andrade; Ventura T. Rufino; J. F. Nina Andrade — Estudo da influência das condições meteorológicas na propagação de ondas electromagnéticas a 11 GHz, na estação experimental de Ovar.

Albino Nascimento Costa — Estudo e desenvolvimento de modems.

Eduardo L. Abrantes Prata — Amplificação de potência em rádio-frequência.

Mário J. A. Lança — Um algoritmo para análise transitória de circuitos não lineares.

Joaquim de Seabra Lopes — O projecto Cost 11 — rede europeia de informática.

Francisco Lacerda Martins e Maria R. Delgado Martins — Aplicação de uma técnica de «clustering» ao estudo da representação das vogais do português.

Vasco Lagarto — Ante-projecto do equipamento de canal telefónico.

Antero Palma Antunes — Técnicas de divisão temporal utilizadas na Marconi.

Pedro L. Borges Teixeira — Caracterização do funcionamento estático do transistor de junção bipolar para um nível de injeção intermédio.

J. Themudo Barata — Notas sobre a aplicação de computadores nas telecomunicações.

Tema 5 — COMBUSTÍVEIS. A ESCASSEZ MUNDIAL E AS FONTES NACIONAIS

Relato:

Luís L. Ramalheite — Petroquímica.

Comunicações:

Augusto G. Medina e Manuel A. Jerónimo — Conceitos fundamentais em operações de transferência de massa gás-líquido.

Alfrio Rodrigues e José L. C. Figueiredo — Bases científicas do projecto de reactores catalíticos.

- José Manuel Bacharel e Eleutério Morais Barroso** — A produção nacional de combustíveis e o combate à poluição.
- Aníbal Pires** — Reflexos da instalação de uma unidade de VCM em Sines.
- Helder C. Rodrigues** — Processamento dos termoplásticos.
- Hélder C. Rodrigues** — O desenvolvimento da indústria de plásticos em Portugal — perspectivas.
- Victor M. S. Risota** — Automóveis a gás.
- L. Conceição Silva** — A petroquímica e o desenvolvimento das fibras sintéticas.
- Luís Varela Cid** — Metalização por via não galvânica — a niquelagem química (electroless nickel).
- J. Costa Reis e Luís Meira** — Laboratório de um complexo fabril — metodologia de projecto.
- Luís L. Ramalheira e Jorge Telhada** — A estrutura dos preços dos produtos petroquímicos.
- Amado da Silva e Aníbal Santos** — Um modelo de planeamento do complexo petroquímico de Sines.
- Luís L. Ramalheira** — Incidências macro-económicas da implantação de unidades petroquímicas em Portugal.
- Jorge Telhada** — O policloreto de vinilo e a sua aplicação.
- João P. Antunes Gomes** — O complexo petroquímico de Sines; concepção e estado actual dos trabalhos.
- A. Norton de Matos e V. Pampilim dos Santos** — Poli-estireno — Produção — características — Algumas aplicações.
- Jorge Telhada** — Simulação analógica em engenharia química.
- Emílio Rosa** — Combustível nuclear. Fonte de energia. Aqui e agora.
- Aquiles C. Gomes e J. R. Conde Pereira** — A indústria de acrilonitrilo (situação e prospectiva).
- António Jardim** — Alguns problemas relacionados com a participação nacional em grandes empreendimentos.
- C. M. P. V. Nunes e P. J. Garner** — Estudo da reacção entre 1,2 — dicloroetano e N — (2 — amino-etil). 1,2 — etanodiamina.
- Jorge Telhada** — Estudos da cinética da hidratação do dióxido de carbono.
- Aquiles C. Gomes** — Factores críticos no dimensionamento de unidades petroquímicas. — Aplicação ao cloreto de vinilo.
- Clemente Pedro Nunes e Joaquim Nunes Barata** — Os grandes intermediários petroquímicos olefinicos na Europa Ocidental.

Tema 6 — METALURGIA DOS METAIS FERROSOS

Relato:

- Antera Valeriana de Seabra** — A investigação metalúrgica.
- F. M. Barreiros Leal** — Aspectos industriais.

Comunicações:

- Luciano Faria** — Da necessidade de Portugal dispor de uma indústria de máquinas-ferramentas.
- Maria Manuela Oliveira; I. Kvernes e P. Kofstad** — Oxidação a altas temperaturas de ligas Fe 13 % — Cr — Mo — em atmosferas de ar húmido.
- Antera Valeriana de Seabra** — O controlo de qualidade nos tratamentos térmicos.
- Paulo M. S. T. Castro; J. C. Radon e L. E. Culver** — Análise linear elástica pelo método dos elementos finitos do provete DCB usado em mecânica da fractura.
- Gustavo Costa Pereira** — Fractura fibrosa em aços de construção.
- J. Nobre Teixeira e E. Santa Marta** — O vazamento contínuo do aço. Evolução em Portugal.
- António Queiroz Abreu** — Mecanização de pequenas e médias fundições de ferro fundido portuguesas. Uso do forno rotativo a Nafta.
- Salgado Prata** — Alguns aspectos da tecnologia de soldadura na construção de equipamentos para produção de energia.
- Gustavo Costa Pereira** — Folheamentos em aços laminados.
- J. F. Oliveira Santos** — Consequência dos defeitos de soldadura.
- C. A. Garcia e E. C. Porter** — A galvanização por imersão a quente na construção industrial.
- Remberto Pena** — Nodulização na moldação de peças pequenas em ferro fundido de grafite esferoidal.
- Manuel Chagas Roquette** — A indústria portuguesa das ferro-ligas em 1977.
- Henrique Carvalhinhos** — Ensaio de fluência de um aço com 2,25 % Cr, 1 % Mo.
- Henrique Carvalhinhos; J. A. Torrinha e L. F. Sequeira Martins** — Nodulização de ferros fundidos à escala laboratorial.
- Maria Luísa Santos e Luís Filipe H. Bonina** — Fabricação de arame para armaduras de betão pré-esforçado.
- João M. Barreiros Leal; Eugénio António Bazenga e Maria del Carmen L. Jacinto** — Fases de uma política integrada de qualidade numa empresa metalúrgica de fundição.
- Joaquim J. Cerqueira Lopes** — Inspeção e verificação de qualidade em construção soldada. O engineering de inspeção.
- J. Valdemar B. Fernandes; M. Teresa Freire Vieira e Mário J. Gonçalves Santos** — Métodos indirectos de determinação de temperabilidade de aços.
- Carlos A. Pacheco da Silva** — Pulverometalurgia de ligas ferrosas.
- António de Pádua Loureiro** — Necessidade de investigação e de desenvolvimento tecnológico em Portugal na área dos tratamentos térmicos dos aços.
- M. Helena de Melo Carvalho** — Determinação de coeficientes de repartição sólido-líquido em ligas terminárias Fe-Mn-C.

C. Silva Santos; R. Hasse Ferreira; H. Casquinha; F. França Félix; C. Conceição e J. R. da Silva — Recuperação de Titânio e Vanádio de escórias siderúrgicas.

António A. Mourão Dias; António J. E. S. Mariz Ramos e Rui M. C. da Silva Vilar — A austempera. Microestrutura e propriedades mecânicas dos aços bainíticos.

H. Maia e Costa — A aglomeração de concentrados finos de minérios.

Tema 7 — TECNOLOGIA DE NOVAS CULTURAS

Relato:

Ário Lobo de Azevedo — Tecnologia de novas culturas: Algodão e beterraba açucareira; tabaco, oleaginosas e outras.

Comunicações:

Oscar Rodrigues Pinto — Informação preliminar sobre dois casos de rega do algodoeiro.

Joaquim Rodrigues Pereira — O algodão em Portugal — Uma cultura de interesse.

J. Duarte Amaral — Oportunidade da introdução em Portugal da cultura da beterraba sacarina.

Manuel José Pereira — Identificação de populações no solo de *Heterodera Schachtii* Schmitt (nematoda: heteroderidade).

José Eduardo M. Ferrão — O abacateiro — fruteira e oleaginosa.

P. O. Pereira e Santos — Beterraba açucareira — interesse dos subprodutos.

Joaquim André Sampaio — Perspectivas da cultura do girassol em Portugal.

Teles de Oliveira — Viveiros para tabaco.

Helder M. P. L. Duarte Costa — Teor e características do óleo de sementes de cártamo do Alentejo.

F. Godinho Miranda — Aspectos técnicos e económicos de produtividade no cultivo da beterraba sacarina.

José E. Mendes Ferrão — A *Camellia Sinensis* (L) Kuntze como oleaginosa.

José E. Mendes Ferrão — Fomento de frutos secos — A pistácia ou amêndoa verde (*Pistacia Vera* L).

Tomás M. Morbey — A introdução de novas culturas em Portugal — Caso da beterraba, tabaco e algodão.

Maria Teresa B. Soares — Estudo químico-tecnológico do tabaco.

Maria de Lourdes V. Borges — Alguns problemas da sanidade da beterraba sacarina e da protecção da cultura.

Miguel Mota — A poliploidia artificial na beterraba.

F. Neves Evaristo — Considerações fitossanitárias sobre viveiros de tabaco.

Maria Antonieta Nunes; Maria Adelaide Dias e Eugénio Pinto — Efeitos da água disponível e salinidade do solo no crescimento, trocas gasosas e

açúcares solúveis em variedades de beterraba sacarina.

Amadeu A. Domingues Calejo — Perspectivas da produção de tabaco em Portugal continental.

Júlio Campos Berberam — A cultura do tabaco e a sua investigação em Portugal.

Francisco José de Almeida — Perspectivas e utilização da soja em Portugal.

F. Doutel Serafim e J. Passos de Carvalho — Notas preliminares acerca das doenças e pragas do algodoeiro em Portugal.

Teresa Gomes da Silva — Cerrosporiose da beterraba sacarina. Determinação da sensibilidade varietal. Caracterização de fungicidas no seu combate.

* * *

No quarto dia os congressistas saíram da Fundação Gulbenkian e foram participar em várias visitas técnicas a importantes instalações industriais, desde o Complexo de Sines até às centrais térmicas de Carregado e Setúbal, da EDP, Eurominas, Sorefame, CUF, Fisipe, Siderurgia, etc.

Talvez se possa considerar o debate do tema «A formação do engenheiro» como o ponto mais alto deste Congresso. A discussão do tema iniciou-se pelos seus aspectos genéricos, isto é, incidindo sobre os seguintes pontos, propostos pelo relator, prof. J. Borges da Silva: 1 — Acesso às escolas e ao exercício da profissão de engenheiro; 2 — Graus académicos e títulos profissionais; 3 — Formação académica paralela ou por via única; 4 — Métodos pedagógicos. Currícula do ensino de engenharia; 5 — Formação profissional inicial. Estágios; 6 — Formação permanente. Institucionalização e financiamento; 7 — Carreira docente. Formação de docentes para o ensino da engenharia; 8 — Investigação fundamental e aplicada às escolas de engenharia. Sua articulação. A indústria. Fontes de financiamento.

Foram 17 as comunicações que se puderam englobar naqueles pontos. Os seus Autores tiveram oportunidade de vir sintetizar e defender os seus pontos de vista. Por último intervieram as personalidades que compunham o painel. O prof. Manuel Rocha apresentou alguns tópicos sobre a contribuição da Ordem dos Engenheiros para a formação dos técnicos, pressupondo um sistema nacional de educação permanente e exigindo a participação activa de todas as entidades interessadas. As acções da Ordem consistirão em facilitar a integração profissional dos recém-formados, a concessão de títulos de especialização, complementar a formação, medidas que teriam como consequências a ligação escola-indústria, com indicação de especialização a criar após inquéritos, a libertação dos estágios por parte da escola e a concentração do ensino na matéria base. Quanto ao segundo tópico o prof. Manuel Rocha indicou o papel da Ordem na execução dos pontos apresentados e por fim a necessidade de reciclagem e adaptação progressiva aos avanços da técnica, ou mesmo a reconversão da actividade por necessidade do País. Por fim, apontou a conveniência de ampla

abertura a uma colaboração das escolas e institutos de investigação com a indústria.

A esta intervenção seguiu-se a do prof. Luís Correia Maltez, que realçou a ligação da escola à indústria e propôs a abolição da distinção que ainda se insiste em fazer entre agentes técnicos e engenheiros. Falou ainda da necessária contribuição da indústria na definição dos programas dos cursos, na actividade paralela na escola e na indústria, na adequação da inserção profissional para uma completa realização. Acentuou também a necessidade das ciências humanas na formação do engenheiro e a problemática *via única* — *via paralela* na prática da indústria e a semelhança entre as funções dos agentes técnicos e dos engenheiros.

Na intervenção seguinte o prof. Maia Costa apontou o número de alunos na escola, no respeitante ao planeamento do ensino, tipo de ensino e métodos de trabalho em grupo mas corrigido por avaliação individual. Manifestou-se contra a abolição dos estágios, que disse continuarem a ser pedidos pelos estudantes e recém-formados. Referiu, por fim, o papel da investigação integrada no desenvolvimento do País.

Coube depois a vez ao prof. Castro Rego de acentuar que a aprendizagem deve ultrapassar a mera absorção e memorização de conhecimentos, fazendo a defesa da equipa inter-actuante aluno-professor; realçou o problema da formação de docentes e de cursos de pós-graduação, focando finalmente alguns problemas específicos da engenharia agrónoma.

Em quinto lugar falou o prof. João Figanier que começou por se manifestar contra a solução dogmática, chamando a atenção dos congressistas para dois tipos de experiências — a obtida no exterior do país, em comparação com a pouca experiência interna. Estabeleceu, por fim, a perfeita distinção entre os currículos de via única e via paralela e a definição de possíveis soluções.

Por último o prof. Marçal Grilo expôs o esquema geral do ensino. Referiu-se às alterações já havidas, nomeadamente a criação de institutos politécnicos, e conseqüente fracasso e a reconversão dos institutos industriais em escolas superiores de engenharia. Aqui apontou o facto de se contarem 18 mil estudantes, número que é altamente superior ao conveniente (e estabeleceu comparação com outros países). Para o ensino superior de curta duração sugeriu a diversificação e regionalização do ensino, e alertou ainda para a necessidade da pós-graduação institucionalizada. Sobre o acesso ao ensino superior apontou a necessidade de estabelecimento de um nível de formação científica básica e aplicação do «*numerus clausus*». Sobre este assunto contituir-se-ão grupos de trabalho.

No debate do tema «A formação do engenheiro — aspectos genéricos», que foi muito animado, manifestaram-se fundamentalmente duas linhas. Uns preconizaram aquilo que foi denominado de «*via úni-*

ca» e outros propuseram uma chamada «*via paralela*». No primeiro caso defendia-se a existência de um único tipo de escola que deveria fornecer sucessivamente os diversos graus escolares, nomeadamente os de bacharel e licenciado. Os defensores desta via pretendiam desta forma evitar selecções à entrada da escola, por motivos económicos ou outros. Pretendiam ultrapassar a situação actual em que os que entram para o Instituto Industrial raramente completam a sua formação na Faculdade de Engenharia.

Os defensores da «*via paralela*» pretendiam a criação dum curso superior de curta duração, essencialmente voltado para a parte prática da profissão e que permita uma rápida inserção no mercado de trabalho. Paralelamente, existiria um curso superior de engenharia destinado a formar licenciados. Este sistema permitiria aos técnicos com o curso de curta duração concluir a sua formação e licenciarem-se em engenharia.

Na defesa da via única distinguiram-se vários engenheiros que, contudo, não adoptaram uma atitude rígida em prol desta tese. A via paralela foi defendida pelo prof. Manuel Rocha e as suas posições foram ainda completadas pelas do prof. Marçal Grilo.

Todos estiveram de acordo que era necessário definir uma política de estágios, centralizados pela Ordem e que possibilitariam uma maior ligação entre a escola e a indústria.

De acordo com o calendário e o programa, no dia 26 de Novembro trataram-se aspectos específicos do tema «A formação do engenheiro» do qual eram relatores os professores de engenharia civil J. Ribeiro Sarmento e A. de Campos e Matos. Depois de apresentadas 22 comunicações entrou-se na discussão livre dos seguintes temas: Engenharia de transportes; Formação de engenheiros sanitaristas; Formação de gestores de recursos hídricos; Cursos de engenharia de produção; Formação e qualificação dos «urbanistas» em Portugal. Foram contudo os dois primeiros temas os mais amplamente analisados.

No último dia do Congresso decorreram as sessões sobre o tema «Aplicação da teoria dos sistemas em engenharia» — A teoria dos sistemas em perspectiva. Taxonomia. Aplicações. Eis a lista dos trabalhos apresentados neste tema:

Tema 8 — APLICAÇÃO DA TEORIA DOS SISTEMAS EM ENGENHARIA

Relato:

António Gouvêa Portela e João Manuel F. Moura —
Aplicação da teoria dos sistemas em engenharia: A teoria dos sistemas em perspectiva; Taxonomia. Aplicações. Comentários aos trabalhos apresentados.

Comunicações:

- Luís Santos Pereira** — Resolução de equações não lineares pelo método dos menores quadrados. Sua aplicação a algumas leis compostas de exaurimento hídrico.
- Dinis Gomes M. Santos** — Sistema de controlo de temperatura para fornos de resistência.
- Pedro Guedes de Oliveira; João Miranda Gonçalves e António Ferrari Almeida** — Gerador de referência programável.
- António Gouvêa Portela** — Sistemas equivalentes.
- José Manuel Tomada** — Risco de explosão e segurança intrínseca.
- M. Ferreira Oliveira e J. Pereira da Silva** — Optimização linear em sistemas eléctricos de energia.
- A. Steiger Garção; A. M. Sarmento; C. M. Manso e A. Neves Carvalho** — Sistema de desenvolvimento.
- José Quintino Rogado** — Optimização do benefício de sistemas de jazidas minerais.
- Francisco J. Carvalho** — Ensaios dinâmicos de simulação com utilização de controlo adaptativo.
- José A. Baptista Tomé** — Detecção e localização de formas com estruturas celulares simples.
- J. P. Sucena Paiva e A. P. Betâmio de Almeida** — Estabilidade da regulação carga-velocidade em centrais hidro-eléctricas.
- Carlos Salema; Emídio Gil Santos e Miguel Azevedo Coutinho** — Utilização de técnicas de simulação na determinação da capacidade de transporte de uma via fluvial.
- Luís Vicente** — Microcomputadores. Programação em RAM.
- Aníbal Santos e Alberto Moreno** — Análise da realidade económica com um sistema dinâmico.

PROGRAMA GERAL

Domingo, 20 Novembro

10.00/12.30 — Recepção de participantes.
Distribuição de documentos.

14.30/18.00 — Apreciação do Relatório e Contas do Conselho Directivo Nacional.

Segunda, 21 Novembro

9.30/10.30 — Sessão de abertura da parte cultural do Congresso.

11.00/12.30

14.30/18.00

— Sessões simultâneas dos temas 2 a 7.

Terça, 22 Novembro

9.30/12.30

14.30/18.00

— Sessões simultâneas dos temas 2 a 7 (continuação)

Quarta, 23 Novembro

Visitas técnicas.

Quinta, 24 Novembro

9.30/12.30

14.30/18.00

Mário J. A. Lança — Sensibilidades de índices de erro de um circuito não linear (para especificações definidas no domínio do tempo).

J. Borges Gouveia; M. Ferreira de Oliveira e Vladimiro Miranda — Panorâmica sobre os métodos de optimização de redes de distribuição de energia em baixa tensão.

Luís Moniz Pereira — PROLOG, uma linguagem de programação em lógica.

J. M. Ferreira de Jesus e J. P. Sucena Paiva — Solução do trânsito de potência pelo método do desacoplamento.

J. Borges Gouveia; M. Ferreira Oliveira e Vladimiro Miranda — Optimização de redes de baixa tensão. Descrição de um método eficiente.

Ana Lucas — A utilização dos «sistemas de gestão de bases de dados» na manipulação da informação científica e técnica.

João Ricardo — Notas sobre a simulação digital de sistemas por meio de integração trapezoidal implícita.

José Manuel F. de Moura e Victor Alberto N. Barroso — Estimção de distâncias por processamento do efeito de Doppler.

António J. Ermida Mano — Rectificação controlada numa fonte de alimentação de corrente contínua.

António Miguel Campos — Sistema microcomputador de aplicação de dados.

Frederico Carvalho; José Salgado; A. Dias Gomes; A. Sérgio Lebres; Victor Machado e Carlos Velga — Sonda de neutrões para medição contínua do teor de água de coque siderúrgico.

Henrique Garcia Pereira; Fernando Muge e Leopoldo Cortez — Aplicações do cálculo automático no planeamento mineiro.

— Sessão plenária do tema 1.

21.30 — Concerto sinfónico pela banda da G. N. R., no S. Luís.

Sexta, 25 Novembro

9.30/12.30

14.30/18.00

— Sessão plenária do tema 1 (continuação).

20.30 — Jantar de encerramento.

Sábado, 26 Novembro

9.30/12.30

14.30/18.00

— Sessões do tema 8.

SESSÕES TÉCNICAS

Tema 1 — A formação do engenheiro

24 Nov. — Aspectos genéricos.

25 Nov. — Aspectos específicos.

Tema 2 — Exigências funcionais e processos construtivos para a habitação social

21 Nov. — 11.00 — Exigências funcionais.

21 Nov. — 14.30 — Processos construtivos.

22 Nov. — 9.30 — Regulamentação. Normalização.
Economia.
22 Nov. — 14.30 — Realizações.

Tema 3 — Unidades de grande potência para produção de energia

21 Nov. — Energia hídrica.
22 Nov. — Energia térmica.

Tema 4 — Concepção e projecto de sistemas de telecomunicações no país

21 Nov. — Considerações gerais.
Aspectos fundamentais das telecomunicações.
22 Nov. — Aspectos fundamentais da electrónica.
Telecomunicações e electrónica.

Tema 5 — Combustíveis. A escassez mundial e as fontes nacionais

21 Nov. — Petroquímica.
22 Nov. — Petroquímica (cont.). Combustíveis.

Tema 6 — Metalurgia dos metais ferrosos

22 Nov. — A investigação metalúrgica.
23 Nov. — Actividades industriais.

Tema 7 — Tecnologia das novas culturas

21 Nov. — Algodão e beterraba açucareira.
22 Nov. — Tabaco, oleaginosas e outras.

Tema 8 — Aplicação da teoria dos sistemas em engenharia

26 Nov. — A teoria dos sistemas em perspectiva. Taxonomia. Aplicações.

A formação do Engenheiro

Aspectos genéricos

J. F. BORGES DA SILVA
Eng. Elect., Prof. Ext. do IST

RESUMO

São postos em relevo os principais conceitos, opiniões ou propostas contidos nas comunicações apresentadas, colocando-os na perspectiva da situação passada e presente do sector.

Procurou-se ordenar as matérias abordadas de modo a facilitar uma síntese do conteúdo das comunicações.

Junta-se no final uma lista de temas que se julgam, entre outros, merecedores de debate.

1 — INTRODUÇÃO

Foram numerosas as comunicações apresentadas que caíram neste tema. Apraz registar o facto de existir no seio da classe, por parte de muitos, estudo e reflexão sobre o problema da formação, cuja importância é desnecessário sublinhar.

Este relato não se destina a substituir as comunicações, cuja leitura integral se recomenda vivamente a todos os que se interessem pelo tema, mas tão somente a facilitar uma visão global pela selecção e ordenação do que julgou poder extrair-se de fundamental do seu conjunto.

As citações das comunicações são feitas por um número entre parêntesis, por exemplo [23], e referem-se à lista apensa no final deste relato.

2 — PRINCÍPIOS ORIENTADORES DA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

Na era tecnológica em que hoje vivemos, a capacidade profissional dos engenheiros representa incontestavelmente uma força de intervenção na evolução da sociedade da maior relevância. Não é por isso surpreendente que a discussão dos princípios orientadores da formação dos engenheiros conduza à consideração do ambiente socio-político em que a sua actividade profissional se insere. Dão testemunho

deste facto grande número das comunicações apresentadas.

Na busca de critérios de aferição das diversas orientações possíveis, podem distinguir-se dois pontos de vista, o da sociedade ao serviço da qual a actividade do engenheiro se encontra e o do indivíduo, membro da sociedade, que desempenha ou aspira a desempenhar nela o papel de engenheiro.

O primeiro ponto de vista levanta imediatamente a questão de saber o que espera a sociedade dos engenheiros, veja-se por exemplo [8], [33].

A resposta a esta questão parece ser que espera o desenvolvimento socio-económico, isto é, o aumento do bem-estar material pelo aproveitamento dos recursos naturais disponíveis numa forma socialmente equilibrada e justa.

Se a capacidade de utilizar os recursos naturais implica o domínio em profundidade das ciências aplicadas, o que hoje ninguém contesta, a capacidade de o fazer numa forma socialmente equilibrada e justa implica a posse de cultura do âmbito das ciências humanas, o que vem sendo hoje defendido com crescente insistência a propósito da formação do engenheiro. Veja-se, por exemplo, [4], [8], [25], [33].

Do segundo ponto de vista, isto é, do ponto de vista do indivíduo põem-se questões de âmbito muito geral que não são específicas da engenharia, como o direito de acesso à cultura, o direito à igualdade de oportunidade de valorização pessoal pelo exercício socialmente útil da vocação inata e correspondente promoção social. Veja-se, por exemplo [2], [4], [8], [10], [32].

Mais especificamente do âmbito da engenharia, são igualmente de sublinhar limites de natureza quantitativa decorrentes dos custos sociais requeridos pela formação de engenheiros e das exigências específicas do modelo de desenvolvimento económico adoptado, em termos do número de profissionais de engenharia de diferentes tipos que seriam necessários. Sobre esta última questão reina ainda entre nós larga incerteza, todavia há sugestões para tentar ultrapassá-la. Veja-se por exemplo [10], [31], [37].

3 — MECANISMOS DE FORMAÇÃO

É hoje geralmente defendido que a formação do indivíduo é um processo que se deve estender ao longo de toda a vida activa, não se resumindo portanto à frequência de escolas durante um maior ou menor número de anos da juventude.

Esta tese não será porventura uma inovação quando defendida em relação às profissões que requerem alta especialização, em disciplinas de evolução rápida como a engenharia. O que pode ser considerado inovação, pelo menos entre nós, é a proposta de institucionalização de mecanismos que, para além da formação inicial, apoiem a evolução e aperfeiçoamento permanente dos profissionais ao longo da sua vida activa. Veja-se [4], [10], [31], [32], [33].

Distingua-se, portanto, entre «formação inicial» que precede e habilita ao exercício inicial da profissão e «formação permanente» que visa a valorização dos profissionais já em exercício. Esta última, carecendo entre nós de expressão institucionalizada, deveria ser criada e tornada acessível à generalidade dos profissionais.

A formação inicial é em larga medida suportada pelo Estado, através das escolas de engenharia dependentes do M. E. I. C., em relação à «formação permanente» que se propõe, põem-se igualmente questões de financiamento sendo possível encarar outras possibilidades, como o financiamento pela própria indústria suscitado por incentivos fiscais. Veja-se [10].

4 — FORMAÇÃO INICIAL, ACADÉMICA E PROFISSIONAL

Podem distinguir-se na formação do engenheiro duas componentes complementares, a «formação académica» ministrada nas escolas de engenharia e a «formação profissional» que exige participação na actividade profissional. São questões em debate a sua interdependência e coordenação no tempo. Tradicionalmente sucedem-se uma à outra, mas são imagináveis outras soluções, como a alternância de período de actividade académica com período de actividade profissional [21] ou o seu desenvolvimento em paralelo [32]. É igualmente defendido por alguns, a institucionalização do ensino nocturno em tempo parcial como forma de permitir obter graus académicos concorrentemente com o exercício da profissão [4], [10].

Em qualquer caso permanece o problema de fundo de quais as instituições responsáveis pela componente profissional na formação inicial do engenheiro, já que pela formação académica serão naturalmente as escolas. Serão ainda as escolas? (como foram até há bem pouco tempo). Serão as associações profissionais? Ou ainda as empresas e serviços que empregam engenheiros? Parece ser desejável

uma intervenção, devidamente articulada de todos estes organismos [4], [23].

O reconhecimento das suas componentes académica e profissional na formação do engenheiro leva a reflectir sobre a distinção entre «grau académico» e «título profissional». Tradicionalmente entre nós têm sido considerados equivalentes, regista-se todavia no presente uma tendência acentuada da opinião em direcção a prática anglo-saxónica de limitar à escola a atribuição do grau académico, sendo o título profissional conferido pelas associações profissionais. Veja-se [4], [10], [21], [25].

A posse dum grau académico adequado seria o meio normal de aceder a certa categoria profissional, mas por si só insuficiente. Poderia até admitir-se a atribuição de títulos profissionais, excepcionalmente, mesmo na ausência dos graus académicos correspondentes, perante competência comprovada [10].

Este ponto delicado do reconhecimento da qualidade de profissional da engenharia merece cuidadoso debate.

5 — ACESSO AO ENSINO SUPERIOR DE ENGENHARIA

O acesso ao ensino superior de engenharia é, antes de mais, uma faceta do problema geral do acesso ao ensino superior. Se se tiverem em atenção os princípios enunciados em 2), facilmente se conclui da necessidade de encontrar um equilíbrio entre tendências opostas, que podem ir desde a pretensão duma utópica liberalização, quando o problema é apreciado do ponto de vista do indivíduo, até ao condicionamento e contingentação totais quando apreciado do ponto de vista da sociedade, numa óptica de planeamento exaustivo. É geralmente aceite a necessidade desse equilíbrio, acentuando-se no entanto, a importância de assegurar a eliminação entre nós de certas assimetrias de natureza social, tornando o acesso ao ensino superior independente do nível económico e da origem rural ou urbana dos indivíduos. Deverá visar-se, para além da correcção da injustiça social inerente nessa assimetria, a captação da totalidade do potencial humano da sociedade para a promoção do seu desenvolvimento. Veja-se [2], [4], [31], [32], [37].

A selecção que terá de haver, deverá essencialmente ter em conta a capacidade efectiva para o exercício da profissão e funcionar na óptica da orientação profissional, isto é, procurar canalizar os indivíduos para o exercício das profissões mais consentâneas com a sua capacidade e vocação, o que pressupõe a existência dum sistema de ensino superior diversificado. Veja-se [10], [21], [31], [32], [37].

6 — ESCOLAS DE ENGENHARIA

O ensino praticado nas escolas de engenharia, escusado é sublinhá-lo, tem uma influência decisiva em todas as questões relacionadas com a formação.

Não admira, portanto, que a maioria das comunicações abordem este tema ou lhe sejam mesmo inteiramente dedicadas.

De qualquer dos quadrantes, seja ele o dos utentes ou o dos responsáveis pelo ensino, se pode concluir por uma atmosfera de insatisfação geral com o estado de coisas. Avultam entre as causas apontadas, a sobrelotação de muitas escolas, a escassez de recursos materiais e humanos e poderíamos acrescentar a grande indefinição de objectivos que se tem vivido no sector.

No seguimento passam-se em revista alguns dos problemas em debate nesta área.

6.1 — Graus académicos

Depois dum longo período em que prevaleceu entre nós um esquema rigidamente compartimentado, com engenheiros licenciados por escolas superiores dum lado e agentes técnicos diplomados pelos antigos institutos industriais do outro, estes últimos relegados social e profissionalmente para um estatuto de inferioridade definitiva em relação aos primeiros, isto é, sem possibilidade de promoção qualquer que fosse o seu mérito, assistiu-se recentemente à abolição das barreiras discriminatórias por meio de várias medidas administrativas, tais como a elevação dos antigos institutos industriais a institutos superiores de engenharia, a criação do grau de bacharel em engenharia e a possibilidade dada aos diplomados pelos antigos institutos industriais de obterem licenciaturas com dois anos de estudos adicionais numa escola superior.

Pode dizer-se que é hoje universalmente aceite a ideia de que o ensino da engenharia deve ser encarado como um todo, sem compartimentos estanques e que, muito embora se reconheça a necessidade de graus académicos diferenciados, eles não devem ser origem de segregação dentro da classe dos profissionais da engenharia.

Mesmo depois de aceite este princípio, restam ainda questões de fundo a resolver por exemplo, em relação aos dois primeiros graus, bacharelato e licenciatura põe-se a questão de saber se devem ser ministrados em paralelo ou em cascata. Por outras palavras, se se devem separar os candidatos ao ensino superior de engenharia por duas vias paralelas conduzindo cada uma respectivamente ao bacharelato e à licenciatura, salvaguardadas naturalmente as facilidades de comunicação entre as duas vias [21] ou se devem antes todos os candidatos passar obrigatoriamente por um bacharelato a que se poderá seguir ou não a conclusão duma licenciatura [4], [25]. Há argumentos e defensores de ambas as teses.

Outra questão, intimamente ligada com a anterior, é a de saber se devem as escolas especializar-se em escolas de licenciatura e escolas de bacharelato, [21], [37] ou se pelo contrário a regra deve ser a da coexistência dos dois graus em todas as escolas [4], [25]. A situação actual talvez mais por razões históricas que por escolha deliberada, é a da existência de cursos de bacharelato em paralelo com

o curso de licenciatura ministrados geralmente em escolas diferentes.

Antes porém que se possa passar adiante à discussão do conteúdo dos cursos e métodos pedagógicos, parece indispensável formar uma ideia clara dos fins que cada grau deverá visar. Parece insuficiente limitar a diferenciação a uma mera questão de duração [25].

6.2 — Conteúdo dos cursos

A análise do conteúdo curricular dos cursos em detalhe só poderá ser feita especialidade por especialidade, perante especificações claras dos perfis profissionais a atingir, o que sai fora do âmbito das comunicações cobertas por este relato. Todavia há princípios gerais a ter em conta. Por exemplo, o carácter predominantemente formativo que devem ter. Formativo não só do domínio da aplicação das ciências exactas, matemática e física, às diferentes especialidades da engenharia, mas também, como muitos pretendem, no domínio das ciências humanas. Este último tem sido descurado entre nós, o que é apontado como uma carência grave [4], [8], [25], [31]. Entre outras, apontam-se carências no actual ensino, no domínio da informática e análise de sistemas [31], [33]. Não se deve perder de vista, todavia, que o engenheiro é por necessidade um especialista. Se há que prevenir contra uma formação técnico-científica estreita, há também que evitar o enciclopedismo estéril.

Nesta matéria, como em tantas outras, haverá que encontrar, antes de passar ao detalhe, certos pontos de equilíbrio como o que respeita ao doseamento das disciplinas científicas de base relativamente às disciplinas da especialidade e ainda destas no seu conjunto relativamente às ciências humanas. Entre as comunicações apresentadas podem encontrar-se métodos [16] e propostas concretas para a resolução do problema [25], [32].

6.3 — Métodos pedagógicos e avaliação de conhecimentos

Nos últimos tempos tem sido feita extensa crítica aos métodos pedagógicos tradicionais baseados essencialmente na transmissão das matérias por simples exposição oral do docente face a uma classe mais ou menos numerosa de alunos, quase reduzidos à situação de meros ouvintes.

É universalmente aceite que o ensino da engenharia não deveria ser feito assim. Efectivamente, qualquer que seja a natureza do ensino, não são métodos recomendáveis porque induzem uma atitude passiva nos alunos, contrária à que conduz a uma verdadeira assimilação do conhecimento. No caso específico da engenharia tem ainda o grave inconveniente de tender a alienar alunos e professores dos aspectos eminentemente concretos que estão sempre na essência dos problemas da engenharia.

A metodologia apropriada é de há muito conhecida, praticar um ensino activo fazendo amplo uso de laboratórios e oficinas para manter permanentemente o contacto com as realidades concretas. Mesmo nas disciplinas de índole teórica é indispensável a aplicação dos conhecimentos ministrados na resolução de problemas concretos, tão próximos da realidade dos problemas do engenheiro quanto esteja ao alcance dos alunos. A teoria que é uma das ferramentas mais poderosas à disposição do engenheiro, como qualquer outra ferramenta, tem de ser manejada para se poder adquirir o domínio do seu emprego, contemplá-la apenas não é suficiente.

Em matéria de métodos pedagógicos é também hoje amplamente defendido que devem propiciar o trabalho de equipa, cuja necessidade e vantagem na prática profissional sendo evidente, deve resultar de hábitos adquiridos como parte da própria formação do engenheiro.

Entre as comunicações apresentadas encontram-se exposições detalhadas da filosofia a adoptar nestas questões [25], [32]; há um relato duma experiência com um método não tradicional [29] e uma interessante proposta relativa ao ensino da matemática e da física [12].

A questão dos métodos pedagógicos, liga-se estreitamente à da avaliação de conhecimentos. Esta última tem estado por vezes, e indevidamente por ser secundária, na primeira linha das considerações sobre o funcionamento interno das escolas.

É hoje geralmente rejeitado o exame pontual, dissociado do processo pedagógico, como forma única de avaliação de conhecimentos. Têm sido propostas e experimentadas outras alternativas, veja-se, por exemplo, [2], [25], com diferentes graus de sucesso. A tendência será em geral a de fazer incidir a avaliação sobre o trabalho desenvolvido pelo aluno durante o próprio processo de aprendizagem e dependerá dum conhecimento pessoal do aluno por parte do docente obtido ao longo do curso.

Nesta matéria de métodos pedagógicos e de avaliação há, no entanto, uma prevenção a fazer contra o figurino único, por maiores que sejam os seus títulos de vanguarda. A natureza diversa dos conhecimentos a ministrar em diferentes disciplinas ditará naturalmente modos de proceder diferenciados. Não se trata pois de estabelecer um método universal, mas antes de encontrar em cada caso o método mais apropriado.

Todo este debate vem de longe e parece que se eterniza. Pode perguntar-se, porquê? Atenda-se por momentos a certas realidades:

É conhecido que muitas escolas se encontram superlotadas sem espaço sequer para salas de aula, muito menos para laboratórios e sem verba para equipá-los. Será possível então a prática do ensino activo?

É conhecido que o aumento rápido da frequência nas escolas obrigou a um aumento igualmente rápido

do número de docentes sem que alguma vez tivesse havido uma política de formação e profissionalização dos docentes. Será de esperar um aperfeiçoamento dos métodos pedagógicos?

É conhecido que o saber técnico-científico, contrariamente ao diploma, não tem ocupado lugar destacado na escala de valores da nossa comunidade.

Será de estranhar que grande número de jovens esteja mais motivado para a obtenção do diploma do que para a aquisição de conhecimentos?

Certos debates eternizam-se porque com eles se iludem consciente ou inconscientemente certos problemas de fundo. A sua permanência é unicamente um sintoma de frustração.

6.4 — Formação de docentes

O aumento rápido da procura das escolas de engenharia registado no último decénio, embora previsível, não foi acompanhado de medidas tomadas em devido tempo para a ele fazer face. Resultaram daí várias consequências catastróficas para o funcionamento das escolas e entre elas avulta o abaixamento drástico da qualificação média dos docentes. O ensino passou a ser ministrado em grande parte por recém-licenciados a quem não foi dada qualquer oportunidade de especialização e profissionalização como docentes.

Qualquer melhoria sensível da qualidade do ensino só poderá ser conseguida se ao problema da formação dos docentes for dada especial atenção [21].

Apresentam-se dois aspectos fundamentais nesta questão, o da definição da carreira docente e o da dotação das escolas de estruturas e meios materiais devidamente institucionalizados para promover as acções de formação urgentemente necessárias e hoje inexistentes.

Apontam-se como objectivos da definição da carreira docente a possibilidade de fixar na escola, em regime de dedicação exclusiva ao ensino e investigação e em condições competitivas com outras carreiras da engenharia, dum número de docentes suficiente para assegurar o funcionamento no presente e a sua evolução futura.

Apontam-se como meios de desenvolver as necessárias acções de formação a criação de cursos especializados de pós-licenciatura e de um programa de doutoramentos, [21], [25], [31]. Esta acção não visaria somente a formação de docentes, permitiria também a formação no País de especialistas nos sectores que o solicitassem.

A política de dependência quase exclusiva das escolas do estrangeiro para a formação de especialistas, para além do que representa em termos de demissão cultural e científica para a nossa comunidade, corresponde ainda à perigosa ilusão de que a capacidade técnico-científica de que tanto carecemos possa ser objecto de importação como qualquer vulgar mercadoria.

6.5 — Investigação nas escolas de Engenharia

É hoje geralmente aceite entre nós a ideia de que deve praticar-se a investigação nas escolas e em estreita ligação com o ensino. Os docentes, para além de transmitirem os seus conhecimentos, devem ter uma actividade criadora nas suas especialidades, participando na investigação, [9], [21], [25], [37]. A existência de investigação organizada é além disso indispensável para o lançamento dum programa de doutoramento nas escolas.

A investigação nas escolas tem sido financiada pelo M.E.I.C. através do I.N.I.C. que mantém junto das principais escolas numerosos Centros onde parte dos docentes trabalham como investigadores em tempo parcial.

Faz-se usualmente uma distinção entre investigação fundamental e aplicada, embora a linha de demarcação entre as duas seja por natureza bastante imprecisa. Nesta óptica, a actividade de investigação nas escolas, que tem sido possível desenvolver, canalizava-se principalmente para a investigação fundamental. Recentemente passou a ser defendida a tese de que a investigação aplicada deve coexistir com a fundamental.

Esta tese conta com vários argumentos a seu favor, por um lado permitiria o aproveitamento do potencial técnico-científico dos docentes nas tarefas de desenvolvimento da comunidade, por outro lado proporcionar-lhes-ia a vivência desses problemas com reflexos positivos na adequação do ensino às realidades concretas da comunidade. Permitiria ainda a justificação dum maior investimento na investigação e até a captação doutras fontes de financiamento para além do M.E.I.C. [21], [25].

Este projecto depara todavia com certas dificuldades. Para já, não existe entre nós a tradição dos sectores produtivos recorrerem às escolas para a resolução dos seus problemas. Por outro lado, dificilmente as estruturas de investigação actualmente existentes poderão ter a capacidade de resposta, em tempo útil que tal actividade requer. Nota-se também a falta de mecanismos institucionais adequados a este tipo de interacção da escola com a comunidade. O problema é analisado e são feitas sugestões concretas, nalgumas comunicações. Veja-se, por exemplo [9], [21].

6.6 — Ligação escola-comunidade

Existe hoje um sentimento generalizado de que a acção da escola na comunidade não se deve limitar a proporcionar a formação académica inicial dos candidatos que habilite ao exercício da profissão de engenheiro. É certo que se o fizer eficientemente e com sensibilidade para as reais necessidades da comunidade, isso representa por si só uma valiosa acção, todavia espera-se mais.

Por exemplo, preconiza-se que as escolas desempenhem um papel importante nas acções de formação permanente, veja-se 3).

Já foi referido em 6.4), a propósito dos cursos de especialização post-licenciatura e programas de doutoramento, a importância de visarem mais que a formação de docentes, proporcionando a formação de especialistas para a indústria.

A investigação aplicada que se propõe coexistir nas escolas com a investigação fundamental, veja-se 6.5), é por natureza dirigida para as solicitações provenientes do exterior da escola e visa a participação directa desta no processo de desenvolvimento económico da comunidade.

Há também quem proponha a existência duma interacção, semelhante à da investigação, mas ao nível de gabinete de estudos e projectos, [25], funcionando no seio das escolas. A adequação deste tipo de acção ao ambiente académico é contudo controversa, veja-se [9].

Duma forma geral, são consideradas positivas as acções tendentes a contrariar o alheamento dos docentes, e portanto, das escolas, em relação ao exercício da profissão e aos objectivos da comunidade que essa mesma profissão serve.

7 — CONCLUSÕES

Tomando o conteúdo das comunicações apresentadas como indicador da opinião corrente sobre o tema, poderão extrair-se algumas conclusões quanto às principais atitudes e preocupações que a formação do engenheiro neste momento suscita:

Mantém-se em larga medida aberta a questão da definição qualitativa e principalmente quantitativa dos objectivos a alcançar na formação de engenheiros.

Há uma grande sensibilidade para os aspectos de justiça social ligados ao acesso e exercício da profissão.

Nota-se um certo consenso inovador em matéria de institucionalização da profissão, no tocante a títulos profissionais, graus académicos e sua interdependência. É geralmente defendida uma diversificação mais ampla que a tradicionalmente praticada.

Há uma profunda preocupação com o funcionamento das escolas e geral insatisfação com a situação presente. A crítica é felizmente construtiva e reconhece que, em grande parte, os problemas que as escolas enfrentam têm causas que as transcendem. É defendida uma intervenção mais profunda das escolas nos problemas da comunidade do âmbito da engenharia.

Resta ao relator exprimir o voto de que o debate seja profícuo.

8 — TEMAS PARA DEBATE

Sem preocupações de ser exaustiva, segue-se uma lista de alguns temas que, entre outros, se julga serem merecedores de amplo debate:

- 1 — Acesso às escolas e ao exercício da profissão de engenheiro.
- 2 — Graus académicos e títulos profissionais.
- 3 — Formação académica paralela ou por via única.
- 4 — Métodos pedagógicos. Currículo do ensino da engenharia.
- 5 — Formação profissional inicial. Estágios.
- 6 — Formação permanente. Institucionalização e financiamento.
- 7 — Carreira docente. Formação de docentes para o ensino da engenharia.
- 8 — Investigação fundamental e aplicada nas escolas de engenharia. Sua articulação com a indústria. Fontes de financiamento.

TEMA 1 — A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

Comunicações de conteúdo genérico

- [2] **H. Bernardo Lopes**
«Acesso à Universidade e avaliação de conhecimentos».
- [4] **Associação Profissional dos Engenheiros Técnicos Portugueses (Zona Norte).**
«A formação do engenheiro em Portugal».
- [8] **F. N. Bernardes-Silva**
«Necessidade da formação humanística dos engenheiros».
- * [9] **P. Lourtie, V. Sampaio, N. Esteves, M. Cordeiro.**
«Da investigação ao projecto de engenharia».
- [10] **Luís Sousa Lobo**
«Ensino da engenharia e educação recorrente».
- [12] **Sushil Kumar Mendirata, Catarina Kiefe.**
«Investigação sobre um programa de ciências básicas para engenheiros».
- [16] **António Gouvêa Portela**
«Formação universitária».
- * [21] **E. R. de Arantes e Oliveira**
«Que futuro para o I. S. T.?».
- [23] **António Manuel Libano Monteiro**
«Estágios dos finalistas de engenharia».
- * [25] **José Manuel Fonseca de Moura**
«Ensino e escolas de engenharia: Tópicos para discussão».
- * [26] **José Manuel Fonseca de Moura**
«Planificação do calendário escolar».
- * [29] **Maria de Lourdes Tedeschi Bettencourt, Alfredo Manuel Florenço Tovar de Lemos**
«Experiência em pedagogia de grupo».
- * [31] **L. Valadares Tavares**
«Ensino da engenharia e transformação da sociedade».
- [32] **M. L. da Costa Lobo**
«Reflexões sobre o ensino de engenharia numa perspectiva renovada e global».
- * [33] **H. Simões Santos**
«Considerações sobre o tema: A formação do engenheiro».
- [37] **Carlos Sá Furtado**
«Comentários sobre a mudança do ensino de engenharia».

(*) Trabalho a ser publicado no próximo número da «Técnica».

A formação do Engenheiro

Aspectos específicos

J. RIBEIRO SARMENTO
Eng. Civil, Prof. da FEUP
A. DE CAMPOS E MATOS
Eng. Civil, Prof. da FEUP

1 — SÍNTESE DO ESTADO ACTUAL DO PROBLEMA

1 — Objectivos do ensino de Engenharia em Portugal

Qualquer que seja o grau de formação dos conhecimentos ministrados pelas escolas de Engenharia portuguesas, parece ser fora de dúvidas que o ensino tem sido orientado desde sempre para fornecer ao estudante um conjunto de ensinamentos que no termo do corpo de disciplinas em que a escola está estruturada, o estudante fique tanto quanto possível em condições de tomar uma função profissional imediata.

Isto significa que as escolas procuram todas elas completar o volume de ensinamentos de base obtidos através das disciplinas ditas propedêuticas, com uma sucessão de matérias voltadas directamente para a prática profissional, se bem que muitas vezes limitadas por força de dificuldades materiais e de tempo a um tratamento de gabinete, para o qual há que fazer um apelo a uma certa fantasia ou intuição do estudante, a suprir a vivência do ambiente real, geralmente inacessível.

Um tipo de ensino que se apoiasse fundamentalmente na transmissão desses conhecimentos de base e, a partir de ideias tantas vezes defendidas, lançasse para uma fase posterior a escolaridade que fornecesse a informação especializada, já depois de obtida uma certa experiência e uma direcção profissional, não teve até agora aceitação entre nós. Embora se invoque e com razão que as tecnologias se desactualizam e que por tal mais importa prover o estudante de um equipamento intelectual que lhe permita acompanhar com facilidade a evolução dessas tecnologias, o facto é que no contexto resultante das solicitações do mercado das profissões talvez se encontre a justificação de uma constância de política do ensino como aquela que vigora entre nós.

Por um lado está a incontestável modéstia da maior parte das situações profissionais que se oferecem aos engenheiros em Portugal, passando muito deles rapidamente de uma fase de aplicação activa dos conhecimentos científicos a uma situação de

administração. Por outro está a própria atitude das entidades empregadoras, muitas vezes essas realmente desactualizadas, as quais esperam do nóvel engenheiro desde logo um alto rendimento de trabalho prestado, o qual por esse motivo tem de ser apoiado por uma informação suficiente trazida da escola.

De qualquer forma importa sublinhar a importância que têm tido cursos de actualização e de especialização que algumas escolas e outros organismos não fundamentalmente dedicados ao ensino têm promovido nos últimos anos, e registar o interesse com que os mesmos têm sido recebidos pelos engenheiros de todas as idades, tudo a demonstrar a necessidade de completar ciclicamente a acção das escolas na sua primeira função.

Em Portugal existem presentemente três escolas universitárias e três escolas não universitárias que ministram o ensino de Engenharia em dois graus distintos: o da licenciatura e o do bacharelato.

São elas a Faculdade de Engenharia do Porto, o Instituto Superior Técnico e a Faculdade de Ciências e de Tecnologia de Coimbra; e os Institutos Superiores de Engenharia de Lisboa, do Porto e de Coimbra, estes em promoção dos antigos Institutos Industriais cuja missão era a formação de agentes técnicos de engenharia.

Importa juntar ainda a esta lista as Universidades Novas, entre as quais a Universidade Nova de Lisboa, a qual durante os dois últimos anos lectivos levou a efeito alguns cursos de grande especialização para licenciados em vários domínios. Das novas universidades em criação, em Braga e em Aveiro, julga-se que é de esperar uma acção também voltada ao ensino de certas matérias de carácter tecnológico.

Embora a partir do segundo trimestre de 1974 tenham sido introduzidas no funcionamento das escolas de Engenharia algumas inovações a título experimental que vieram afectar mais ou menos sensivelmente os planos de estudo e os métodos pedagógicos tradicionais, estes presentemente em regressão, pode dizer-se que o regime dos cursos continua a ser o que se encontra definido pelo Decreto n.º 540/70,

prossequindo as Escolas Universitárias na sua função primordial de formar licenciados em seis especialidades diferentes, a saber: Civil, Minas, Mecânica, Electrotecnia, Química e Metalurgia.

Algumas tentativas, aqui ou acolá, para transformar o ensino na formação de bacharéis, não foram levadas por diante, muito embora tenha havido forte pressão de órgãos do executivo para tal.

Em contrapartida foi paralelamente instituído o bacharelato nas escolas superiores não universitárias, como acima já se referiu, passando o título, por estranho que pareça, a ser igualmente usufruído pelos antigos diplomados pelos institutos industriais precedentes, que nessa qualidade se apresentaram depois em grande número como candidatos ao grau de licenciatura num termo complementar de escolaridade introduzido nas escolas universitárias, dentro de um regime de aulas ad-hoc, com horários vespertinos, como naturalmente era do interesse da maioria desses candidatos.

Quanto ao processo de recrutamento do pessoal docente e de investigação no ensino universitário, encontramos ainda no Decreto-Lei n.º 132/70 toda a legislação coordenadora respectiva. Este mesmo decreto-lei foi ainda o que passou a orientar, certamente que apenas nos aspectos aplicáveis, o recrutamento e promoção dos docentes nos Institutos Superiores.

As especialidades do ensino ministrado por estes passaram entretanto a conter certas inovações, desaparecendo os grupos de conhecimentos antes associados, para serem substituídos pelas seguintes especialidades: Civil, Geotecnia, Mecânica, Electrotecnia e Química; isto pelo menos por aquilo que se refere ao I. S. E. do Porto.

2 — Bacharelato. Licenciatura.

Na instituição do bacharelato em Engenharia poderá pensar-se, a exemplo do que sucede em outras faculdades ou escolas, constituir um plano de estudos segundo o qual o bacharelato corresponda a uma interrupção do curso de licenciatura; e já que dentro do mesmo pensamento ao bacharel poderão ser cometidas tarefas exigindo uma busca ou um estudo suplementar de carácter especializado não versado ainda na Escola, o graduado com esse título deverá dispor de uma preparação fundamental ou propedéutica pelo menos tão desenvolvida quanto a do licenciado. O bacharelato teria assim como principal justificação uma evidente economia da preparação de cada aluno e uma entrada antecipada do mesmo na prática profissional, com a vantagem suplementar de uma maior diversificação ou flexibilidade na obtenção de oportunidades de emprego. A penalização de ter de ser completada, à custa própria do candidato ou à custa da empresa empregadora, a preparação que seria exigida, seria naturalmente bem suportada se de facto as bases de Matemática, Física e Química, não iludissem a expectativa.

A licenciatura poderia ser posteriormente retomada, depois de um certo tempo de exercício profissional, já com melhor conhecimento dos problemas reais, e teoricamente com melhor aproveitamento escolar.

Outra poderá ser também a política de apoio ao bacharelato. Segundo essa alternativa, ao bacharelato deveria corresponder uma preparação de base mais modesta, uma especialização iniciada mais cedo e conduzida de modo a atingir um nível suficiente para certas finalidades profissionais, sem o grau de desenvolvimento que atinge na licenciatura.

Um curso portanto perfeitamente diferenciado da licenciatura, que poderia não obstante vir a ser continuado em estrutura adequada para atingir o grau mais elevado: novas aquisições das ciências básicas, maior desenvolvimento das matérias de especialidade.

Esta modalidade permitiria uma selecção mais específica no começo do ensino superior, sem prejuízo, pelo menos potencialmente, do aproveitamento dos mais dotados, os quais poderiam atingir as culminâncias desde que intimamente solicitados para maiores projectos.

A este esquema viria ainda a associar-se um resultado não menos relevante, qual seja o proporcionar uma estratificação de competências em maior conformidade com as aptidões dos indivíduos, sem prejuízo de nova selecção mais dinâmica fornecer ainda, como que por repescagem, todos os valores não completamente realizados.

Parece ter sido a primeira das políticas expostas que esteve na origem das propostas governamentais: um tronco mais ou menos comum para todas as escolas de engenharia, tanto universitárias como não universitárias, conduzindo ao bacharelato, como processo de eliminação de elitismos, ao qual se seguiria quando desejado pelos estudantes interessados um complemento visando a licenciatura.

Parece também ter sido esta a orientação dos responsáveis nos I. S. de Engenharia para a estruturação dos planos de estudo nessas novas escolas superiores de Engenharia, depois de a tal categoria terem sido elevadas.

Efectivamente, pode-se apreciar através dos programas das suas disciplinas uma preocupação de os aproximar dos conteúdos das disciplinas clássicas vigentes nas escolas universitárias; e, além do mais, está consignado na orgânica desses institutos a possibilidade de outorgarem títulos de licenciatura sob uma escolaridade complementar adequada.

A tentativa não teve quanto às escolas universitárias o êxito que alguns pretendiam. Muitas foram as resistências, de dentro e de fora, que se ergueram contra tal desígnio. Sobretudo imperaram os resultados decepcionantes de métodos pedagógicos postos em acção irresponsavelmente nas escolas universitárias, que tiveram como consequência uma massificação de frequência escolares não devidamente preparadas, com a saída de diplomados cuja idoneidade científica as empresas e a administração começaram a pôr em dúvida. Se sobre este estado viesse a so-

brepôr-se ainda um aligeiramento das obrigações escolares, ninguém poderia antecipar senão uma frustração total para uma grande parte dos candidatos ao título de engenheiro. O País exige, bem pelo contrário, uma definição mais precisa de competências. Assim de desejar será que, se for pertinente a manutenção dos dois graus de formação, o bacharelato e a licenciatura, a um e outro correspondam áreas de conhecimento perfeitamente integrados no mesmo objectivo, se bem que seja de defender aqui como em todas as latitudes do ensino uma permeabilidade suficiente entre as diversas carreiras que facilite a captação de todos os valores humanos existentes, na sua maior plenitude.

Mas poderá perguntar-se se é ou não de defender a conservação dos dois graus, o de bacharelato devidamente corrigido de distorções e o da licenciatura, com exigências compatíveis com a consecução de um nível profissional digno desse nome. Na resposta atenda-se a que com a eliminação dos Institutos Industriais se perdeu um tipo de preparação ainda não compensado, qual seja o de técnicos de nível médio, pelo que ficou ainda mais reduzido o estrato indispensável dos profissionais mais ligados aos trabalhos de execução, trabalhos que a partir de agora têm de ser cometidos por sub-emprego a titulares de graus superiores.

3 — Condições de acesso ao ensino superior

Nos últimos anos, e quanto às escolas não universitárias no próprio lançamento da sua actividade, o acesso dos alunos aos cursos superiores de Engenharia, não foi precedido de qualquer forma de exame do grau de preparação trazido dos liceus.

Sucedeu que conturbado o ensino efectuado nos liceus como mais ou menos em todos os estabelecimentos de ensino, na perturbação de múltiplas causas que o atingiu, e agravado ainda o estado de preparação dos alunos pela interrupção provocada pelo chamado «serviço cívico», as consequências quanto à capacidade de aquisição de novos conhecimentos, depois ministrados, foram nitidamente acusadas por esses alunos: falta de aproveitamento por incapacidade de acompanhamento das lições, estas muitas vezes também reduzidas no seu conteúdo como forma de aproximação ao nível de cultura do auditório.

A liberalidade do processo de admissão conduziu, como atrás se referiu, a uma massificação de candidatos aos diplomas, com todo o cortejo de dificuldades de acomodações, de desdobramento de esforços pessoais dos docentes, com o prolongamento de horários para além dos tempos normais diurnos, com a aceitação «sine qua non» da colaboração, aliás generosa, de docentes ainda não suficientemente experimentados para tarefas altamente responsabilizantes. Salas de aula de dimensões suficientes foram divididas por taipais amovíveis de modo a poderem albergar maior número de turmas em funcionamento simultâneo, aulas práticas em que muitas vezes havia

que proceder-se a trabalhos gráficos foram localizadas em salas de auditório, deslocando-se para elas mesas de trabalho que vieram ocupar os espaços de trânsito, criando-se por vezes espectáculos de desarrumação indescritível, a que o serviço de limpeza por manifesta insuficiência ou incúria vinha ainda a acrescentar mais repugnância. As aulas, teóricas e práticas, sucediam-se sem solução de continuidade nestes ambientes altamente poluídos por falta de arejamento que a escassez de tempo ou de meios não proporcionava em quantidade bastante.

A situação tornou-se verdadeiramente insustentável por mais tempo.

Se não houvesse outras razões, estaria já assim suficientemente justificada a necessidade de montar um processo selectivo à entrada das escolas e instituir-se o «*numerus clausus*» limitativo das admissões, para a fixação do qual teve influência quase exclusiva a capacidade de se efectuar uma acomodação satisfatória dos alunos e de se praticar um ensino mais correcto e mais eficiente.

Para o próximo ano lectivo (1977-78) o acesso às escolas universitárias será precedido de exame de aptidão introduzido por disposição legal e haverá complementarmente a citada limitação de número.

Para as escolas não universitárias, a admissão continuará sem inovações, condicionada pois à apresentação do certificado do sétimo ano liceal. É curioso frisar aqui que esta avalanche de candidatos ao ensino de Engenharia dos últimos anos incidiu muito mais pronunciadamente nas escolas universitárias (na FEUP em especial) do que nos ISE's, o que é pelo menos sintoma de que alguma anomalia existe nas primeiras a demandar intervenção urgente.

4 — Cursos e sua duração

Por força de Lei que não foi alterada, a duração dos cursos de licenciatura continua a ser de cinco anos em todas as escolas universitárias, aquelas que em exclusivo a concedem neste momento.

Quanto ao bacharelato instituído nas escolas não universitárias, o qual, como atrás se referiu, foi planificado dentro de um espírito de fornecer conhecimentos de base com desenvolvimento semelhante aos das licenciaturas, a sua duração foi fixada em quatro no Porto e em Coimbra, encontrando-se reduzida para apenas três anos em Lisboa. Importa referir que esta diferença de tempo não corresponde a redução de matérias ou a menor preocupação de formação. Efectivamente nota-se nos planos de estudo respectivos a mesma preocupação de grande promoção; apenas se concentrou talvez em regime de experiência todo o elenco de matérias no conjunto dos três anos. Pode acrescentar-se que parece estar em vias de se converter já no próximo ano lectivo este regime para o assimilar com os dos outros dois institutos, portanto fazendo-o estender por mais um ano.

Há quem se tenha chocado pela escassa diferença de um ano entre as durações dos dois cursos; e quem

partindo da análise do conteúdo dos programas se tenha interrogado sobre a pertinência da existência de dois tipos de escolas afinal com muitos pontos idênticos e existindo em número e em localização talvez inadequados à maior conveniência dos possíveis interessados.

Efectivamente, se no futuro se insistir no conceito adoptado quando da instituição dos bacharelatos e se encontrarem todos estes cursos em pleno funcionamento, a dúvida parece poder existir.

Atente-se no entanto que talvez seja de rever a política seguida na criação dos bacharelatos com o carácter que exibem no espírito dos programas.

Ao bacharel deveria corresponder possivelmente uma formação mais tecnológica, se bem que alicerçada com uma informação de base de bom nível, sem que no entanto tome o desenvolvimento que se nota nos respectivos planos de estudo actualmente em vigor. A tónica deveria incidir, como se disse na tecnologia mais do que na ciência fundamental. Esta seria completada se porventura o candidato procurasse mais tarde uma promoção na licenciatura, através de um plano de inserção estruturado com essa finalidade nas escolas universitárias.

Quanto à duração dos cursos de licenciatura, deve lembrar-se que não há muito tempo, ela era ainda de seis anos e que nos mesmos estavam incluídos três estágios de carácter profissional que em princípio deveriam ser cumpridos entre os anos escolares finais.

Era a solução que muitos têm por ideal, e representava uma aproximação, embora modesta, de um tipo de ensino que se encontra em alguns países e se conhece por «sandwich training», através do qual a Indústria vem participar significativamente do processo formativo dos candidatos ao título de engenheiro.

O regime citado foi-se simplificando e também desvirtuando. Os cursos passaram a ter a duração de 5 anos, os estágios abreviaram-se e reduziram-se primeiramente para dois, presentemente estão apenas em um, e este mesmo poderá sob requerimento do interessado ser mesmo totalmente dispensado.

O licenciado que pelas suas aptidões foi introduzido na carreira docente superior, tomando as funções de Assistente, deverá dentro de certo prazo obter um novo grau académico: o doutoramento.

Aparece assim a ocasião de nos referirmos à grande lacuna existente nas nossas escolas universitárias de Engenharia: o curso de pós-graduação, conduzindo também ao doutoramento.

Embora consignada no Decreto n.º 540/70 a possibilidade da organização de tais cursos, é preciso reconhecer que até agora as tentativas efectuadas, se bem que altamente louváveis e úteis, se confinaram à realização de ciclos de aperfeiçoamento ou actualização abertos a todos os engenheiros que pretenderam segui-los.

Não será fácil nos anos mais próximos e dentro dos quadros docentes existentes criar com funcionamento regular tais cursos de pós-graduação, a exemplo do que existe em centros estrangeiros que os

nossos doutorandos vão demandando em ritmo cada vez maior.

Os professores não são, infelizmente continuam a não ser suficientemente remunerados pelo desempenho das suas funções, para que às mesmas possam dedicar-se em tempo inteiro. E para maior dificuldade, também a imposição de uma dedicação exclusiva como forma de obter um complemento verdadeiramente não compensador para prática de investigação em orgânica especial, veio ainda a afastar dessa prática regularmente exercida muitos docentes que à mesma tinham emprestado muito da sua capacidade e com a orientação dos quais os mais novos poderiam progredir menos difficilmente no caminho da preparação do doutoramento.

Sem sombra de dúvida, pode-se dizer que o conceito muito debatido da «dedicação exclusiva», desacompanhado como foi do reconhecimento das necessidades materiais de cada um, agiu justamente em sentido inverso daquele que se procurava porventura accionar, quanto à manutenção de uma actividade essencial ao ensino e que se situa no campo da investigação.

Com tal resultado foi, se é possível, ainda mais afastado o momento em que se tornará viável a instituição de cursos de pós-graduação, e complementarmente a formação estruturada dos candidatos ao grau de doutor.

A alternativa tornou-se assim inevitável. Cada vez sendo mais difícil por estudo individual e isolado a preparação de uma tese e a candidatura a provas de doutoramento, todos aqueles que procuram obter esse grau académico e têm possibilidades materiais e familiares para o fazer, lançam-se a caminho de outros centros científicos, onde a sua actividade vai enriquecer estranhos, sem já falar nas despesas que daí derivam e que o País em última análise tem de suportar.

5 — Especialidades dentro dos cursos

Nos planos dos cursos oficialmente aprovados (Dec. 540/70) para as escolas universitárias de Engenharia, contempla-se já a conveniência de introduzir na lista curricular das disciplinas uma certa diferenciação de especialidades, a qual é oferecida em livre escolha à preferência dos candidatos.

Essa diferenciação seguiu dois processos distintos conforme as escolas: para a Faculdade de Engenharia do Porto ficou definida por um grupo de disciplinas ditas «de opção» inseridas nos dois semestres do 5.º ano entre outras disciplinas que pertencem em comum a todas as especialidades; para o Instituto Superior Técnico, a especialização recebeu um arranjo que compreende todas as disciplinas de cada um desses semestres, as quais ficam deste modo a formar quadros integrados e independentes uns dos outros, embora se possam encontrar disciplinas comuns nos vários quadros; as diversificações assim conseguidas tomaram os nomes de «ramos».

Nas escolas não universitárias, as especializações correspondem a um só modelo para cada curso.

A partir do segundo trimestre de 1974 os planos oficiais foram objecto de largas discussões, tendo sido contestada a utilidade de algumas disciplinas tradicionalmente incluídas em todos os currículos escolares, e algumas foram dispensadas sem qualquer contrapartida (sucedeu isto nomeadamente com disciplinas que pertenciam a outras áreas de conhecimentos, Electrotecnia Geral para Engenharia Civil, por exemplo, e com disciplinas cujas matérias embora de interesse constante e que no passado foram como que pedra de toque do nível das escolas e que pertenciam a todos os cursos: Resistência de Materiais para Engenharia Electrotécnica, como outro exemplo). Dificuldades de obtenção de docentes qualificados vieram acrescentar outras eliminações ocasionais em certas escolas, atingindo disciplinas importantes como Sociologia e Economia.

Importa repor urgentemente estas disciplinas nos cursos de Engenharia.

Claro que será necessário um processo de mentalização junto dos alunos para que o trabalho do professor seja possível. São matérias em que todos julgam ter nascido ensinados e portanto é sempre de recear que as interrupções possam dificultar a exposição. A análise do estudioso tem de ser produzida sem paixão, objectivamente, sem ideias preconcebidas ou pelo menos com a independência suficiente para ouvir friamente a exposição de outras ideias como processo dialéctico de carácter filosófico. Enquanto não existir o estado de espírito desapaixonado que permita receber a exposição de ideias como conteúdo da História antes ou em vez de as interpretar como forma apologética das mesmas, as dificuldades para disciplinas desse tipo permanecerão.

O que de modo algum é admissível é que possam continuar ausentes disciplinas de formação essencial como as que citamos do elenco dos cursos de Engenharia.

6 — Métodos pedagógicos

A ânsia de tudo mudar que foi desencadeada a partir do segundo trimestre de 1974, o oportunismo e a irresponsabilidade de muitos e a inconsciência geral das maiorias, a par da neutralização dos mais experientes, permitiram a instalação de novos métodos pedagógicos nas escolas que lançaram perturbações ainda não sanadas, cujos resultados se cifram por valores fortemente negativos e se projectarão pela vida fora de algumas gerações.

Os esquemas adoptados para ministração do ensino podem ser caracterizados resumidamente através da seguinte pontuação:

a) As aulas práticas foram transformadas em aulas teórico-práticas e passaram a constituir a expressão mais importante da transmissão de conhecimentos.

Nos dois primeiros anos lectivos que se seguiram tomaram a duração geral de 3 horas, divididas por um pequeno (?) intervalo a meio; o papel do assistente, por vezes apenas iniciado na prática docente, passou a ser essencial e para a maior parte dos alunos até mesmo exclusivo. A teoria que viria a apoiar a realização dos exercícios, era apresentada no início das aulas pelo assistente, geralmente numa pequena exposição oral, apoiada num texto poli-copiado momentos antes distribuído pelos alunos. Os exercícios passavam então a ser resolvidos dentro de uma tipologia que formalizava toda a matéria apreendida. Os alunos eram assim postos perante novos conceitos, numa primeira abordagem, e logo passavam a aplicá-los, tudo dentro da mesma aula.

As aulas teóricas, também nesses dois anos transformadas em teórico-práticas, com duração de 1,5 horas, além de representarem um sacrifício para o professor (quase sempre já doutorado, com muitas diuturnidades), já que a preocupação de satisfazer um determinado programa o levava a despendar todo o tempo com a exposição — até porque os alunos ouvindo pela primeira vez os assuntos não poderiam preencher o resto do tempo com exercícios, de que aliás eles próprios na generalidade dos casos nem sentiam a necessidade, já que a aula prática era tudo; e constituía também sacrifício para quem estava a escutá-lo, pela permanência tão prolongada em cada aula, em que o módulo de 1,5 horas tinha permitido reduzir o número de sessões em cada período.

b) Os trabalhos práticos passaram a ter produção colectiva.

Efectivamente, associado a este tipo de ensino, instituiu-se um novo método para a realização dos exercícios. Os alunos em vez de entregues cada um a si próprio, passaram a constituir grupos de trabalho, com 5-6 alunos cada, que conduziam colectivamente a resolução de cada questão.

c) Sobre o assistente recaiu uma obrigação extremamente responsabilizante: ele teve de preparar os resumos das pequenas exposições que antecediam as aulas práticas, de as transmitir oralmente, de as esclarecer por todo o decorrer da aula a um auditório que sendo apenas constituído por pessoas normais, partiam evidentemente para a resolução dos problemas com todas as dúvidas; e, no meio de tudo isto, de proceder a uma avaliação de forma contínua, do aproveitamento de cada grupo, e dentro do grupo de cada um dos seus componentes.

d) Os exames finais foram eliminados; a avaliação continua ao longo das aulas práticas tornou-se soberana.

As classificações ficaram confinadas inicialmente a dois resultados apenas, «apto» e «não apto». Qualquer distinção suplementar conduziria a um pretendido elitismo que as maiorias não aceitavam.

Os resultados eram publicados depois de discutidos entre o assistente e o grupo, havendo recurso para um «júri paritário» em caso de desacordo não resolvido. Esse júri, constituído por docentes e discentes ouvia os intervenientes no processo e resolvia por votação.

O papel do professor das aulas teóricas, ou teórico-práticas, foi assim reduzido ao mínimo dos efeitos, e as suas exposições serviam apenas aqueles que teimavam por saber mais alguma coisa sobre os fundamentos dos métodos práticos e sobre outras matérias que não havia possibilidade em tempo para incluir nos trabalhos práticos. Para a grande maioria dos alunos, o programa era constituído pela tipologia de exercícios versados nas aulas práticas.

As classificações receberam mais tarde uma nova identificação, complementar da primeira, perante as dificuldades que a prática profissional logo começou a mostrar para uma diferenciação em termos relativos. Foram adoptados indicativos literais, A, B e C, de que as correspondências numéricas não foram logo definidas e quando o foram não tiveram senão mais tarde unanimidade de interpretação. Mas continuava a ser difícil tirar médias de letras e, embora contestado por alguns, parece ter sido bem recebida por larga maioria uma resolução ministerial repondo as classificações numéricas.

No ano lectivo que findou, embora tenha continuado o processo de avaliação continua, houve já recurso a exames escritos levados a efeito durante as aulas práticas, receosamente denominados de «testes», e de certo modo assistiu-se àquilo que se conhecia quanto aos efeitos perturbadores dos exames de frequência, na regularidade da assistência às aulas, os quais no passado tinham determinado a moderação do ritmo da «consulta», sem grandes inconvenientes já que existiam os exames finais para decisão complementar.

É de esperar que num futuro próximo o bom senso volte às escolas. Sem ele desprestigia-se o ensino e saem prejudicados os alunos perante a sociedade.

7 — Colaboração da Indústria no ensino de Engenharia

A colaboração da Indústria e dum modo mais lato de todos os organismos privados e oficiais no ensino de Engenharia, a todos os títulos tão desejável, tem-se verificado entre nós de forma muito discreta sobretudo quando se procura entendê-la como participação directa e voluntária.

De forma indirecta, já é mais notável embora a incidência no ensino seja pouco significativa.

Ela tem sido expressa por três vias distintas, a saber:

a) Ensaios, geralmente de recepção, requeridos aos laboratórios das escolas, e que deixam sob a forma de emolumentos uma contribuição importante

para a manutenção dos serviços (as chamadas verbas de duplo cabimento). Por vezes as incumbências solicitadas aos laboratórios tomam carácter de pesquisa, e então o interesse que oferecem resulta altamente promovedor, particularmente a nível do corpo docente, e por reflexo portanto também sobre os estudantes, que aliás podem eventualmente ser chamados a participar dos estudos.

b) Estágios de prática profissional oferecidos aos alunos.

É esta uma forma igualmente preciosa que as escolas encontraram sobretudo no passado, quando eram exigidos estágios integrados na escolaridade, estágios que muitas vezes eram susceptíveis de remuneração e proporcionavam contactos de valor inestimável para a formação profissional e humana dos estudantes.

Os estágios caíram em desuso, como atrás se referiu, mas haverá que se rever desde o início toda esta problemática, corrigindo os vícios de que vieram a enfermar, dignificando-os e restituindo-se-lhes o mérito incontestável que possuem quando bem conduzidos.

c) Participação de técnicos em serviço na Indústria e na Administração do Estado e das Autarquias, como professores eventuais, em regime de equiparação.

É esta uma via entre as mais eficientes para o estabelecimento de comunicações com o exterior das escolas, na formação de contactos através dos quais sejam conhecidas mutuamente as aquisições dos dois sectores, e que se apresenta de extraordinário interesse para as escolas.

Tem sido principalmente para o ensino de certas matérias não tradicionais incluídas no currículo dos cursos que se tem visto participar na docência elementos exteriores em comissões especiais, ou ainda para orientação de trabalhos de seminário, de índole mais ligada à prática tecnológica, que mais frequentemente tem sido procurada essa colaboração, colaboração que importa aqui sublinhar se tem revelado altamente penhorante pelos benefícios trazidos ao ensino.

É esta também uma via pela qual podem ser encaminhadas até às escolas notícias mais documentadas de projectos e de empreendimentos lançados no País, que de outro modo menos conhecidos ficariam das populações académicas; e mediante tais contactos poderão mesmo proporcionar-se outras formas ou oportunidades de estudo, como sejam visitas a estaleiros ou a gabinetes, projectos de estágios, ou até de situações profissionais para os alunos, e um intercâmbio sempre desejável entre os docentes e os seus pares do trabalho exterior.

2 — ANÁLISE DAS COMUNICAÇÕES APRESENTADAS

1 — Foram apresentados ao Congresso 22 trabalhos tratando de problemas que se enquadram no

subtema A do tema T_1 e cuja relação, com os nomes dos respectivos autores, se junta em anexo.

Dado que se verifica existirem trabalhos que tratam matérias muito semelhantes, faremos com vista à sua análise, o seu agrupamento por assuntos do modo que segue.

1.º GRUPO

1/003 — O ensino de engenharia civil no nosso país.

J. S. Brazão Farinha

1/019 — A formação do engenheiro civil-hidráulico. Meios de acção.

A. Alvares Ribeiro
e J. Novais Barbosa

1/024 — Princípios para a reestruturação do ensino da engenharia civil

António de Carvalho Quintela

2.º GRUPO

1/001 — A formação do engenheiro mecânico e as suas especializações.

Luciano Faria

3.º GRUPO

1/030 — Nota sobre os cursos universitários portugueses de engenharia de minas.

José Quintino Rogado

4.º GRUPO

1/006 — Dificuldades do LNEC no recrutamento de engenheiros no domínio das vias de comunicação.

Cláudio Nascimento

1/013 — A formação dos engenheiros no domínio das infraestruturas aeronáuticas e aeroportuárias.

Alvaro Fernandes Teixeira Reis e outros

1/014 — Formação do engenheiro de estradas.

M. R. Elias da Costa

1/017 — O caminho de ferro e a formação dos engenheiros.

Tiago Ferreira e outros

1/017A — Que formação deve ter o engenheiro ferroviário?

Armando Cameira

1/017B — Exigências da moderna engenharia ferroviária.

F. Almeida e Castro

1/020 — Contributo para o esboço de uma ajustada formação de engenheiros de transportes.

J. M. Consiglieri Pedroso

1/022 — A formação de engenheiros nos domínios das vias de comunicação e dos transportes — Importância e nível técnico-científico dos estudos actuais referentes a traçado, tráfego, segurança e ambiente.

António José de Castilho

1/028 — Os transportes e a formação do engenheiro civil.

Docentes do Departamento de Vias de Comunicação e Transportes do Instituto Superior Técnico

1/034 — O ensino da opção de «Vias de Comunicação» na Faculdade de Engenharia.

Filipe de Paiva C. L. Brandão

5.º GRUPO

1/007 — A formação de engenheiros sanitaristas como suporte de uma política de saneamento básico.

Maria Irene Alves Pereira e outros

1/011 — Educação no domínio dos recursos hídricos: um combate em várias frentes.

Luís Veiga da Cunha

1/027 — O ensino da engenharia sanitária em Portugal. A experiência da Universidade Nova de Lisboa.

Amílcar Ambrósio e outros

6.º GRUPO

1/015 — Cursos de engenharia de produção.

Júlio Barreiros Martins

7.º GRUPO

1/035 — Formação e qualificação dos «urbanistas» em Portugal.

Fernando Gonçalves

8.º GRUPO

1/005 — Classificação adaptada para o equipamento dum laboratório de electricidade.

Ricardo Charters d'Azevedo

1/018 — A electrónica, os computadores e as medidas, em ligação com as unidades de tracção eléctrica (Considerações para a formação dos engenheiros).

Augusto F. Morais Cerveira

21 — Os três trabalhos incluídos no 1.º grupo tratam do ensino da engenharia civil, referindo-se o segundo, dos Prof. Alvares Ribeiro e Novais Barbosa, concretamente à licenciatura e à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Nos trabalhos do Eng.º Brazão Farinha e do Prof. Carvalho Quintela tratam-se em pormenor os perfis correspondentes ao grau de bacharel e ao de licenciado, pondo-se no trabalho do Eng.º Brazão Farinha a tónica na «preparação para a cobertura técnica do País, com vista aos problemas do quotidiano, dando satisfação às necessidades de resolução das questões básicas do nosso Povo, neste sector».

O Prof. Carvalho Quintela refere ainda o problema dos cursos de pós-graduação e o dos «técnicos de Engenharia». Esta última categoria corresponde ao reconhecimento da necessidade de técnicas para o exercício de profissões auxiliares da engenharia civil e visa também a criação de uma saída para os estudantes do bacharelato e da licenciatura que, por qualquer razão, sejam obrigados a interromper os seus cursos.

22 — No trabalho incluído no 2.º grupo o autor, Prof. Luciano de Faria, partindo das necessidades da indústria, apresenta uma solução pormenorizada para o que entende que deverá ser a reestruturação dos cursos de engenharia mecânica.

Na solução preconizada haverá um curso base de graduação em engenharia mecânica (cinco anos), seguido de um leque de possíveis especializações em um ou dois anos. Entre os cursos de especialização que o autor considera mais necessários para cobrir o campo dos sectores metalúrgico e metalo-mecânico, referem-se os cursos de Engenharia de construção naval, de Engenharia mecânica aeronáutica, de Engenharia de transportes, de Fundição, de Soldadura, de Máquinas-ferramentas, Têxtil, de Organização e controlo de produção e de Gestão.

O autor refere-se ainda a cursos de pós-graduação, a que corresponderia o grau de «mestre» e que cobririam os seguintes domínios: projecto mecânico, energia, sistemas e materiais.

23 — No trabalho incluído no terceiro grupo o autor, Prof. Quintino Rogado, a partir da definição do que devem ser as principais componentes em que deve basear-se a formação do engenheiro, analisa a situação no Instituto Superior Técnico e na Faculdade de Engenharia, concluindo que em nenhuma das escolas os cursos são, dentro das permissas admitidas, equilibrados. São apresentadas sugestões de ajustamentos e são referidos ainda os problemas dos cursos de pós-graduação e da carreira docente.

24 — No quarto grupo incluem-se dez trabalhos, todos inseridos na problemática geral de engenharia de transportes.

A apresentação de tão grande número de trabalhos relativos a um domínio restrito da engenharia traduz sem dúvida, a par da existência de uma situação de crise, o desejo dos técnicos ligados ao sector de criarem condições para uma rápida recuperação.

Entendem os relatores que o tema da engenharia de transportes deve ser objecto de cuidada atenção do Congresso, pelo que resolvem inscrevê-lo nos «temas para discussão». Nestas condições parece dispensável fazer aqui uma referência, embora breve, a cada um dos trabalhos apresentados.

Chama-se, no entanto, a atenção para o que se passa no que respeita à investigação neste domínio. Regista-se a situação referida pelo Investigador Úlpio Nascimento no trabalho que apresentou e que consta dum quadro de movimento de pessoal universitário nos sectores do LNEC dedicados a Estradas, Aeródromos, Caminhos de Ferro, Tráfego e Segurança Rodoviária. Mostra este quadro que, entre 1948 e 1977, ou seja em 29 anos, foram admitidos 26 universitários dos quais unicamente 3 se podem considerar fixados no sector.

25 — Dos três trabalhos incluídos no 5.º grupo, o que é apresentado pelo Prof. Veiga da Cunha trata do problema dos recursos hídricos e os outros dois, apresentados pelos Eng.ªs Maria Irene Alves Pereira e João M. Gomes de Sousa; e Amílcar Ambrósio, Jorge Schau e Sabino Silvestre tratam da engenharia sanitária.

A comunicação do Prof. Veiga da Cunha trata com desenvolvimento dum problema de grande acuidade. Pensam os relatores que se justifica, com base neste trabalho, a introdução os «temas para discussão» do problema da gestão dos recursos hídricos.

As comunicações relativas à engenharia sanitária, que cobrem domínios muito semelhantes, referem as carências sanitárias do país, necessidade de técnicos (engenheiros sanitaristas) e correspondentes problemas de formação e ainda a experiência dos cursos de Engenharia Sanitária organizados pela Universidade Nova de Lisboa. Entendem os relatores que também se justifica introduzir nos «temas para discussão» o problema da formação dos engenheiros sanitaristas.

26 — O trabalho apresentado pelo Prof. Barreiros Martins, único que integra o 6.º grupo, trata do problema dos cursos de engenharia de produção.

Após a justificação do interesse de tais cursos, através da análise das necessidades em técnicos com a formação correspondente, o autor apresenta propostas concretas quanto à organização dos planos de estudo e às disciplinas funcionais e respectivos conteúdos programáticos.

São tratados ainda, entre outros, problemas dos graus académicos, dos critérios de acesso e estágios.

A comunicação em análise trata um problema que os relatores consideram que deve também ser introduzido nos «temas para discussão».

27 — O trabalho apresentado pelo arquitecto Fernando Gonçalves, intitulado — Formação e qualificação dos «urbanistas» em Portugal — constitui uma extensa e documentada nota histórica do que tem sido a prática urbanística em Portugal desde a promulgação do Decreto-Lei n.º 24 802, de 21 de Dezembro de 1934, até ao presente.

Ao longo do trabalho, que não apresenta conclusões explícitas, é criticada a actuação dos diversos serviços públicos que têm intervenção no problema, em particular da Direcção-Geral dos Serviços de Urbanização, do antigo Ministério das Obras Públicas, actualmente integrada no Ministério da Habitação, Urbanismo e Construções.

Dado que se trata de matéria controversa, entende-se que deve ser dada aos congressistas a oportunidade de ampla troca de impressões sobre o assunto, pelo que o problema em causa é introduzido nos «temas para discussão».

28 — Do 8.º grupo constam as comunicações «Classificação adoptada para o equipamento dum laboratório de Electricidade», do Eng.º Ricardo Charters de Azevedo e «A electrónica, os computadores e as medidas, em ligação com as unidades de tracção eléctrica», do Eng.º Augusto F. Morais Cerveira.

O primeiro trabalho refere a classificação adoptada para o equipamento do Laboratório de Electricidade da Academia Militar.

No segundo trabalho é posto o problema da incidência sobre a formação e actualização dos engenheiros

do crescente emprego de tiristores de potência, nomeadamente em unidades de tracção eléctrica.

3 — CONCLUSÕES

Os trabalhos apresentados ao Congresso, já pelo seu elevado número, já pela sua qualidade, constituem uma contribuição muito importante para o esclarecimento de várias questões relativas à problemática da formação dos engenheiros. Espera-se que da discussão em plenário possa resultar a opinião da Ordem dos Engenheiros em relação a várias questões de princípio a ter em conta numa futura reestruturação do ensino da engenharia em Portugal.

4 — TEMAS PARA DISCUSSÃO

- 1 — Engenharia de transportes
- 2 — Formação de engenheiros sanitaristas
- 3 — Formação de gestores de recursos hídricos
- 4 — Cursos de engenharia de produção
- 5 — Formação e qualificação dos «urbanistas» em Portugal.

OS RELATORES

J. Ribeiro Sarmento
A. de Campos e Matos

A N E X O

Tema T₁ — subtema A — Relação dos trabalhos apresentados

Número	Autor	Título
1/001	Eng.º Luciano Faria	A formação do Eng.º Mecânico e as suas especializações.
1/003	Eng.º J. S. Brazão Farinha	O ensino de Engenharia Civil no nosso país.
1/005	Eng.º Ricardo Charters d'Azevedo	Classificação adaptada para o equipamento dum laboratório de electricidade.
1/006	Eng.º Úlpio Nascimento	Dificuldades do LNEC no recrutamento de engenheiros do domínio das Vias de Comunicação.
1/007	Eng.ª Maria Irene Alves Pereira Eng.º João Manuel Gomes de Sousa	A formação de engenheiros Sanitaristas como suporte de uma política de saneamento básico.
1/011	Eng.º Luís Veiga da Cunha	Educação no domínio dos recursos hídricos: um combate em várias frentes.
1/013	Eng.º Alvaro F. T. Reis Eng.º João M. A. O. Paixão	A formação de engenheiros no domínio de infraestruturas aeronáuticas e aeroportuárias.
1/014	Eng.º Elias da Costa	Formação do engenheiro de estradas.

A N E X O

Tema T₁ — subtema A — Relação dos trabalhos apresentados

Número	Autor	Título
1/015	Eng.º Júlio Barreiros Martins	Cursos de Engenharia de Produção.
1/017	Eng.º Tiago Ferreira Eng.º Eugénio Godinho Eng.º Pires Cameira Eng.º André Fernandes Dr. Lopes Marques Eng.ª Elisabeth Abeillard Eng.º Carrasquinho de Freitas Eng.º Castro Diniz	O Caminho de Ferro e a formação dos engenheiros.
1/017-A	Eng.º Armando Cameira	Que formação deve ter o engenheiro ferroviário?
1/017-B	Eng.º Francisco de Almeida e Castro	Exigências da moderna engenharia ferroviária.
1/018	Eng.º Augusto F. Morais Cerveira	A Electrónica, os Computadores e as medidas, em ligação com as unidades de tracção eléctrica.
1/019	Eng.º Álvares Ribeiro Eng.º J. Novais Barbosa	A formação do engenheiro-civil-hidráulico. — Meios de acção.
1/020	Eng.º José Manuel Consiglieri Pedroso	Contributo para o esboço de uma ajustada formação de engenheiros de transportes.
1/022	Eng.º António José de Castilho	A formação de engenheiros nos domínios das Vias de Comunicação e dos Transportes — importância e nível técnico-científico dos estudos actuais referentes a traçado, tráfego, segurança e ambiente.
1/024	Eng.º António de Carvalho Quintela	Princípios para a reestruturação do ensino da engenharia civil.
1/027	Eng.º Amílcar Ambrósio Eng.º Jorg Schau Eng.º Sabino Silvestre	O ensino de Engenharia Sanitária em Portugal. A experiência da Universidade Nova de Lisboa.
1/028	Docentes do Departamento de Vias de Comunicação e Transportes do IST	Os transportes e a formação do Engenheiro Civil.
1/030	Eng.º José Quintino Rogado	Nota sobre os cursos Universitários Portugueses de Engenharia de Minas.
1/034	Eng.º Filipe de Paiva C. L. Brandão	O ensino da opção de «Vias de Comunicação» na Faculdade de Engenharia.
1/035	Eng.º Fernando Gonçalves	Formação e qualificação dos «Urbanistas» em Portugal.

Resumo dos Artigos publicados na «Técnica» n.º 444

Ano LII — Novembro 1977

C. D. U. 519.272.11(092)

L. VALADARES TAVARES

NO 2.º CENTENÁRIO DO NASCIMENTO
DE KARL FRIEDERICH GAUSS:
GAUSS E A REGRESSÃO LINEAR

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 61 a 64

A propósito do 2.º centenário do nascimento de K. F. Gauss analisa-se o seu importante contributo para a teoria da regressão («modelo linear») e discute-se a aplicação deste modelo nas Ciências de Engenharia.

C. D. U. 697.7:621.47:517

E. MALDONADO
E. OLIVEIRA FERNANDES

MÉTODOS DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE COLECTORES
SOLARES PLANOS

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 65 a 75

A utilização da energia solar em Portugal ainda não entrou na era tecnológica. Muitos são os argumentos favoráveis ao desenvolvimento de colectores solares, nomeadamente dos colectores solares planos, porquanto são tecnológica e economicamente os mais acessíveis. Centenas de protótipos e de patentes no Mundo e outros tantos processos construtivos sugerem a necessidade de um programa de simulação do comportamento dinâmico dos colectores para efeitos de previsão e optimização do seu funcionamento.

Neste artigo comparam-se três modelos de simulação, um permanente e dois não-permanentes, confrontando-se os respectivos resultados com os obtidos experimentalmente no banco de ensaios.

C. D. U. 666.3:7

C. A. PACHECO DA SILVA
M. HELENA CARVALHO
M. MANUELA OLIVEIRA

MATERIAIS CERÁMICOS: MICROESTRUTURA
E PROPRIEDADES

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 77 a 96

Definem-se materiais cerâmicos e apresenta-se uma das classificações possíveis destes materiais. Dão-se algumas noções gerais sobre a constituição dos cerâmicos e descrevem-se as microestruturas características dos principais tipos de cerâmicos, relacionando-as com as propriedades respectivas.

C. D. U. 621.382.4

JOÃO PAULO CACHO TEIXEIRA

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A INCLUSÃO
DO EFEITO DE EARLY NO MODELO DE EBERS-MOLL
DE TRANSISTORES BIPOLARES

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 97 a 103

Demonstra-se neste artigo o fundamento teórico da inclusão do efeito de Early no modelo de Ebers-Moll de um TJB através da tensão de Early, V_A , que caracteriza o modelo empírico de circuito proposto por Hamilton e Lindholm. Este estudo é feito com base no tratamento de Rey e Leturcq do TJB e é mais geral do que o apresentado anteriormente por Clark, sendo válido até $V_{CE}/V_A > 1$. Mostra-se que a análise agora apresentada conduz, para um transistor de difusão com junção de colector abrupta, a uma boa previsão da lei de variação da largura da região neutra da base com V_{CE} .

C. D. U. 378.62

J. F. BORGES DA SILVA

A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO
ASPECTOS GÊNICOS

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 113 a 118

São postos em relevo os principais conceitos, opiniões ou propostas contidos nas comunicações apresentadas, colocando-os na perspectiva da situação passada e presente do sector.

Procurou-se ordenar as matérias abordadas de modo a facilitar uma síntese do conteúdo das comunicações.

Junta-se no final uma lista de temas que se julgam, entre outros, merecedores de debate.

C. D. U. 378.62

J. RIBEIRO SARMENTO

A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO
ASPECTOS ESPECÍFICOS

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 119 a 128

Synopsis of articles published in «Técnica» n.º 444

LII — November 1977

U. D. C. 621.382.4

JOÃO PAULO CACHO TEIXEIRA

COMMENTS ON THE INCORPORATION OF THE EARLY EFFECT IN THE MODEL OF BIPOLAR TRANSISTORS

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 97 a 103

The purpose of this paper is to demonstrate the theoretical basis for the incorporation of the Early effect in the Ebers-Moll model of a BJT through the Early voltage, V_A , which characterizes the empirical circuit model presented by Hamilton and Lindholm. This study is based on Rey and Leturcq's characterization of the BJT, and is more general than the one presented by Clark, since it is valid for $V_{CE}/V_A > 1$. It is shown that the proposed theoretical study leads, for a diffusion transistor, with an abrupt base-collector junction, to a good prediction of the dependence of the neutral base region width on V_{CE} .

U. D. C. 378.62

J. F. BORGES DA SILVA

ENGINEERING EDUCATION. GENERIC ASPECTS

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 113 a 118

U. D. C. 378.62

J. RIBEIRO SARMENTO

ENGINEERING EDUCATION. SPECIFIC ASPECTS

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 119 a 128

U. D. C. 519.272.11(092)

L. VALADARES TAVARES

LINEAR REGRESSION AND KARL FRIEDERICH GAUSS

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 61 a 64

A study on Gauss contribution to Linear Regression («Linear Model») is presented to celebrate the 2nd centenary of his birth and a discussion on the use of this model in Engineering Sciences is also included herein.

U. D. C. 697.7:621.47:517

E. MALDONADO
E. OLIVEIRA FERNANDES

NUMERICAL SIMULATION MODELS OF FLAT PLATE SOLAR COLLECTORS

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 65 a 75

In Portugal, the technological applications of solar energy haven't practically yet been developed. There are many reasons that favour the development of solar collectors, namely flat plate collectors, since these ones are cheaper and technologically simpler. Hundreds of prototypes and patents all over the world and equal number of manufacturing methods suggest the need of a computer program, simulating the dynamic behaviour of the collectors, in order to make a prediction and a optimization of their performance.

In this paper, three models simulating a collector, a permanent and two non-permanent ones, are compared both with one another and with the results measured in an experimental facility.

U. D. C. 666.3/7

C. A. PACHECO DA SILVA
M. HELENA CARVALHO
M. MANUELA OLIVEIRA

CERAMIC MATERIALS: PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE

Técnica N.º 444 — LII — 11-1977, p. 77 a 96

A definition and a possible classification of ceramic materials is given. Fundamental principles on the constitution of ceramics are also given, as well as a description of the typical microstructures and their relationship with the general properties of the materials concerned.

Edições da Técnica

TABELA DE PREÇOS

TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

Brazão Farinha, 6.^a edição — 1970 . . . 450\$00

TOPOGRAFIA GERAL

C. Xerez — 1.^o vol. 2.^a edição — 1970 . . . (*)

C. Xerez — 2.^o vol. 2.^a edição — 1966 . . . 250\$00

TABELAS TÉCNICAS

Vicente Ferreira e Brazão Farinha, 8.^a edição

1977 500\$00

MANUAL DE HIDRÁULICA GERAL

A. Lencastre, 2.^a edição — 1969 . . . 450\$00

DICIONÁRIO DE UNIDADES E TABELAS DE CONVERSÃO

Vasco Costa e Osvaldo Francês, 1.^a edição —

1959 75\$00

NÚMEROS E VARIÁVEIS COMPLEXAS

A. H. Simões de Abreu, 1.^a edição 1977 . . . 312\$50

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

A. Herculano de Carvalho, 1.^a edição — 1961 150\$00

CÁLCULO DE PÓRTICOS

G. Kani — Trad. da 7.^a edição alemã — 1962 100\$00

MANUAL DE ESTRUTURAS

Brazão Farinha — 1.^o VOLUME

Encadernado 625\$00

Plastificado 587\$50

2.^o e 3.^o Volumes (*)

BETÃO PREESFORÇADO

(A cargo dos participantes na Semana de Be-

tão Preesforçado — I. S. T. — 1975) . . . (*)

(*) LIVROS A PUBLICAR BREVEMENTE

Desconto de 10% aos assinantes

PEDIDOS A

técnica

Já à Venda

Números e Variáveis Complexas

1.^a EDIÇÃO – 1977

Eng.º A. H. Simões de Abreu

Tabelas Técnicas

8.^a EDIÇÃO – 1977

Eng.º Vicente Ferreira e Eng.º Brazão Farinha