



A INVESTIGAÇÃO TECNOLÓGICA E ECONÓMICA E A INDÚSTRIA

ANTÓNIO PORTELA

RELATÓRIO

II CONGRESSO DA INDÚSTRIA PORTUGUESA

RELATÓRIO

A INVESTIGAÇÃO TECNOLÓGICA E ECONÓMICA E A INDÚSTRIA

ANTÓNIO PORTELA
Engenheiro

1 — INTRODUÇÃO

É difícil precisar o momento em que a indústria se apercebeu do interesse da investigação e do conhecimento científico como meios de resolver os problemas industriais.

JUSTIN VON LIEBIG pode considerar-se como o pioneiro em trabalhos de investigação aplicados sistematicamente à indústria química; os seus trabalhos datam de 1825.

FARADAY e HENRY abriram o campo das aplicações das máquinas eléctricas ao redor de 1830.

ARKWRIGHT e CARTWRIGHT desenvolveram a fiação e a tecelagem mecânica em 1800.

WATT, MAYER, JOULE, CARNOT, CLAUSIUS e RANKINE conceberam e realizaram de 1763 até 1850 a máquina a vapor, BEAU DE ROCHAS e OTTO o motor de explosão entre 1820 e 1862; DIESEL desenvolveu o motor de combustão em 1876.

PERKINS e BAYER foram os pioneiros da indústria dos corantes sintéticos de 1856 a 1868.

Estes são os principais precursores da aplicação da investigação à indústria, mas, de então até hoje, a influência da investigação tem-se afirmado numa forma notável.

NOTA — Os números que no texto se encontram entre parêntesis referem-se à bibliografia publicada no final deste trabalho.

Para ilustrar essa influência basta alinhar o número de investigadores empregados na indústria americana de 1920 até 1947 (1) :

1920	9.000
1925	18.000
1930	30.000
1935	30.000
1940	50.000
1945	90.000

Outro exemplo dará uma ideia da perfeita ligação entre a investigação e o desenvolvimento industrial correspondente: a indústria de corantes sintéticos na Alemanha (2) :

1880 havia duas fábricas que empregavam 60 cientistas
 1900 havia seis fábricas que empregavam 500 cientistas

Para passar da síntese laboratorial do índigo para a produção industrial gastou-se, entre 1880 e 1897, o equivalente em moeda portuguesa a 120.000 contos (3).

Foram apresentados, propositadamente, exemplos do século passado para mostrar que a intervenção da investigação na indústria já tem tradição e não é uma experiência recente.

Hoje em dia gastam-se em média cerca de 2 a 3% das vendas brutas em investigação.

Com base em 2% foi feito o quadro abaixo que alinha as verbas a dispender em investigação, em função das vendas:

5.000 contos/ano		100 contos
10.000 »		200 »
20.000 »		400 »
40.000 »		800 »
80.000 »		1.600 »
160.000 »		3.000 »
320.000 »		6.000 »
640.000 »		24.000 »

Quais são as indústrias portuguesas que gastam estas somas em investigação?

Se acrescentarmos a estas cifras as importâncias que o Estado deveria gastar através das Universidades, Laboratórios do Estado, etc., temos uma medida do atraso em que nos encontramos em relação aos países desenvolvidos.

Este atraso torna a nossa indústria subsidiária das indústrias estrangeiras, uma vez que depende inteiramente do seu auxílio para poder progredir ou melhorar os seus fabricos.

É esta posição de subalternidade que entrava grandemente o progresso da industrialização em Portugal, que está confinada na sua generalidade à posição de copiadora e imitadora dos progressos alheios.

Enquanto não for montada em Portugal a investigação em, pelo menos, algumas indústrias, de forma a permitir o progresso e o aperfeiçoamento por meios próprios e adaptados ao condicionalismo português, a *maioridade* industrial não será atingida.

A exiguidade dos trabalhos apresentados pela Indústria e o número elevado de respostas negativas ao questionário feito dão uma medida da pequena dimensão e do reduzido interesse que a investigação tem para a maioria dos sectores da indústria.

Este relato tem, por este facto, uma finalidade diferente da usual, porquanto, em vez de se descrever a investigação em Portugal que, com raras e honrosas excepções, é quase inexistente, se aborda sobretudo quais as condições e o «habitat» da investigação, e que meios é necessário criar e promover para que essa investigação se possa desenvolver e materializar.

2 — DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

No sentido mais lato, a investigação compreende toda a actividade humana aplicada a resolver *problemas*.

Conforme a natureza dos problemas, a investigação pode classificar-se nas seguintes categorias:

Investigação fundamental ou pura — Tem por objecto o estudo da Natureza e os resultados do seu labor vão acrescentar o *património de conhecimentos científicos fundamentais*. A investigação fundamental é provocada por dois móveis:

- o desejo de conhecer a *verdade* a respeito da Natureza e dos fenómenos que nela ocorrem; daí a expressão de investigação *pura*.

- a necessidade de resolver *problemas* propostos pela investigação aplicada (que se define a seguir) e que não puderam ser resolvidos a esse nível por falta de conhecimentos fundamentais.

Investigação aplicada — A principal função deste tipo de investigação reside em dar aplicação, isto é, *utilidade*, ao património de conhecimentos fundamentais ainda não completamente explorados.

No seu labor a investigação aplicada vai acrescentar o *património de conhecimentos técnicos* e é motivada pelas seguintes forças:

- pelo desejo de descobrir novas técnicas e métodos para trabalhar materiais e matérias-primas e explorar as diferentes formas da energia da Natureza.
- a necessidade de resolver *problemas* propostos pela investigação tecnológica e que não puderam ser resolvidos a esse nível por falta de conhecimentos técnicos.

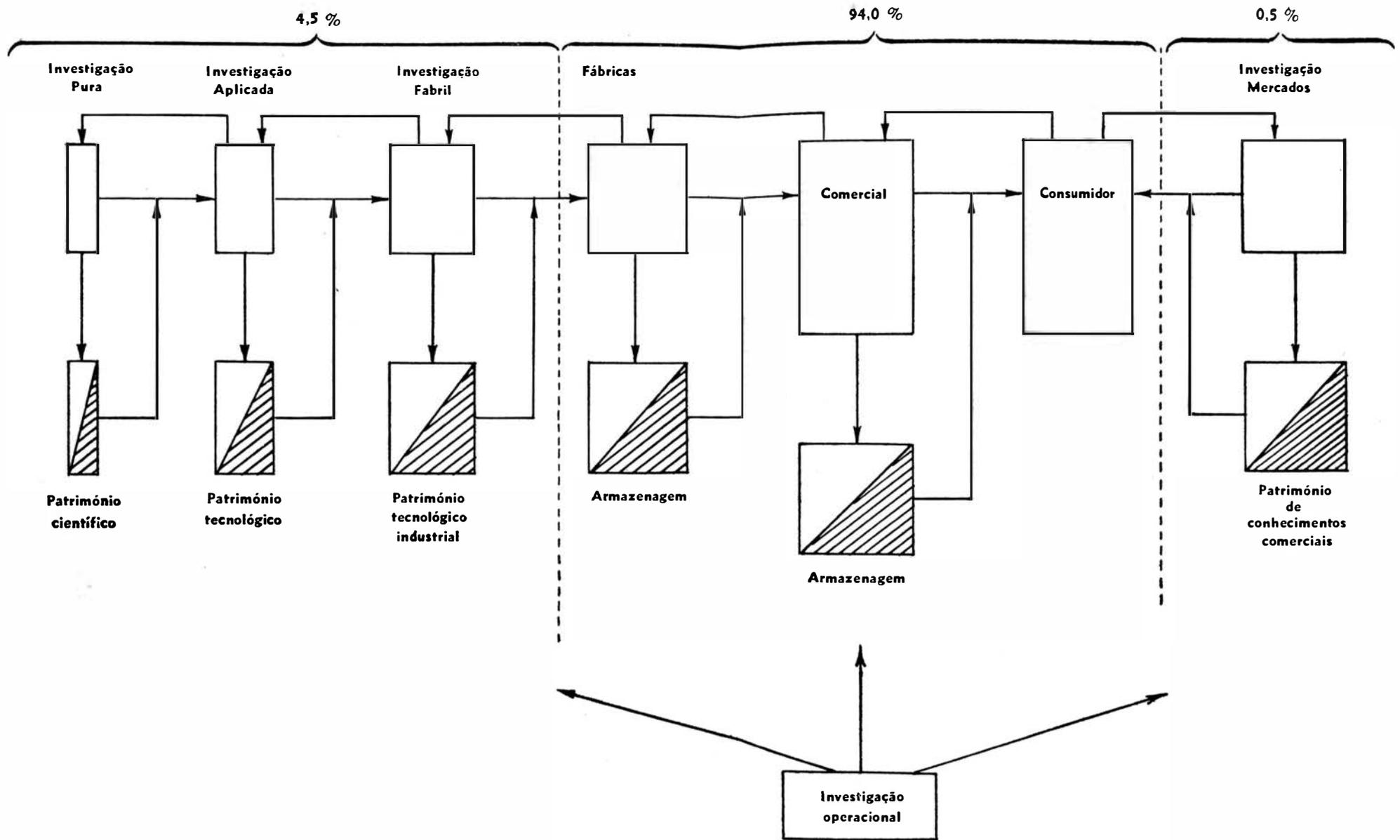
Investigação tecnológica (*) — A partir dos métodos e técnicas estabelecidos pela investigação aplicada, há que *desenvolver* e realizar os aperfeiçoamentos (progresso) necessários à sua introdução na *indústria*, quer procurando utilizar os meios existentes, quer desenvolvendo novos meios. A actividade da investigação tecnológica acrescenta o *património de processos e métodos industriais*.

A investigação fabril é provocada principalmente:

- pelo desejo de industrializar novas técnicas
- para resolver problemas propostos pela indústria que não puderam ser resolvidos pelas fábricas e oficinas.

Investigação oficinal ou fabril — Embora sem ser sob o título de investigação, na fábrica e na oficina são resolvidos, diàriamente, *problemas*, procurando melhorar a qualidade dos produtos, o rendimento das operações, a utilização da mão-de-obra, da energia, etc., e, portanto, se investiga também.

(*) Na indústria química a investigação tecnológica está fundida com a investigação aplicada, constituindo aquilo que, na América, se designa por «Research & Development».



Convém agora fechar o ciclo das operações de investigação seguindo os produtos saídos das fábricas e oficinas.

Investigação de mercados — Estes produtos (novos ou correntes) são distribuídos pela organização comercial até chegarem ao *consumidor*.

O consumidor reage à oferta desses produtos de acordo com um complexo de motivações que se filiam fundamentalmente nos seguintes atributos do artigo:

- preço do artigo
- qualidade
- confiança na marca, no distribuidor, etc.
- necessidade e capacidade de compra, etc.

Daqui nasce a necessidade de avaliar as possibilidades de escoar determinado produto ou artigo num mercado dado, ou seja, avaliar a sua *utilidade* real ou virtual para o consumidor.

Para promover o conhecimento dos mercados e das suas reacções foi desenvolvida, depois da última guerra sobretudo, uma nova linha de investigação que tem a designação acima referida.

Investigação operacional — A investigação aplica-se ainda aos órgãos já criados e em funcionamento, procurando que a sua operação seja eficiente.

Segundo esta definição os primeiros trabalhos e estudos feitos neste sentido designaram-se por «Organização do Trabalho», «Organização Industrial ou Administrativa» e tiveram o seu início com TAYLOR, BEDAUX e outros.

Porém, foi só durante a última guerra que foi aplicada a «Investigação Operacional» para melhorar o rendimento dos bombardeamentos tácticos feitos pela aviação aliada.

De então para cá foi desenvolvido este ramo da investigação a todos os sectores industriais (agricultura, comércio, etc.).

Embora esta forma de investigação já seja matéria consagrada nos países evoluídos, só poderá introduzir-se numa fase mais adiantada do desenvolvimento da investigação em Portugal.

Fica aqui registada a sua existência e chama-se a atenção para a potencialidade e alcance da mais recente arma da investigação.

Da exposição feita se conclui que, por meio da investigação fundamental, se procura conhecer melhor a *Natureza*, enquanto que a investigação dos mercados procura descobrir as necessidades do *Homem*.

Para tornar úteis ao Homem as descobertas fundamentais foi necessário criar uma série de formas de investigação intermediárias, que vão sucessivamente explorando e adaptando os conhecimentos fundamentais até tornar possível a construção da fábrica ou da oficina capaz de produzir os materiais e artefactos desejados.

Para escoar esses produtos e artefactos no mercado, a investigação dos mercados fornece os conhecimentos necessários para que a organização comercial os possa colocar.

A investigação operacional estuda a operação dos órgãos já formados, quer sejam mercados, indústrias, um exército em batalha ou um centro de investigação.

Outro aspecto que ressalta da exposição é a necessidade de escalonar a investigação para que o Homem aproveite convenientemente a Natureza, e a falta ou a atrofia de qualquer dos escalões provoca um desequilíbrio na acção da investigação ou a necessidade de *importar* essa informação do exterior. A hipertrofia de um escalão em relação ao seguinte na escala apresentada, implica a *exportação* dessa informação para o exterior, o que pode constituir uma mercadoria invisível de que muitos países evoluídos auferem grandes rendimentos.

3 — CONDIACIONALISMO ECONÓMICO

▪ O principal motor da investigação está, em última análise, no desejo de melhorar o *standard de vida* do homem.

Sucedem que atravessamos um período da evolução humana em que os progressos materiais são apreciáveis mesmo durante a vida de uma geração, o que criou uma certa habitação a uma permanente melhoria do nível de vida. Isto conduziu à necessidade de realizar progressos a curto prazo, o que noutras épocas só se produziria ao cabo de muitos séculos.

Se acrescentarmos a este incremento do ritmo do progresso material a circunstância de o conhecimento ser *divergente*, isto é, a cada nova des-

coberta ou problema resolvido novos factos desconhecidos são revelados e novos problemas são propostos, concluiremos que uma grande parte da actividade humana tem de ser destinada à investigação, que é o meio de realizar essas descobertas e resolver esses problemas.

Assim se saiu dum período em que o progresso e as descobertas eram entregues a motivações *fortuitas*, com uma penosa e demorada gestação, até que pudessem ser utilizadas pelo Homem, para um período em que o progresso do conhecimento é fomentado e promovido.

Da descoberta ocasional entrou-se na época da investigação organizada, dirigida e polarizada.

Numa sociedade moderna não se cuida apenas de produzir os produtos necessários à vida e bem-estar, mas exige-se ainda que se organize e monte a máquina de produzir ideias, métodos e processos novos de forma a melhorar continuamente esse bem-estar.

Importar ideias, métodos ou processos, tornou-se tão dispendioso como era, em tempos idos, a importação de mercadorias e produtos.

Inversamente, exportar ideias, métodos e processos, passou à categoria de artigos de primeira necessidade e apreciados em todos os mercados. As patentes e desenhos de uma fábrica valem entre 5 e 20% (5) do valor dos materiais e aparelhagem de que é construída essa fábrica, e representam por isso uma parte importante do fornecimento.

É já tradicional o conceito de *amortizar* as fábricas como um meio de reintegrar o património nelas investido. Para tal se destina anualmente determinadas verbas que, acumuladas ao fim de um certo número de anos, permitem substituir a fábrica velha por uma nova.

Igualmente, para que a fábrica esteja sempre em condições de operar convenientemente, se gastam importâncias apreciáveis na *conservação* do material e do equipamento.

Com o surto da investigação organizada, foi posto em evidência o risco de a fábrica, antes de se tornar vetusta e de estar amortizada, ter de ser substituída porque o processo em que se baseia se tornou obsoleto.

O risco de obsolência passou a constituir uma preocupação dominante para todo o industrial e tem forçado a encurtar os períodos de amortização a um reduzido número de anos (de 2 a 5 anos).

Ora um dos processos de evitar a substituição integral duma fábrica consiste em, por meio da investigação, encontrar e descobrir novos processos de fabrico que podem utilizar grande parte da aparelhagem instalada e assim prolongar a *vida média* da fábrica.

Este aspecto da investigação tem levado um grande número de industriais a montar centros de investigação e a desviar importantes verbas do seu orçamento para os subsidiar.

Assim, hoje em dia, além das somas destinadas à amortização e conservação, se destinam em média 1 a 2% (6) das receitas brutas para *conservar os processos actualizados*, em termos de garantir a continuidade industrial.

Resumindo diremos que a investigação tem um substrato de utilidade e de razões de origem económica que torna possível subsidiar a investigação em geral e, até, a investigação pura, porque toda a informação nova pode, mais tarde ou mais cedo, ter uma aplicação ou uma utilidade.

A investigação moderna caracteriza-se por esta feição *utilitária* em contraste com a investigação dos tempos mais recuados.

4 — COMO SE REALIZA A INVESTIGAÇÃO

Já vimos que a investigação tem por finalidade a resolução de problemas novos dimanantes de dificuldades reais encontradas pelo Homem na luta com a Natureza ou com os outros homens ou para satisfazer a sua curiosidade inata que o leva a buscar a verdade última.

Para resolver um problema novo é necessário dar satisfação a certas condições para não deixar ao acaso o sucesso da solução. Assim:

- 1 — É necessário conhecer o que se sabe a respeito do problema ou problemas similares. Daí a organização dos *centros de documentação* que arquivam e depois sabem aceder à informação acumulada.

Estes centros representam de certo modo a *memória* dos Departamentos de investigação e como tal são caracterizados pela *capacidade* e *acessibilidade*.

Ora se se pode admitir que a capacidade é uma característica material da informação, já o mesmo não sucede com a acessibilidade que é um trabalho essencialmente humano.

A biblioteca de Alexandria era, ao tempo, relativamente inútil para a humanidade, em virtude do reduzido número de indivíduos que sabiam extrair (ter acesso) à informação depositada.

O centro de documentação é um órgão essencial à investigação.

- 2 — Toda a informação necessita de ser *interpretada*. O Homem tem de ter um *conceito*, uma *teoria interpretativa*, um *sistema lógico* que explica e resume a totalidade da informação conhecida e angariada a respeito de determinado sector da Natureza.

Neste campo o desiderato final é encontrar um *sistema lógico* único que explique a totalidade do conhecimento humano.

Este sector da investigação é do domínio do cientista *teórico* que, na sua forma excelsa, é representado por esses raros indivíduos que concebem as grandes *sínteses universais* (*).

Sem *sínteses* (sistemas lógicos), o conhecimento humano seria uma floresta impenetrável por falta de uma rota condutora.

A ciência moderna caracteriza-se pela existência de sistemas lógicos, isto é, de grandes sínteses.

- 3 — Para que o conhecimento humano seja *incrementado*, é necessário observar a natureza com muita atenção e sensibilidade de forma a destacar e pôr em evidência novas propriedades.

Este é o trabalho de base do investigador.

Usando os sentidos e lançando mão de dispositivos que ampliam a sua sensibilidade, busca as propriedades mais subtis da Natureza e procura verificar ou é surpreendido pelas excepções à teoria interpretativa aceite como descrevendo correctamente esses fenómenos.

São muitas vezes as excepções que, estabelecendo um conflito entre o sistema lógico estabelecido e os factos observados, ocasionam e motivam a refusão do sistema e abrem novos horizontes à ciência.

Esses homens têm de ser dotados de uma enorme *probidade mental* que se reflecte na forma como observam e experimentam. Constituem um escol que tem de ser *formado numa escola de verdade e de rigor*. Não haverá experimentação e investigação útil sem que primeiro se crie e forme esse escol.

- 4 — Finalmente temos o *ensino*. Para que haja a propagação no *tempo* não só da informação colhida como dos métodos e atitudes

(*) Na indústria esta função é desempenhada por especialistas dos conhecimentos fundamentais em que essa indústria se apoia.

mentais que motivam a investigação, há que transmitir às novas gerações essa informação e essa formação.

Se não existisse o ensino numa forma organizada, o progresso teria carácter esporádico e imprevisível.

O ensino tem também como finalidade escolher e pôr em evidência aquela parcela de cada geração capaz de continuar a obra encetada. Esta operação de selecção de valores é primordial e das mais difíceis, se atentarmos a que os indivíduos dotados de qualidades excepcionais e adaptáveis à investigação representam uma pequena parcela da população total (*).

Perder um indivíduo que seja, constitui uma perda apreciável para o país e para a Ciência em geral.

Resumindo: a investigação impõe o ensino tal como se acaba de definir.

A investigação, como método de resolver problemas novos, pode resultar da intervenção de qualquer dos 4 tipos de actividade referidos, mas, em geral, intervêm todos simultâneamente, embora em grau e intensidade diversa.

Comecemos por mostrar como qualquer dos 4 aspectos da investigação pode resolver problemas de per si, o que vai facilitar depois a exposição da sua acção de conjunto.

- O centro de documentação que conserva o património da informação resolve todos os problemas que cabem dentro dos sistemas conhecidos e dos conhecimentos arquivados. Não se procede a nenhuma investigação sem primeiro saber se o problema já foi resolvido algures.
- O ensino, transferindo a informação e a formação a um grande número de indivíduos, permite que muitos problemas sejam resolvidos por esses indivíduos ensinados sem que os problemas correspondentes venham avolumar os centros de investigação pròpriamente ditos, uma vez que foi difundido o método e os

(*) Os indivíduos de todas as formações empregados na América em 1954 na investigação foram avaliados em 400.000 (7). Se forem comparados com os 160 milhões de habitantes, obtém-se a percentagem diminuta de 0,25%. Ora os cientistas são uma parcela dos 400.000 indivíduos acima referidos.

- dados necessários à sua resolução. O termo ensino tem o significado de *difusão* de conhecimentos.
- O investigador, na sua busca de informações, vai fornecer os dados que faltam, permitindo a resolução dos problemas propostos.
 - O indivíduo de formação teórica fornece a síntese que permite generalizar os conhecimentos e os factos constatados, aumentando a acção e aplicação desses conhecimentos, ao mesmo tempo que facilita a interpretação da Natureza.

Conforme o tipo do problema, assim entrará em acção a actividade mais adequada, mas é fácil de compreender que os problemas que são postos à investigação põem em movimento a totalidade dos órgãos referidos.

Ora é neste aspecto que se verificam as maiores dificuldades.

Quando os conhecimentos eram tão reduzidos que um homem, como Aristóteles, se arrogava conhecedor de *toda a ciência* da época, era possível que os 4 tipos de actividade fossem desempenhados por um homem apenas. A vantagem era manifesta, porque a *comunicação* da informação e do conhecimento se fazia de um sector para o outro, dentro do cérebro de um só homem.

Com a diversificação do conhecimento humano, não só foi necessário especializar os indivíduos em sectores do conhecimento da Natureza como, dentro de cada sector, foi necessário diferenciar os 4 órgãos acima referidos.

Deste modo o trabalho que pertencia a um só indivíduo passou a ser desempenhado por um grupo mais ou menos numeroso de indivíduos.

Logo que se saíu da unidade para a pluralidade, nasceu o problema da *comunicação*.

Entre os vários indivíduos do grupo têm de se estabelecer tais meios de comunicabilidade que o grupo actue como um só indivíduo.

O estudo dos métodos de promover a comunicação, assim como o estabelecimento das regras de funcionamento do grupo dentro do centro de investigação, cabe à Organização da Investigação, assunto que, dada a magnitude, merece um capítulo próprio.

5 — O ACTO DE INVESTIGAR ⁽⁸⁾

Quer a investigação proceda de um indivíduo ou de um grupo de indivíduos enquadrados dentro de uma organização de investigação, há como que um *método comum*, ou seja, verifica-se uma série de fases

por que passa o pensamento do homem e que tem interesse apresentar.

Recapitulando, a *ciência* é o conhecimento sistematizado e interpretado da Natureza e dos fenómenos que nela ocorrem, e a investigação, na intenção de resolver problemas novos, procede às seguintes operações:

- a) Obtém o conhecimento organizado e reprodutível (*)
- b) Pesa a prova colhida
- c) Despreza toda a informação imprecisa ou inadequada
- d) Foca e disciplina a imaginação
- e) Experimenta hipóteses numa forma imparcial
- f) Descobre e interpreta factos
- g) Aproveita as características da Natureza em termos de as tornar úteis ao Homem.

Neste seu labor a investigação acrescenta o património do conhecimento humano e portanto da Ciência.

A investigação tem o carácter de «processo», ou seja um conjunto de regras e métodos que facilitam a resolução de problemas e dificuldades, e estes podem classificar-se em:

- Problemas *correntes* postos pelo ambiente que circunda o Homem.
- Problemas motivados pelo desejo de encontrar a *última verdade*.

Para resolver os problemas da primeira categoria basta colher os dados pertinentes e usar o método adequado.

Para contornar a dificuldade inerente à busca da última verdade, os métodos da investigação procuram atingir resultados *reproduzíveis*. A reprodutibilidade mede assim o valor da investigação e o seu afastamento da verdade última. A este afastamento dá-se o nome de *erro* e o supremo desiderato é reduzir o erro a *zero*.

(*) Convém esclarecer o conceito de «reproductibilidade». Não sendo permitido ao Homem atingir a *Verdade total e completa* resta-lhe, ao menos, avaliar o afastamento dos seus conhecimentos dessa *Verdade*. Um dos meios consiste em apreciar a *medida* em que um fenómeno é reproduzível no laboratório ou na natureza, e quanto mais próximo estiver o fenómeno realizado do seu valor previsto tanto mais próximo se estará da *Verdade*.

A investigação recorre à imaginação, fonte perene de ideias e recursos novos; porém, foca e disciplina essa imaginação.

É mister por isso estabelecer um *método* ou *forma processual* para garantir uma certa eficácia à investigação.

O *método* da investigação consiste nas seguintes operações fundamentais:

- 1 — Estabelecimento de um conjunto de pressupostos (hipóteses de base). Entre estas convém salientar o *princípio da causalidade*.
- 2 — Com base em 1, obtenção da informação pertinente.
- 3 — Por via *intuitiva*, estabelecer as hipóteses definidoras do problema.
- 4 — Manipular a informação numa forma consistente com a hipótese estabelecida.
- 5 — Verificar se a *conclusão* atingida pode ser reprodutível.

Assim, na procura de uma solução para um problema proposto, há toda uma série de elaborações mentais activadas pelo *desejo* de resolver a dificuldade e que passam pelas seguintes fases:

- Exame geral, inspecção ou observação da problemática do problema.
- Pausa e atitude de atenção concentrada.
- Experimentação da solução que se afigura mais aceitável.
- Se a primeira solução não se mostrar adequada, experimentação de outras soluções. As várias soluções sucedem-se sem transição.
- Atenção ao objectivo a atingir e a motivação que leva a desejar atingi-lo.
- Aparece finalmente o *momento crítico* em que o indivíduo encontrou súbitamente a solução para o problema. Em que se faz luz no espírito.
- Uma vez descoberta a solução, torna-se fácil a aplicação da solução encontrada à resolução do problema, se for de novo proposto.
- Pode descobrir e ter em consideração o aspecto essencial ou relações com a situação problemática e pôr de parte variações não essenciais do problema já resolvido.

6 — PROBLEMA DA DIRECÇÃO OU POLARIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

Na intenção de resolver um determinado problema, o investigador vai esclarecendo e descobrindo novos horizontes que podem ser muito interessantes mas que não resolvem o problema proposto. O investigador em face da nova descoberta pode tomar dois caminhos: ou explora o sucesso ou abandona a descoberta para regressar ao problema inicial.

A primeira solução pode ser mais frutuosa debaixo do ponto de vista científico, mas tem o inconveniente de deixar o problema sem solução. Porém o abandono do sucesso vai privar a Ciência, em geral, de um conhecimento que pode ter o maior alcance.

■ Aqui intervém a função mais delicada em toda a investigação: a escolha entre os dois caminhos.

A matéria está sujeita à maior controvérsia, embora ao cabo se termine por percorrer os dois trajectos, embora muitas vezes um deles tenha de ser relegado para mais tarde.

- O melindre da decisão está no carácter essencialmente humano da investigação, onde a direcção e a orientação podem constituir mais alguns *obstáculos* a vencer pelo espírito do investigador do que um verdadeiro auxílio à resolução do problema.

7 — ONDE SE REALIZA A INVESTIGAÇÃO

A investigação realiza-se em vários centros de investigação que passamos a enumerar:

Nas universidades

Nos laboratórios de investigação do Estado

Nos laboratórios das associações de investigação

Nos institutos privados de investigação tecnológica

Nos centros e laboratórios de investigação das indústrias.

Universidades—A Universidade é o local, por excelência, para realizar a investigação fundamental e pura.

Pela universidade passa (ou deve passar) o escol de cada geração, os méritos de cada aluno são apreciados por numerosos professores e é

possível seleccionar os melhores e os mais dotados para a investigação. O recrutamento é assim muito facilitado.

Na universidade devem funcionar bons laboratórios, chefiados por mestres que deram provas de capacidade como investigadores. Esses mestres são assistidos por universitários que trabalham em teses que devem ser originais ou que procuram a resolução de problemas que em último recurso tiveram de ser entregues ao laboratório da universidade para resolução.

A universidade pode e deve resolver também problemas de investigação de natureza industrial, isto é, problemas do domínio da investigação aplicada, por se tratarem de problemas contíguos aos problemas de investigação pura. Estes problemas já encerram uma utilidade mais ou menos imediata e por isso evitam que a Universidade se afaste demasiadamente das questões que preocupam a sociedade humana numa dada época.

Finalmente, tendo a Universidade por missão docente preparar as gerações de estudantes para os problemas que são mais actuais ou que vão interessar num futuro próximo, o funcionamento, em regime permanente, de laboratórios, não só vai informar e formar os alunos nos mais recentes conhecimentos e métodos, como vai permitir a preparação do futuro escol de investigadores, agentes da difusão dos métodos e conhecimentos adquiridos e que vão beneficiar a todos os laboratórios do país.

Não podemos deixar aqui de referir a forma insuficiente como esta missão é preenchida nas universidades técnicas portuguesas.

Não há praticamente laboratórios de investigação em funcionamento permanente.

Preside no ensino técnico o espírito da *erudição*, que é uma importância do ensino clássico.

Um professor de uma universidade técnica é mais do que um indivíduo de elevados dotes intelectuais e de exposição, e, perfeitamente ao corrente da matéria que expõe, é necessário que seja um experimentador, isto é, um *criador de ciência*, que saiba não só transmitir o que aprendeu mas também ensinar como soube fazer um progresso original.

Reputamos muito difícil o desenvolvimento, em larga escala, do espírito de investigação em Portugal, enquanto as universidades técnicas não forem completamente remodeladas no sentido indicado.

Para tanto é necessário recrutar indivíduos que já tenham dado provas de capacidade como investigadores e cometer-lhes o encargo de

criar laboratórios de investigação escolares; depois dotar as escolas de verbas suficientes para que possam ser apetrechados os laboratórios e ser mantido um número adequado de assistentes e investigadores.

Quanto à natureza dos trabalhos a que esses laboratórios se devem entregar, a melhor solução e a que recomendam todos que se têm debruçado sobre esta matéria consiste em dar uma certa liberdade na escolha dos assuntos ao professor encarregado do laboratório, porque mais tarde ou mais cedo (isto é, entre 5 e 20 anos) os frutos desse labor tornar-se-ão patentes.

Convirá, para finalizar, dar uma ideia da relação entre o capital investido em apetrechamento de laboratórios e o capital total investido numa escola e encontra-se a cifra de 50%, que mostra bem o esforço que é necessário fazer no sentido de bem apetrechar as universidades.

Laboratórios do Investigação do Estado—O Estado através de vários serviços e agências monta laboratórios de controle que a breve trecho evoluem no sentido de laboratórios de investigação; outros são montados especialmente com a finalidade de investigar. Em particular tem interesse a investigação feita pelas forças armadas.

A natureza desta investigação cobre todos os aspectos: fundamental, de aplicação e fabril.

A principal característica destes laboratórios é estarem fortemente polarizados num conjunto de problemas afins e que se relacionam com determinada actividade, e por isso se designa por *investigação dirigida*.

Em Portugal o único laboratório deste tipo é o Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Felizmente que se trata de um exemplo que não receia confronto com estabelecimentos estrangeiros similares.

Com efeito verificam-se as condições necessárias para se produzir bom trabalho:

- Tem investigadores capazes, todos com trabalhos originais publicados, o que atesta espírito criador essencial ao investigador.
- Dispõem de equipamento moderno e de oficinas para reparar ou fabricar certa aparelhagem especial.
- As instalações são funcionais, não sendo luxuosas.

- Existe escola para formar e seleccionar investigadores, garantindo continuidade na acção.
- Finalmente há orientação nos trabalhos.

A constituição de laboratórios semelhantes cobrindo outros sectores da actividade teria o maior interesse. Mais do que fundos e meios materiais, a dificuldade está em encontrar *homens* com que os equipar.

Deixa-se, porém, aqui exarada a recomendação de que os laboratórios devem ser criados à medida que for possível recrutar pessoal competent para a sua direcção e preenchimento dos quadros de investigadores.

Sugerem-se os seguintes laboratórios:

Laboratório de investigação de Energia Nuclear (em formação).
Laboratório de investigação química
Laboratório de investigação física (incluindo a Electrotecnia).

Os laboratórios indicados, acrescidos do Laboratório de Engenharia Civil, completavam um quadro de investigação dirigida que poderia ser do maior auxílio à indústria, que se sentiria devidamente apoiada quanto a investigação fundamental e aplicada (*).

Todos estes laboratórios devem ter uma *autonomia* que só deverá ser limitada pela fixação do seu campo de acção. A investigação deverá decorrer ao abrigo de flutuações e de oportunistas, coberta por orçamentos válidos por muitos anos e em termos de promover e cultivar um espírito de verdade onde «o insucesso e o sucesso são tomados como dois impostores»

Laboratórios de associações de investigação—Estes laboratórios apresentam-se sob duas formas:

- a) Laboratórios montados por sociedades privadas e que realizam trabalhos de investigação para clientes a preços e condições definidas.
- b) Laboratórios montados por um grupo de indústrias afins que se associaram para esta finalidade e, deste modo, resolverem os problemas que são de comum interesse.

(*) O Estado Americano gasta anualmente (9) 5.000 milhões de dólares.

A primeira fórmula não é fácil de criar artificialmente porque a existência de laboratórios privados é uma consequência da pressão da indústria sobre a investigação, e não o inverso. Em Portugal não há nenhum e no dia em que se formar o primeiro deve isso considerar-se como um bom sintoma.

Quanto aos laboratórios formados por industriais associados, já podem ser fomentados e estão apenas condicionados pelo recrutamento de homens.

As principais indústrias nacionais que poderiam resolver os seus problemas por associação de esforços criando um laboratório comum seriam:

Têxteis (de fibras naturais ou artificiais)

Metalomecânicas (caldeiraria, mecânica e fundição)

Indústrias alimentares (conservas)

Muitos outros laboratórios seria possível projectar, mas se fosse possível por de pé estes três laboratórios já seria uma esplêndida realização.

Nestes laboratórios não se faria investigação fundamental, mas apenas investigação aplicada e tecnológica.

Os problemas de investigação fundamental seriam resolvidos por laboratórios do Estado ou laboratórios universitários.

A função destes laboratórios seria a de traço de união entre o laboratório fundamental e a indústria, resolvendo, por um lado, os problemas da indústria até ao limite das suas possibilidades e, por outro, constituindo entidade idónea e capaz de pôr problemas que requerem investigação aplicada ou fundamental.

Institutos privados de Investigação Aplicada e Tecnológica — Este tipo de institutos é uma criação tipicamente americana. Não podem auferir quaisquer benefícios os seus fundadores ou accionistas, quer se trate de uma universidade ou entidade individual ou colectiva.

Qualquer indústria pode dirigir-se a estes institutos e contratar a investigação de um problema, sendo acertada uma soma para retribuir os trabalhos de investigação.

Os resultados são do conhecimento apenas do industrial que paga a investigação.

Desta forma qualquer industrial pode dispor, quando necessita, de um esplêndido laboratório perfeitamente equipado e com experimentadores de primeira plana, que se dedicarão à resolução do problema contratado.

A solução é muito interessante porque trabalhando estes institutos para a indústria em geral conseguem utilizar o seu pessoal e material o melhor possível, e compensam as flutuações de trabalho de investigação de uma indústria aceitando trabalho relativo a outras.

O pequeno e médio industrial encontra um meio de só pagar a investigação quando dela precisa, evitando a montagem de uma organização de investigação própria.

Em Portugal só a Fundação Gulbenkian poderia montar um instituto com estas características e reputamos que a sua criação seria relativamente fácil de realizar e teria uma repercussão decisiva na economia e indústria portuguesa.

Com efeito:

- O recrutamento de pessoal científico é fácil, uma vez que os salários não estariam condicionados a quadros e categorias como o estão no Estado.
- O orçamento anual e dotações para investigação teriam uma estabilidade superior aos orçamentos votados pelas indústrias e não sofreriam a influencia do Estado e das suas Agências como nos Laboratórios financiados pelo Estado.
- A investigação poderia cobrir muitos sectores, acrescentando sucessivamente novas actividades a um núcleo central; esta circunstância permite a transmissão dos métodos de trabalho e escola de investigação por simples contiguidade.
- Finalmente é possível aumentar as dimensões do instituto até atingir um nível conveniente.

Centros e Laboratórios Industriais — Por muitos institutos e laboratórios, independentes do Estado ou Universitários, que possam ser criados, isso não dispensa que, dentro de cada empresa, se estabeleça o espírito de investigação.

Só o reconhecimento por parte dos industriais da utilidade da investigação na resolução de problemas concretos pode promover a aproximação entre a indústria e a investigação.

O caminho tradicional é o seguinte:

- Laboratório de controle para controlar o fabrico, as matérias-primas e os produtos manufacturados.
- Destacar no laboratório de controle um conjunto de experimentadores mais dotados para resolver alguns problemas não usuais.
- Entregar a chefia do laboratório embrionário de investigação a um universitário. Se a escolha for feliz pode ser o início de um centro de investigação fabril.
- Aumentar o número de investigadores e de universitários até às dimensões e diversificações correspondentes a um laboratório de aplicação.

Se, por um lado, se recomenda a criação de laboratórios nas indústrias, por outro se chama toda a atenção para o seguinte:

1. O sucesso depende exclusivamente dos homens escolhidos para ocupar as diversas funções e que o número de insucessos em Portugal tem sido muito grande, o que desprestigiou muito a investigação nos meios industriais, em consequência do esquecimento deste facto.
2. É difícil que a investigação realizada nos Laboratórios de aplicação do Estado seja rápida e eficazmente *difundida* pela indústria se nesta não existir uma *polaridade* dirigida à investigação, se não em órgãos próprios e especializados, pelo menos por intermédio de alguns indivíduos destacados em cada empresa para esse efeito.

A falta de uma atitude pró-investigação e de um ou vários indivíduos encarregados do «progresso» numa dada empresa, é tornar incompreensível a linguagem da investigação para essa empresa, ficando esta grandemente prejudicada porque só evolui por força de meios indirectos, tais como a concorrência, ou o desinteresse do público pelos artigos fabricados pela empresa, etc.

Sucedo ainda que a indústria sem um núcleo de indivíduos *permeáveis* à investigação e ao progresso procura resolver os problemas também por via indirecta, como por exemplo novos investimentos de capital para comprar fábricas de modelo mais recente, com o abandono de unidades que, modernizadas, poderiam

ter a sua vida prolongada, protecção aduaneira, organização de cartéis e outras formas de eliminação artificial da concorrência.

São todos processos viciosos e imperfeitos de resolver um problema que, afinal, se resolveria com um dispêndio mínimo em investigação, recurso a que não foi lançada mão por falta de um indivíduo ou órgão com essa tendência e função na empresa.

3. Há ainda outro aspecto não menos importante: quando um processo novo é descoberto e afinado até ao nível de investigação aplicada, há que o adaptar ao *caso particular* de cada empresa. Esta função designa-se por «Development» ou «Progress». Convém que, pelo menos, esta função seja organizada nas empresas para que os benefícios das novas técnicas possam ser utilizados e aproveitados.
4. Para que se não fique com a ideia que a investigação é um atributo apenas das grandes empresas, damos a seguir nota do número de empresas americanas que conduzem investigação em função do número de empregados e operários que possuem.

Para Portugal, o quadro anexo tem sobretudo interesse porque mostra que, na América, 8,3% das empresas entre 8 e 99 empregados e operários fazem investigação e gastam por ano 158 milhões de dólares, ou seja, 4 milhões de contos (!!)

e empregam 53.100 engenheiros e cientistas, ou seja, 9,6% do total disponível na América.

Embora nem todos os engenheiros estejam trabalhando em investigação, contudo cerca de 1/3 deste número emprega-se na investigação.

Número de empregados e operários	Número de empresas que fazem investigação	% das empresas totais na classe respectiva	Despesa total c/investigação	Número total de cientistas e engenheiros	Em %
8-99	8.500	8,3	158.000.000	53.100	9,6
100-499	3.300	22,4	226.000.000	65.000	11,7
500-999	920	42,3	148.000.000	30.500	5,5
1.000-4.999	900	60,2	494.000.000	89.800	16,2
5.000 ou mais	360	94,3	2.636.000.000	315.000	57,0

Resumindo diremos que se uma empresa não pode, por força de sua pequenez, montar um centro de investigação no sentido corrente do termo, deve ao menos nomear um indivíduo com as habilitações requeridas que estabeleça o contacto com o centro de investigação mais adaptado ao problema.

Se puder ir mais além, deve montar um centro de investigação fabril («Progress» e «Development»).

8 — PROBLEMA DO PESSOAL

Se há actividade humana que mais dependa do indivíduo, ela é a investigação.

Há portanto que seleccionar, treinar, enquadrar e dirigir indivíduos cuja preparação intelectual é de primeira plana, o que não é tarefa fácil mesmo para uma organização de investigação já constituída.

Se há tudo a fazer de novo e num meio pouco fornado e habituado ao modo próprio da investigação o problema dos homens toma proporções gigantescas.

Ora cada investigador, segundo Voorhies implica (11) :

- 180.000\$ de capital em edifícios e outras facilidades
- 330.000\$ por ano em despesas de funcionamento.

Portanto a boa utilização dum investigador é condição essencial na investigação.

As principais características de um indivíduo adaptável à investigação industrial são, segundo Walker (12) :

- Conhecimento geral dos princípios científicos, técnicos e de engenharia.
- Possuïrem habilidade para, a partir dos conhecimentos fundamentais acima indicados, dar soluções específicas aos problemas.
- Habilidade de explicar as soluções atingidas a outras pessoas, nomeadamente às que trabalham na fábrica.
- Capacidade de fazer adoptar as soluções encontradas na fábrica ou oficina.

Para satisfazer estes requisitos é necessário que o investigador possua todas as qualidades, adiante referidas em grau apreciável:

Curiosidade, imaginação, dotes de experimentador, entusiasmo, paciência, persistência, fé, coragem, senso comum, honestidade, probidade mental e modéstia.

A lista das qualidades é tão longa que se pode compreender à evidência, a dificuldade de encontrar esses indivíduos.

Convém por isso procurar saber quais os motivos que levam um indivíduo a abraçar a carreira da investigação (15) :

- A — Satisfação intelectual e temperamental
- 31% Satisfação da curiosidade, busca da explicação dos fenómenos.
- 22% Ter um trabalho variado, descobrir, combatividade.
- 9% Satisfação do espírito criador.
- 15% B — Desejo de obter resultados tangíveis.
- 7% C — Possibilidade de ter a iniciativa e independência.

Além destes índices quantitativos, J. R. Steelman (15), fornece ainda mais as seguintes informações sobre outros aspectos de motivação:

- 28% Valor social do trabalho
- 5% A qualidade e o nível dos contactos humanos encontrados nos meios onde se pratica a investigação.
- 3% Reconhecimento por parte dos outros do valor do seu trabalho e prestígio.
- 1% Segurança e recompensa económica.

O valor destas estatísticas não deve ser tomado ao pé da letra mas tem mérito por dar uma ideia quantitativa dos motivos que levam um homem, em geral dotado de alto nível intelectual, a procurar a investigação. O que mais surpreende é a elevada percentagem de razões espirituais que intervêm na escolha, e, como Appleton, diremos: «No que respeita a incentivo, temos sempre que nos lembrar do entusiasmo e do combate que proporciona uma «caçada» científica» (16).

Mas, nestes exemplos, omite-se um ponto capital que é a imperiosa necessidade de manter o investigador *livre de preocupações monetárias* porque embora não seja por índole um indivíduo polarizado a fazer fortuna nem por isso se lhe deve deixar de assegurar um nível de vida decente.

Este ponto é muito importante para que se realize um trabalho criador.

As estatísticas invocadas servem também para evitar, dentro de um laboratório, o estabelecimento de certos processos de trabalho tais como:

Entregar a um investigador o trabalho muito recortado e definido porque isso vai limitar a actividade criadora e imaginativa do experimentador.

Estabelecer uma organização demasiadamente *rígida* que vai cortar a liberdade do experimentador.

Permitir um regime *autoritário* no centro de investigação. A investigação, apoiando-se na imaginação, precisa de liberdade e uma autoridade muito forte pode até esterilizar a capacidade criadora dos investigadores.

9 — QUANDO SE DEVE RECORRER À INVESTIGAÇÃO

Numa sondagem feita à indústria americana sobre os motivos porque faziam investigação foram obtidas as seguintes respostas (17) :

- 40% Investigavam para melhorar os produtos que fabricavam
- 40% Faziam investigação para procurar novos produtos
- 12% Faziam investigação para melhorar os processos de fabrico
- 5% Procuravam dar novos usos aos artigos que fabricavam
- 2% Investigavam o aproveitamento de desperdícios
- 1% Outros motivos.

Dum modo geral faziam investigação todos eles para resolver os problemas que tinham a *melhor oportunidade* de dar a *maior vantagem económica à empresa*.

A indústria deve recorrer à investigação caso se veja a braços com os seguintes problemas:

A — *Baixar o custo da produção*

- 1 — Antecipando ou evitando paragens
- 2 — Resolvendo problemas existentes na fábrica
- 3 — Aumentando a capacidade de fabricação da fábrica
- 4 — Aumentando a qualidade do produto
- 5 — Prolongar a vida útil duma fábrica introduzindo pequenas alterações
- 6 — Estudando novos processos de fabricação.

B — *Aumentar as vendas*

- 1 — Aumentar a utilidade de um dado produto por meio de pequenas alterações
- 2 — Descobrir novos usos para o produto
- 3 — Reduzir as despesas de fabricação do comprador do produto
- 4 — Estudar o mercado ou mercados consumidores

C — *Promover a venda de um produto novo*

- 1 — Estudar o mercado ou mercados que podem eventualmente interessar-se pelo novo produto.
- 2 — Modificar as características do novo produto em termos de facilitar a sua introdução no mercado.
- 3 — Estudar os processos de fabricar novos produtos melhores que os existentes

D — *Tornar mais eficiente a operação da empresa*

- 1 — Utilizando melhor mão-de-obra (organização industrial)
- 2 — Estruturando as ligações funcionais e comando da empresa (organização administrativa)
- 3 — Aplicando a investigação operacional quando houver problemas que se filiam na má operação ou uso impróprio dos meios à disposição.

Pode dizer-se que a investigação, sob as suas diferentes formas, cobre a maioria dos problemas que podem ser encontrados num empreendimento industrial, o que explica a definição dada para investigação: «actividade humana aplicada a resolver problemas».

Convém explicar agora porque *não* recorre a indústria, muitas vezes, à investigação.

Uma ou mais destas condições concorreram para impedir que se verifique o contacto entre a investigação e a indústria:

- 1 — Desconhecimento e mútuo antagonismo entre cientistas e a indústria. O homem que tem muitos anos de indústria não acredita na eficácia de métodos e processos desenvolvidos por «teóricos» que nada sabem da indústria. Por seu turno o investigador despreza os conhecimentos do homem da indústria: trata-se evidentemente de um mau investigador.
- 2 — Falta de razões económicas suficientemente fortes no meio em causa. Por exemplo, a falta de uma concorrência forte leva as indústrias a uma estabilidade que frena a taxa do progresso e daí um desinteresse pela investigação que só vai agitar problemas. É evidente que esse sossego se traduz num atraso que muitas vezes é fatal para a empresa.
- 3 — A falta de recursos em pessoal e métodos de investigação. Este ponto é sobretudo flagrante nos países pouco desenvolvidos. Esta situação é ainda mantida pelos países mais desenvolvidos que se apressam a vender os artigos necessários de preferência a deixar que se organize uma investigação que tornaria esse país independente não só no abastecimento como na criação de novos produtos e processos.
- 4 — O risco de perder o dinheiro da investigação e não se atingir o objectivo.

Centros de investigação sem passado e com pouca experiência podem não oferecer a confiança necessária ao *cliente* eventual ou ainda a matéria que se investiga apresente um grande risco de não poder ser resolvida em condições económicas ou em tempo.

Um centro de investigação com experiência sabe informar sobre a probabilidade de sucesso de determinado problema.

Posto isto, tem interesse fazer referência a uma nota da Enciclopédia Britânica sobre *os ganhos* que têm resultado da investigação nos últimos anos para as diferentes indústrias:

100% — Transportes
95% — Minas
90% — Manufacturas

- 85% — Comércio
- 80% — Culturas (agricultura)
- 50% — Exploração florestal
- 10% — Pesca.

Estes valores dão apenas uma ordem de grandeza, mas servem para mostrar o interesse relativo da investigação para as diferentes indústrias.

Para terminar o esclarecimento deste ponto convém dar uma nota das despesas em investigação que devem ser dispendidas em cada ramo de indústria.

Este quadro foi colhido pela N. A. M. em 1947 (18) para as principais indústrias americanas e tem o mérito de constituir um padrão de comparação que permitirá a cada industrial ter uma ideia da sua posição no que respeita a investigação.

Como as percentagens indicadas se referem às *vendas*, isto significa, se uma indústria vender por ano 10.000 contos e se a percentagem indicada for, por exemplo, 2%, as despesas com investigação deveriam ser cerca de 200 contos por ano.

Estes 200 contos podem ser gastos, quer em investigações a efectuar na própria empresa, quer para pagar despesas de investigação que correm em laboratórios alheios privados ou do Estado.

Convém ainda recordar que as pequenas empresas gastam proporcionalmente mais do que as grandes congéneres; assim, no exemplo dado, uma unidade que vende 10.000 contos/ano gastava 2%/ano, mas se vendesse 100.000 contos/ano só gastaria 1,5%.

Percentagem das vendas a gastar em investigação (19)

Instrumentos de precisão e similares	3,34%
Material eléctrico e acessórios	2,80%
Impressão e livreiros	2,55%
Indústrias manufacturadas (fundições, caldeirarias, etc.)	2,25%
Equipamento de transporte	2,04%
Produtos químicos e indústrias similares	1,83%
Fabricação de máquinas (excluindo as eléctricas)..	1,67%
Fabricação de artigos metálicos e outra aparelhagem	1,64%
Produtos de borracha	1,36%

Produtos de alimentação e similares	1,15%
Produtos de barro, vidro, etc.	1,11%
Indústrias têxteis e similares.....	0,95%
Produtos de petróleo e derivados.....	0,74%
Indústria do papel e derivados.....	0,72%
Serrações e carpintarias	0,57%
Mobiliário e material destinado ao recheio de uma casa	0,50%
Produtos de couro (calçado, carteiras, etc.)	0,44%

Estes números são médios e portanto em cada categoria há exemplos de indústrias progressivas que dispendem o dobro ou o triplo do que foi indicado como média.

Que a investigação é necessária parece não deixar dúvidas, mas «sem uma filosofia de como a investigação deve operar, que esteja em harmonia com o ambiente interno (da empresa) e externo, e que se ajuste aos recursos necessários, a investigação industrial *não* será bem sucedida».

10 — ORGANIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

Numa organização industrial onde se procura desenvolver a investigação deverá observar-se o conselho de Livingstone:

«A situação ideal verifica-se quando o comando é tal que as pessoas não só obedecem às ordens mas procuram fazer mais do que se espera delas».

Uma administração moderna deverá esforçar-se por promover um *ambiente* no qual sejam libertados os impulsos criadores de cada um dentro da empresa.

É inútil organizar a investigação numa empresa se a administração não compreende ou simplesmente tolera a investigação ou onde a investigação, embora introduzida pela administração, não tem a compreensão da fábrica ou oficina.

Incumbe à Administração não só compreender o que é e para que serve a investigação, como depois providenciar para que essa compreensão se estenda a todos os níveis hierárquicos, em resumo, tem de criar o ambiente referido por Livingstone.

Este conceito de *ambiente* também lança luz e explica o insucesso de certos centros de investigação portugueses ligados a Ministérios *não*

técnicos e o esplêndido sucesso do Laboratório de Engenharia Civil que está enquadrado num Ministério técnico.

O problema do *ambiente* justifica sobejamente os insucessos dos centros de investigação ligados a Ministérios mais políticos que técnicos.

Só interessa montar a investigação junto de organismos que possuam problemas susceptíveis de resolução por meio daquele processo; ora a investigação *ainda* não abordou os problemas políticos e portanto é totalmente ineficaz e inoperante para os resolver.

Esclarecido o problema do «ambiente» da investigação, convém recordar que no capítulo IV houve a oportunidade de fazer uma leve referência à necessidade de *organizar* a investigação para que seja eficaz o trabalho em comum de vários indivíduos dentro de um centro de investigação.

Assim a organização tem por função definir :

- 1 — Os deveres e as funções de todos os indivíduos
- 2 — A extensão da autoridade de cada um
- 3 — Os canais e meios de contacto, de comunicação, entre o pessoal.

Uma boa organização é avaliada pelos resultados atingidos e apreciados segundo os seguintes critérios:

- a) Elevada *produtividade* do centro de investigação, cuja unidade de medida é o poder criador que se apresenta, sobre várias formas: número de problemas resolvidos, número de patentes obtidas, economias resultantes das descobertas feitas ou soluções dadas, etc.
- b) Elevada *qualidade* dos resultados. Pode ser apreciada pela *correção* dos resultados, o que depende do sistema de investigação adoptado que motivou a colheita dos dados pertinentes e a correção das inferências feitas a partir desses dados e donde resultaram conclusões correctas.
- c) Boa *utilização* dos meios humanos e materiais à disposição do centro. Este critério deve ser observado em grandes lapsos de tempo, porque o processo da investigação é de gestação longa.

A investigação pode organizar-se segundo os seguintes *sistemas típicos*:

1 — *Organização segundo o tipo de conhecimentos científicos.*

Nesta solução haverá tantos especialistas quantos os ramos da ciência. Quanto maior for o centro, maior será o número de especialidades e sub-especialidades.

Uma divisão típica será:

Física

Química: inorgânica e orgânica

Metalurgia

Mecânica, termodinâmica, hidrodinâmica

Matemáticas aplicadas

Electrotécnica e electrónica

Engenharia mecânica

Esta solução é particularmente indicada na investigação *exploratória*, e portanto relativamente afastada dos problemas industriais, interessa por isso aos centros de investigação que praticam investigação fundamental.

O grande inconveniente deste tipo de organização reside na dificuldade em resolver problemas que exigem a intervenção de mais de um ramo de ciência simultaneamente, por não serem fáceis as ligações entre os vários especialistas.

2 — *Organização funcional*

A divisão realiza-se segundo os tipos de funções exercidas pela investigação, como por exemplo:

Investigação de produtos novos

Desenvolvimento de produtos em fabricação

Investigação de novos processos

Desenvolvimento e melhoria dos processos existentes

Desenho de processos

Desenho de mecânico

Serviços gerais: Biblioteca, Laboratório de análises e Oficinas

Esta solução tem sido muito adoptada na indústria e nos Laboratórios de Aplicação porque é relativamente fácil de classificar os problemas

segundo as funções indicadas e assim definir qual a função que vai resolver os determinados problemas.

O principal inconveniente encontra-se na necessidade de, dentro de cada função tipo, diversificar o trabalho por vários investigadores para que a função possa ser devidamente exercida. A subdivisão faz-se segundo o critério de especialidades científicas indicado em 1.

3 — Organização em «team»

Neste tipo de Organização, o centro de investigação recebe o problema e examina quais os conhecimentos requeridos e daí qual o conjunto de indivíduos que vai ser necessário mobilizar.

Em seguida é designado um chefe para comandar o grupo formado.

Desta forma cada problema tem um grupo de indivíduos especialmente escolhido.

Por outro lado cada indivíduo pode funcionar em vários grupos ao mesmo tempo.

O grupo pode ter uma constituição variável à medida que o problema vai evoluindo.

A solução permite uma utilização óptima dos investigadores, mas para isso é necessário que se crie um *espírito de grupo*.

Finalizaremos com algumas palavras sobre o «espírito de grupo» com o significado de «team work» também traduzido por «trabalho de equipe».

Com efeito, quando o trabalho se efectua por um grupo é muito difícil de obter uma acção sem atritos e rivalidades. Conseguido esse *espírito*, a solução apresenta uma elevada eficiência.

Em qualquer dos tipos de organização é necessário atingir a situação definida por Keys e Brozeck (13) da forma seguinte:

«Cooperação no trabalho é uma arte social e terá que ser praticada com paciência. Um grupo de investigadores representando várias disciplinas pode ser soldado numa unidade completamente integrada somente na base de uma extensiva experiência em trabalhar e pensar em conjunto».

M. I. Shear (14) diz a este respeito também o seguinte:

«Essa delicada flor, que é a cooperação na investigação, pode ser plantada, alimentada e protegida e a estratégia (da investigação) é formulada através da discussão entre os «leaders» dos diferentes aspectos do problema comum, em vez de ser decidida por um *Boss man.*»

Que estas transcrições sirvam de aviso suficiente para os que menosprezam a importância das *relações humanas* dentro de um centro de investigação.

ALGUNS ESQUEMAS DE ORGANIZAÇÃO INTERNA DE CENTROS DE INVESTIGAÇÃO

Centro de investigação fabril ou oficial de uma empresa que vende 20.000 contos/ano.

Em princípio podemos admitir que se deseja gastar 3% das vendas anuais em investigação, ou seja 600 contos/ano.

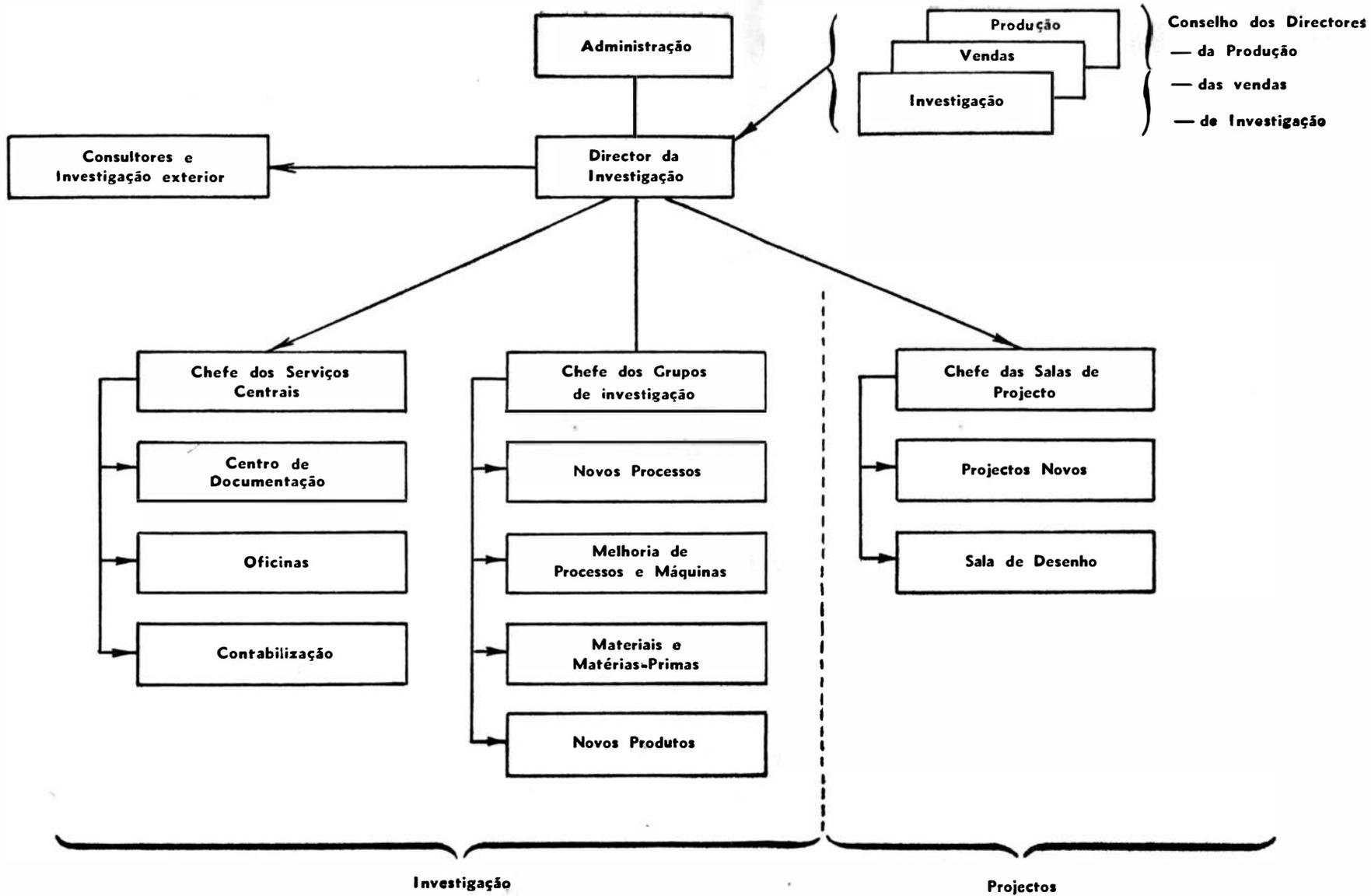
Director de investigação	120.000\$/ano
2 engenheiros.....	180.000\$
2 agentes técnicos ou equiparados	140.000\$
Pagamentos a consultores diversos	40.000\$(*)
Despesas diversas do laboratório	100.000\$ (**)
Despesas administrativas e outras	20.000\$ (**)
	<hr/>
	600.000\$

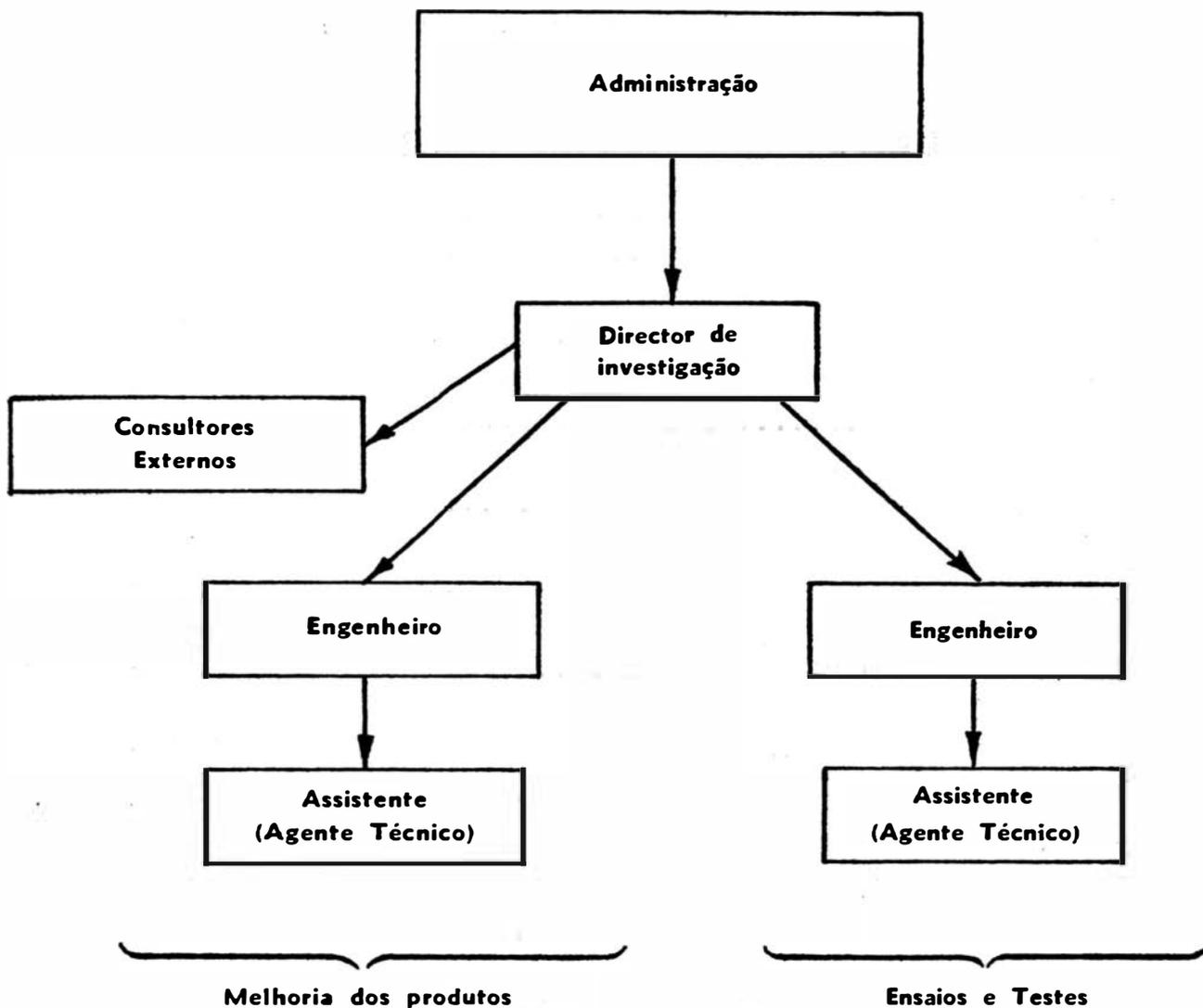
Um centro com estas dimensões deverá produzir trabalhos que só no 1.º ano darão economias que cobram as despesas da investigação.

A organização interna deste centro será a do esquema indicado na página seguinte.

(*) Destina-se esta verba a cobrir as despesas resultantes das consultas a outros laboratórios ou a especialistas.

(**) Estas duas verbas cobrem apenas as *despesas adicionais* que a investigação vai motivar. As restantes despesas inclusas nestas verbas são *pagas* pelo Laboratório de *Controle* onde se supõe efectuados os ensaios e experiências.





As *linhas a cheio* indicam relações de *comando*, isto é, as ordens seguem-no sentido indicado pelas setas.

As *linhas a tracejado* indicam os canais de *comunicação*, ou seja, os meios de correspondência entre os diversos indivíduos.

O problema de estruturação interna está muito simplificado porque todo o centro deve trabalhar como um grupo único dividindo o trabalho entre si.

Esta solução é muito fácil de operar desde que:

- dependa directamente da administração (ou pessoa delegada)
- Tenha sido criado o necessário *ambiente*.
- O orçamento do centro seja mantido acima do nível indicado.

Centro de investigação *industrial e aplicada* de uma empresa que vende anualmente 200.000 contos.

Em princípio podemos admitir que se deseja gastar cerca de 2,5% por ano, ou seja 5.000 contos por ano aproximadamente.

Director da investigação	200.000\$/ano
Chefe dos serviços centrais	140.000\$ »
Chefe dos grupos de investigadores	140.000\$ »
Centro de documentação	160.000\$ »
Oficinas de construção e reparação de aparelhagem	300.000\$ »
Investigação de novos processos (2 engenheiros e 3 agentes técnicos)	390.000\$ »
Melhoria de processos e máquinas (2 engenheiros e 3 agentes técnicos)	390.000\$ »
Materiais e matérias-primas (1 engenheiro e 3 agentes técnicos)	300.000\$ »
Desenvolvimento de novos produtos (3 engenheiros e 5 agentes técnicos) ...	620.000\$ »
	<hr/>
	2.640.000\$ »
Despesas diversas do laboratório	500.000\$ »
Despesas com consultores externos	500.000\$ »
Despesas administrativas e outras	300.000\$ »
Encargos com o capital investido (20% de 4.000 contos)	800.000\$ »
Encargos de capital dos edifícios (7% de 4.000 contos)	280.000\$ »
	<hr/>
	<u>5.020.000\$ »</u>

Neste orçamento houve o cuidado de incluir os encargos de capital resultantes dos investimentos em aparelhagem e edifícios porque já constituem verbas importantes.

Note-se também que se incluiu na orgânica do centro oficinas especializadas em reparar e construir aparelhagem de medida e controle, assim como aparelhos de ensaio e protótipos.

Cerca de metade das despesas orçamentais são destinadas a pagar investigadores e pessoal de laboratório.

O esquema da organização interna poderá ser o que se indica a seguir.

De notável, o esquema apresentado tem:

- 1 — Além da administração, o director da investigação recebe instruções de um *conselho* constituído pelo director da produção, das vendas e por ele próprio.

Este conselho realiza a integração da investigação no conjunto dos interesses da companhia evitando que aquela se afaste dos objectivos e finalidades para que foi criada.

- 2 — O director da investigação é também encarregado de *superintender* nas salas de projecto e de desenho estabelecendo a ligação entre estes departamentos e o centro de investigação.

Há esquemas em que se inclui os departamentos de projecto e desenho na investigação, mas na realidade são entidades que não investigam nem constituem elementos necessários à investigação.

Contudo os projectistas são clientes da investigação e por isso a sua integração dá uma unidade e uma solidez ao conjunto que justifica a simbiose das salas de projecto e da investigação.

- 3 — A organização apresentada é do tipo funcional, mas nada obsta que outro tipo seja escolhido.

II — INQUÉRITO À INDÚSTRIA PORTUGUESA SOBRE A INVESTIGAÇÃO

A fim de obter informação directa sobre a Investigação tal como é praticada na Indústria, foi elaborado um questionário cujo modelo se encontra arquivado nos Serviços Técnicos Económicos do II Congresso da Indústria e que foi distribuído às 100 empresas consideradas mais representativas da Indústria Portuguesa (*).

Responderam ao questionário cerca de 1/3 das Empresas consultadas (32 respostas).

Foram aproveitadas apenas 25 (1/4 das Empresas consultadas), por se considerarem não significativas as restantes sete respostas.

(*) Desta consulta foi excluída a Companhia União Fabril, que, gastando verbas de milhares de contos por ano e empregando muitas dezenas de técnicos engenheiros e universitários na investigação, iria, se tivesse sido incluída, alterar substancialmente a homogeneidade da população escolhida pelo inquérito.

Este material foi trabalhado no Departamento Técnico Económico atrás referido, obtendo-se as cifras adiante indicadas no quadro 1.º. De notável há que referir ao seguinte:

- a) As empresas gastam em média 240.000\$00 por ano em laboratórios de controle, empregando 6,5 pessoas.
- b) Só as indústrias cerâmica, vidros, cimentos, produtos farmacêuticos, material eléctrico realizam trabalhos que essas indústrias classificam de investigação.
- c) São gastos em média 65.000\$00 e estão empregados 1,3 pessoas em Laboratórios de Investigação.
- d) São gastos em projectos novos 210.000\$00 por ano e 5,3 pessoas são empregadas em realizá-los.
- e) A conclusão geral do inquérito é que a Investigação ocupa uma posição extremamente apagada na Indústria Portuguesa.

INQUÉRITO À INVESTIGAÇÃO

Sector	Número de empresas	Médias por empresa (a)					
		Laborat. controle		Trabalhos invest.		Projectos novos	
		Pessoal	Custo	Pessoal	Custo	Pessoal	Custo
Alimentação	2	3	130,0	0	0	4	225,0
Cerâmica, vidros e cimento	6	8,6	382,2	0,8	27,9	3	131,6
Adubos e produtos químicos ...	5	11,4	510,1	0	0	5,8	242,7
Produtos farmacêuticos	3	8,6	356,6	5,6	300,0	4,6	260,0
Metalomecânicas pesadas e metalomecânicas ligeiras	4	3,2	65,7	0	0	13,5	639,4
Material eléctrico	5	7	237,8	3,8	192,7	9,4	249,5
Média geral por empresa (b) ...	$\Sigma=25$ Amostra	6,5	240,0	1,3	65,0	5,3	210,0

NOTAS :

- 1) Valores em contos.
- 2) Custos anuais.
- 3) Foram inquiridas 100 empresas. Responderam, 32. Respostas aproveitáveis e significativas, 25.

OBSERVAÇÕES:

- (a) O total do sector dividido pelo número de empresas que constituem esse sector.
- (b) O total da amostra dividido pelo número de empresas que constituem essa amostra.

12 — COMENTÁRIOS AS COMUNICAÇÕES APRESENTADAS E CONSULTAS DIRECTAS FEITAS A LABORATÓRIOS

A — *Comunicações apresentadas:*

Sobre Investigação foram apresentados os seguintes trabalhos:

- Laboratórios da Junta Nacional da Cortiça e a Indústria Corticeira, por Alfredo B. L. d'Andrade (Eng.º).
- Documentação e o Desenvolvimento da Indústria Portuguesa, por Mário Alberto Nunes Costa (Dr.).
- Necessidade de Investigação na Indústria Corticeira, por Alfredo B. L. d'Andrade (Eng.º).
- Utilização da Radiofrequência no Fabrico de Aglomerados de Cortiça, por Alfredo B. L. d'Andrade (Eng.º).
- Radiografia da Borracha, por F. Barreira e K. Jacobsohn.
- Algumas Considerações sobre a Investigação ao Serviço da Indústria Química, por António Sales Luís (Eng.º).
- Das Dificuldades surgidas na Interpretação dos resultados fornecidos pelo Aparelho «Pressley», por José Manuel B. Caminha.
- Um dos Problemas da Investigação Industrial, a Corrosão, por António Ferro (Eng.º) e António Bustorff (Dr.).
- Documentação, Instrumento da Investigação Industrial, por Maria L. Pintasilgo (Eng.).
- Investigação, por M. Ferreirinha (Eng.º Agron.).
- Automatização das Indústrias em África, por Eugénio Ferreira (Dr.).

Apontamos como facto digno de registo a circunstância de terem sido apresentadas 11 comunicações, que representam cerca de 10% do número total de comunicações que deram entrada na secretaria do II Congresso. É justificável tirar deste facto a interferência seguinte:

Muito embora a investigação não seja aplicada ainda duma forma sistemática e generalizada na Indústria, constitui pelo menos uma preocupação e revela o reconhecimento da sua potencialidade na resolução de alguns problemas.

Não cabe aqui comentar uma a uma as comunicações feitas, mas

apenas verificar se elas se alinham ou constituem contradição à exposição feita nos capítulos anteriores.

É com agrado que se reconhece uma identidade de vistas e uma completa concordância.

B — Consultas directas feitas a diversos Laboratórios e Departamentos do Estado:

Foi consultada verbalmente ou por escrito uma série de Laboratórios com o fim de ser auscultada a opinião destes centros de Investigação e Laboratórios a respeito da Investigação e problemas correlativos.

Em especial faremos referência aos seguintes Departamentos:

- Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Centro de Documentação Científica.
- Laboratório do I. P. C. P.
- Junta Nacional de Engenharia Nuclear.

Toda a informação colhida foi tomada na devida consideração ao serem elaborados os vários capítulos deste relato.

Aqui se encerra um agradecimento à colaboração prestada.

13 — CONSIDERAÇÕES FINAIS

Julga-se ter exposto, duma forma resumida, o que é a Investigação, qual o seu interesse para a Indústria, o seu campo de acção, a sua organização e meio ambiente em que deve ser desenvolvida.

A Investigação não é uma panacea para resolver todo e qualquer problema Industrial, mas, em contrapartida, há problemas e, são inúmeros, que só por meio da Investigação podem ser solucionados eficazmente.

O reduzido desenvolvimento da Investigação em Portugal constituirá progressivamente o maior entrave para o desenvolvimento da Indústria, que se vê na contingência de importar do estrangeiro toda a informação, o conhecimento, as soluções, pagando largamente aquilo que podia e devia ser desenvolvido pelos próprios nacionais.

Julga-se ter demonstrado também que é possível fazer-se Inves-

tigação em Portugal e que não há qualquer impedimento intrínseco que dificulte a sua realização.

Essa prova já está feita pela existência de órgãos de Investigação perfeitamente adaptados às indústrias que servem e que dão provas de capacidade de realizar progresso original.

Contudo, para que o espírito da Investigação floresça, é mister que se realizem determinadas condições, nomeadamente se proporcione um ambiente favorável, se crie uma escola adequada e se dê um auxílio decidido por parte das instâncias oficiais.

Quanto a este último ponto — auxílio das instâncias oficiais — é necessário que, de uma forma semelhante ao que é uso e costume fazer nos países industriais desenvolvidos, se promulguem diplomas que permitam :

- 1.º Todas as verbas investidas pela Indústria em investigação sejam reduzidas do montante dos impostos pagos por essa indústria.
- 2.º Que toda a investigação relativa à matéria considerada de interesse nacional seja subsidiada pelo Estado.
- 3.º Que seja desenvolvido na escola, em particular na universidade, o espírito da Investigação e com ele a criação de Laboratórios devidamente equipados e com verbas atribuídas que permitam cobrir as despesas, muito apreciáveis, que a exploração desses laboratórios exige.
- 4.º Que sejam instalados mais laboratórios do Estado cobrindo outras actividades industriais onde possa ser realizada investigação aplicada.
- 5.º Que seja preparado um escol de indivíduos universitários e técnicos capazes de preencher as inúmeras funções requeridas pela investigação industrial e científica.

Por último faz-se referência à proposta de Lei n.º 43, que cria o Instituto Nacional de Investigação.

Não tendo sido ainda materializado o organismo previsto na referida lei, é difícil fazer prognósticos sobre a sua eficácia e ulterior função. Basta, por enquanto, tirar a conclusão útil de que o simples facto de ter sido reconhecida a necessidade de criar um Instituto de Investigação representa uma afirmação da utilidade, para a Indústria

e para o País, de procurar a resolução de problemas industriais por meio da Investigação.

Chamaremos, contudo, a atenção para o seguinte:

- 1.º Há que distinguir entre os laboratórios de Investigação que são agentes e órgãos onde se resolvem problemas de Investigação e a entidade que financia, promove e planifica a Investigação à escala nacional, que é um órgão onde não se faz investigação.

Da fusão destas duas funções num órgão único não há exemplo em qualquer país industrializado.

- 2.º A eficácia dum Instituto de Investigação, entendido como órgão e agente de Investigação, depende fundamentalmente dos indivíduos escolhidos para guarnecerem os respectivos quadros.

Ora este aspecto é dos mais difíceis de resolver, mesmo nos países com tradição na Investigação.

- 3.º A Investigação praticada em Laboratórios do Estado tem carácter de um *serviço*, isto é: serve a indústria resolvendo problemas que lhe são postos, quer directamente quer por sua espontânea vontade, mas não tem função de condicionar actividades, impor soluções, concorrer com a Indústria, porque essas funções, quando o Estado as quer exercer, devem dimanar de outros órgãos que não o Instituto de Investigação.

Este deve limitar a sua acção a *esclarecer, informar, sugerir* e, de um modo geral, *servir*.

BIBLIOGRAFIA

- (1) — *National Research Council*.
U. S. Government Printing Office.
os números de 1940-1945.
idem — *Industrial Research Laboratories*.
- (2) — Enciclopédia Britânica.
Synthetic Dies.
- (3) — *The Theory and Practice of Industrial Research*.
Hertz.
Engineering Management Series.
- (4) — Este quadro foi inspirado no quadro apresentado por António Scorcery, director do Instituto Siderúrgico Finsider, e constitui um dos Documentos apresentados na Conferência de Nancy de 11-13 de Outubro de 1954. Publicado pela OECE Paris.
- (5) — Valores usuais pagos na indústria química.
- (6) — Idem.
- (7) — *Science and Engineering in American Industry, 1953-54*.
National Science Foundation.
- (8) — Veja-se em especial:
Logic of the Sciences & Humanities — Northrop.
The MacMillan Co 1947 New York.
Theory of Experimental Inference — Churchmann.
The MacMillan Co. 1947 New York.
The Theory and Practice of Industrial Research.
Hertz.
Engineering Management Series.
- (9) — *Science and Engineering in American Industry (1953-54)*.
National Science Foundation.
- (10) — Idem — veja-se Chart 1.
- (11) — *The Co-ordination of Motive, Men and Money in Industrial Research*.
Standar Oil Co. of California — 1946 — San Francisco.
Woorwhics, D. H. (Hertz 299).
- (12) — *Engineering Training* — Southern.
Power and Industry, Sep. 1945.
Walker, H. C.
- (13) — *General Aspects of Interdisciplinary Research in Experimental Human Biology*
— *Science* — Dec. 1944.
Keys and Brozek.
- (14) — *Team-Work in Scientific Research*.
«Personel Administration» Dec. 1946.
I. Shear.

- (15) — *Administration of Research.*
 Science and Public Policy — 1947.
 U. S. Government Printing Office.
 J. R. Steelman.
- (16) — *The Scientist in Industrial.*
 Chemistry — August 1948.
 E. Appleton.
- (17) — *National Association of Manufacturers.*
 1948 — Trends in Industrial Research and Patent Practices — *New York.*
- (18) — Idem em 1947.
- (19) — *National Association of Manufacturers.*
 Idem.

CONVÉM TAMBÉM REFERIR AS SEGUINTES PUBLICAÇÕES:

An Introduction to Scientific Research.

Wilson.

MacGraw-Hill.

The Organisation of Industrial Scientific Research.

Mees and Leermakers.

MacGraw-Hill.

Economic Forces in the U. S. A. — in facts and figures.

Bureau of Labor Statistics U. S.

Washington D. C.

L'Organisation de la Recherche Appliquée en Europe, aux États-Unis et au Canada.

Vol. I — Étude Comparative.

Vol. II — La Recherche Appliquée en Europe.

Vol. III — La Recherche appliquée aux États-Unis et au Canada.

OECE.

ÍNDICE

1 — Introdução	3
2 — Desenvolvimento da investigação	5
3 — Condicionalismo económico	8
4 — Como se realiza a investigação	10
5 — O acto de investigar ⁽⁸⁾	13
6 — Problema da direcção ou polarização da investigação	16
7 — Onde se realiza a investigação	16
8 — Problema do pessoal	24
9 — Quando se deve incorrer à investigação	26
10 — Organização da investigação	30
11 — Inquérito à indústria portuguesa sobre a investigação	37
12 — Comentários às comunicações apresentadas e consultas directas feitas a laboratórios	39
13 — Considerações finais	40
Bibliografia	43

