



CBPF - CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS

Rio de Janeiro

Ciência e Sociedade

CBPF-CS-001/81

1981

A Ciência e a Construção da Sociedade

J. Leite Lopes



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

I. A IMAGEM FÍSICA DO MUNDO

II. A CIENCIA E O SUBDESENVOLVIMENTO NA AMÉRICA LATINA

III. A CIENCIA E O DESENVOLVIMENTO DEPENDENTE

IV. ENDOGENIZAÇÃO DA CIENCIA EM QUAL SOCIEDADE?

V. OS OBJETIVOS DA CIENCIA

VI. CIENCIA PARA A LIBERAÇÃO

NOTAS

INTRODUÇÃO

Qual é a nossa imagem física do mundo hoje? Como foi ela obtida no decorrer da história?

Qual foi a importância da pesquisa científica, da criação cultural, para o desenvolvimento das sociedades avançadas contemporâneas?

Qual foi o efeito da ausência da educação e prática científicas no subdesenvolvimento?

Quais são os problemas atuais, quais são as perspectivas de aplicação da ciência e da tecnologia para promover um desenvolvimento adequado, não apenas nos países menos desenvolvidos mas também nas nações industriais avançadas?

É o objetivo da ciência e da tecnologia liberar o homem ou contribuir para a manutenção de um mundo regido pela repressão de uns poucos ricos sobre os muitos pobres?

Estas são algumas das questões que nós todos devemos estudar e tentar responder, se queremos, no mundo atual em mutação, formular propostas significativas para o desenvolvimento harmonioso das sociedades humanas de acordo com suas heranças culturais e suas identidades nacionais.

I. A IMAGEM FÍSICA DO MUNDO

Como é sabido, especulações sobre a estrutura do Universo estiveram sempre contidas nos modelos cosmogônicos e nos sistemas filosóficos desenvolvidos pelas civilizações antigas.

Na Asia, na África, na América Latina, realizações magníficas foram feitas por antigas sociedades - no enfoque místico do estudo da natureza, nos monumentos culturais, na engenhosidade artística e tecnológica, nas observações astronômicas, nas filosofias sobre o espaço, o tempo, a matéria e a vida, que elas criaram, e que refletiram suas formas de interação com o mundo.

Foram, como todos sabem, os filósofos atomistas da Grecia antiga que exerceram talvez a maior influência sobre a moderna concepção do universo.

Antes dos gregos, os babilônios e os egípcios fizeram observações durante muitos séculos, sobre o movimento do sol e da lua em relação às estrelas fixas, e sabiam como prever os eclipses solares e lunares. Apesar do fato que os gregos identificavam os corpos celestes com deuses, Anaxágoras estabeleceu que o sol era como uma pedra aquecida ao vermelho e que a lua era semelhante à Terra. Os Pitagóricos, no fim do século V A.C., declararam que a Terra era esférica, Aristarco de Samos, no século III A.C. descobriu o sistema Copernicano completo e Erastótenes em 200 A.C. calculou, segundo Claudio Ptolomeu, a distância máxima entre a lua e a Terra, e a distancia mínima entre o sol e a Terra.

Abu 'Ali al Hussein Ibn 'Abd Allhah Obn Sina, conhecido como Avicena, filósofo, codificador de Aristóteles e um dos preservadores e transmissores da cultura grega, disse: "o tempo é a medida do movimento" [1]. No Rasa'il, um tratado enciclopédico conhecido como o Corão depois do Corão, encontra-se uma lista de distâncias aos planetas (em função do raio da Terra) e de tamanhos dos planetas; aí está dito que o espaço é "uma forma abstraída da matéria existindo apenas na consciência" [1]. Mas quan

tos documentos foram perdidos ou destruídos, como aconteceu por exemplo em consequência da subjugação das grandes civilizações pré colombianas pelos invasores espanhóis, no México, e nas Américas Central e do Sul?

Depois que esses sistemas foram esquecidos com a decadência das civilizações da antiguidade, veio o modelo cristão medieval da imagem do mundo: como está expresso no Paraíso de Dante, a Terra é o centro do Universo, Satã está no centro da Terra, os céus consistem de dez esferas concêntricas. Todas as coisas abaixo da lua estão sujeitas à corrupção e à decadência; todas as coisas acima da lua são indestrutíveis. "Deus, motor fixo Aristotélico; provoca a rotação do "Primum Mobile", que por sua vez, comunica seu movimento à esfera das estrelas fixas, e assim por diante, até a esfera da lua" [2].

A grande revolução científica na Astronomia e na Física veio muito tempo depois dos gregos, nos séculos XVI e XVII, com os trabalhos de Galileu e Newton que construíram a primeira imagem científica do Universo [3]. Com a descoberta das leis de movimento dos corpos na nossa experiência cotidiana, com a generalização dessas leis ao movimento de todos os corpos no Universo, e com a invenção do cálculo infinitesimal, necessário para esse trabalho, Newton realizou a primeira grande síntese, que é o objeto da ciência moderna, estabelecendo correlações íntimas entre ideias e fatos sem ligações aparentes: a queda de uma maçã da árvore, a queda contínua da lua em torno da Terra, o movimento dos corpos celestes sob a ação da gravitação universal. "No começo, escreveu Einstein em suas Notas Autobiográficas "(se uma tal coisa existiu) Deus criou as leis de movimento de Newton juntamente com as massas e forças necessárias. Isto é tudo; todo o resto segue-se por dedução, a partir do desenvolvimento de métodos matemáticos apropriados. O que o século XIX realizou apoiado nesta base, especialmente pela aplicação das equações diferenciais e com derivadas parciais, deve despertar a admiração de todas as pessoas receptivas".

Depois da mecânica Newtoniana de ação à distancia, a noção de campo foi introduzida na Física sobretudo através dos trabalhos de Faraday e de Maxwell sobre o eletromagnetismo, que culminaram com outra grande síntese, aquela que unifica os domínios da ótica, da eletricidade e do magnetismo. O que fez a teoria de Maxwell "aparecer como revolucionária", escreveu ainda Einstein, (referencia 4, pag. 33) "foi a transição de forças à distancia para campos, como variáveis fundamentais. A esse respeito, eu não posso omitir a observação que o par Faraday-Maxwell tem uma semelhança interna notável com o par Galileu-Newton - o primeiro de cada par compreendendo intuitivamente as relações e o segundo formulando essas relações exatamente e aplicando-as quantitativamente".

No fim do século XIX, houve a descoberta do elétron e do próton, e um conjunto de notáveis questões que levaram de um lado à descoberta do quantum de ação por Planck em 1900, e de outro, ao desenvolvimento da teoria da relatividade de Einstein em 1905.

"Quando se olha para trás, vê-se que o desenvolvimento da Física pode ser visto como um desenrolar quase contínuo com muitos pequenos passos e, superpostos, um certo número de grandes saltos. É claro que são estes grandes saltos que são os traços mais interessantes desse desenvolvimento. O pano de fundo (back ground) de evolução contínua é sobretudo lógico, as pessoas trabalham, com os métodos usuais, as idéias que decorrem das proposições anteriores. Mas então, quando temos um grande salto, isto significa que algo inteiramente novo deve ser introduzido." Estes grandes saltos normalmente consistem na superação de um preconceito" [5]. O físico inventivo acha que ele deve questionar este preconceito e o substitui por uma imagem da natureza completamente nova.

Em seu trabalho sobre a teoria da relatividade especial, Einstein deu um destes grandes saltos e realizou uma grande nova

síntese de idéias aparentemente sem conexão: o preconceito da si multaneidade absoluta foi questionado, analisado, e substituído por uma nova concepção de espaço físico, uma nova entidade na qual o espaço habitual a tres dimensões e o tempo são amalgamados para forma uma variedade a quatro dimensões, o que teve como consequencia que o espaço pode gerar tempo, a energia pode gerar impulsão, a energia é equivalente à massa, os campos elétrico e magnético são aspectos das mesmas variáveis subjacentes, o campo eletromagnético.

Ademais, um novo conceito, o de superlei, foi introduzido por Einstein na Física com o seu princípio de relatividade. Ao postular que as leis da Física devem ser independentes do estado de movimento (retilíneo e uniforme) do observador, da sua posição no espaço e do instante em que são feitas as observações, Einstein formulou um requisito geral a ser satisfeito pelas equações da Física. Se uma lei física expressa uma relação entre variáveis associadas a fenômenos e acontecimentos, o princípio da relatividade estabelece como uma tal relação deve ser expressa, como ela não pode ser: matematicamente, o principio da relatividade estabelece, como é bem sabido, que as leis físicas devem ser invariantes sob um certo grupo de transformações, o grupo de Poincaré. Esta foi talvez uma realização admirável e muito precisa da reivindicação ou desejo de que o conhecimento científico deve ser globalmente impessoal, independente dos físicos que fazem as observações experimentais. E também a obtenção de proposições absolutas - as leis invariantes - assim como a relativização da noção de medida, dos valores de comprimento, volume, intervalo de tempo, energia de um sistema físico, por exemplo, como números que dependem do sistema de referencia no qual a medida é feita.

Foi ainda Einstein quem depois de dez anos de pesquisa descobriu a teoria relativista da gravitação, uma das mais belas, senão a mais bela, das contruções na física teórica em todos os tempos. Realizando uma nova síntese, que generalizou a teoria da gravitação de Newton, Einstein identificou o campo gravitacional com o tensor da métrica do espaço, o espaço físico, como sendo descrito pelas leis de geometria de Riemann. A maquinaria

desta geometria levou Einstein a inventar sua equação do campo gravitacional - uma equação que é baseada na noção que a matéria afeta a curvatura do espaço-tempo e que o espaço-tempo por sua vez atua na matéria e determina a natureza do seu movimento: um conceito revolucionário que destroi a antiga noção do espaço como um palco passivo, sem influência sobre os acontecimentos que nele ocorrem, como dizia Leibnitz [6].

Foi sobretudo a sua invenção da Teoria relativista da gravitação que levou Einstein a formular a sua concepção da gênese do conhecimento científico em física: os conceitos, e as leis que os relacionam entre si, podem ser descobertos através de construções puramente matemáticas, e dar a chave do entendimento dos fenômenos naturais. A experiência pode indicar as idéias matemáticas apropriadas, mas estas certamente não podem ser deduzidas da experiência. A experiência, evidentemente, permanece como o único critério válido para avaliar a utilidade física de uma teoria matemática. Mas "os conceitos e princípios / são invenções livres do intelecto humano, que não podem ser justificados nem pela natureza desse intelecto, nem por nenhum outro meio a priori" [7].

Esta concepção epistemológica do trabalho científico, de um caráter, digamos anti-Baconiano, é de fato encontrada desde Newton, Lagrange, Hamilton, até Einstein, De Broglie, Heisenberg e Dirac.

A descoberta e o desenvolvimento da teoria que descreve os fenômenos atômicos - a mecânica quântica - bem como a pesquisa sobre os constituintes fundamentais da matéria, as assim chamadas partículas elementares, dominou a física dos últimos cinquenta anos.

Foi somente no começo do século XVIII que a hipótese atômica, formulada pelos filósofos gregos, perdeu seu caráter teológico e metafísico. Demócrito, no século IV A.C., dizia que "as únicas coisas que existem são os átomos e o vácuo; tudo o mais

é mera opinião"; dessa maneira foi criada a importante noção que a complexa variedade de corpos e fenômenos, resulta dos movimentos e interações entre partículas invisíveis e indivisíveis, os átomos, que obedecem a leis simples. O próprio Newton escreveu: "parece-me provável que Deus no Começo, formou a matéria em Partículas móveis, sólidas, massiças, duras, impenetráveis, de tais Tamanhos e tais outras Propriedades e numa Proporção tal em relação ao Espaço, de modo a conduzi-las ao Fim para o qual Ele as formou; e que estas Partículas primitivas sendo Sólidas, são incomparavelmente mais duras que quaisquer Corpos porosos compostos por elas; tão duras que nunca se desgastam ou se quebram em pedaços; nenhum Poder comum sendo capaz de dividir aquilo que o próprio Deus fez uno na primeira criação" [8].

Sabemos que os átomos - ou pelo menos os objetos que chamamos átomos - são na verdade sistemas complexos. O desenvolvimento da ciência moderna, desde o século XVIII até nossos dias, as realizações extraordinárias da engenhosidade e das técnicas experimentais, o desenvolvimento do pensamento científico, levaram à substituição do enfoque metafísico da filosofia natural, pelo enfoque racional baseado na evidencia experimental, sobre modelos matemáticos construídos a partir de resultados de observações e da intuição inventiva.

A noção de átomo indivisível deu lugar ao conceito de partículas elementares e se esperava que estas partículas fossem em pequeno número - os constituintes fundamentais da matéria. Contudo, nas últimas décadas, um grande número de tais partículas sub-atômicas foram descobertas, um número que está agora em competição com a centena de átomos que constituem a tabela periódica de Mendelejev. Mas agora conhecemos seis espécies de leptons, partículas que incluem o elétron e seu neutrino, tendo com estas propriedades em comum. Existem os barions, partículas relacionadas ao próton e ao nêutron; os mesons, que são trocados entre os barions; há o foton, a partícula de luz responsável pela propagação das forças eletromagnéticas. Nós presumimos a existencia de partículas que ainda não foram observadas, como o graviton, que

propaga a gravidade e os mesons fracos, que propagam a interação fraca. A beleza matemática das tentativas atuais para unificar as forças fraca, forte e eletromagnética, como no modelo de Salam-Weinberg leva atualmente a maioria dos físicos a acreditar na existência das últimas partículas e nos chamados bosons de Higgs. Esta unificação, na qual estão concentrados os esforços dos físicos especialistas no domínio da física de altas energias, constituirá uma nova grande síntese, comparável com aquelas mencionadas precedentemente neste artigo.

E esta é a esperança atual: reduzir as diferentes formas de forças observadas, as interações gravitacional, fraca, eletromagnética e forte (responsável pela existência dos núcleos, logo pela existência da matéria) a manifestações diferentes de certas entidades básicas subjacentes, chamadas campos de calibre (gauge fields).

Esta unificação é um velho sonho que começou com as tentativas de Einstein para incluir as forças eletromagnéticas na unificação da gravitação com a geometria do espaço-tempo. E é o método introduzido por Einstein com tanta força e elegância na física teórica, a procura de grupos de simetria que deixem invariantes leis físicas básicas, que está na raiz do nosso trabalho atual.

A matéria, por outro lado, a variedade de partículas elementares mencionada acima, parece ser constituída - com a provável exceção dos leptons - por certos objetos chamados quarks. Os quarks seriam os elementos últimos na fragmentação continuada da matéria, as partículas fundamentais que integram as partículas elementares mais pesadas, mas que não poderiam ser, por uma razão ainda não entendida completamente, observadas como partículas livres. Os quarks estariam muito provavelmente confinados dentro das partículas elementares, e esta noção nos daria talvez a chave para parar o processo de redução da matéria em constituintes/cada vez menores.

Para concluir este quadro da nossa imagem física do mundo, direi algumas poucas palavras sobre a concepção de Universo que têm os astrofísicos.

Foi depois da descoberta da teoria relativista da gravitação que a cosmologia começou a desenvolver-se como uma ciência. Desde 1917 os dados observacionais e os estudos teóricos / lançaram as fundações desta disciplina, que desde então, não parou de se desenvolver.

Como foi dito por um importante cosmologista, "a existência do universo é claramente a sua mais importante característica, mas eu estou me referindo aqui à ideia mais forte de que tem significado falar do Universo como um todo, como um único conceito bem definido. Esta ideia é uma das mais importantes, talvez a mais importante descoberta científica do século XX" [9]. Que o Universo é único e que nós podemos aplicar ao seu estudo as leis físicas estabelecidas localmente são postulados geralmente aceitos. Observações de estrelas e galáxias e de objetos revelados pela emissão de radiondas invisíveis levaram os astrofísicos à concepção que o Universo está num estágio de expansão, de mudança contínua com o tempo. A noção da expansão do Universo foi o resultado de observações dos deslocamentos para o vermelho das galáxias, medidas da emissão de radiofontes, abundância de elementos. A extrapolação para o passado deste movimento de afastamento das galáxias, a descoberta da radiação de microondas de fundo, levaram à conclusão que o nosso mundo passou a existir de uma maneira repentina em consequência de uma explosão, um "big-bang". Este é o chamado "modelo standard do big-bang quente", de acordo com o qual, no começo, há cerca de 15 bilhões de anos, as partículas elementares estavam altamente concentradas em equilíbrio termodinâmico a uma temperatura extremamente alta, com o decaimento de partículas e a recombinação de pares nos primeiros segundos. Com o movimento dessas partículas a temperatura caiu e então ocorreu a formação dos elementos, com a produção de hélio a partir de prótons e nêutrons. Mais tarde, elementos mais pesados foram produzidos por reações nucleares e as estrelas se tornaram fornalhas intensamente quentes nas quais a matéria co-

mum foi forjada a partir de protons.

E portanto ainda nos resta a questão do que aconteceu antes do estado inicial, de densidade, pressão e temperatura quase infinitas. Outros modelos do Universo são também estudados pelos cosmólogos que atacam questões fascinantes como a possível expansão permanente do Universo ou seu retorno a uma contração, o colapso gravitacional, a existencia de singularidades na natureza.

Tal é a evolução das nossas idéias sobre o Universo, desde as civilizações antigas até os dias atuais. É fascinante aprender que a matéria do nosso mundo localizado, "o carbono e o nitrogenio de nossos corpos, o oxigenio que respiramos, o ferro no nosso sangue foram todos gerados dentro de fornalhas estelares em épocas remotas no passado" [10]. E que de toda maneira, como sonhado por Anaxágoras, nos tempos de Péricles, o sol é como uma pedra aquecida ao vermelho e a lua é feita de terra.

II. CIENCIA E SUBDESENVOLVIMENTO NA AMÉRICA LATINA

O que foi dito anteriormente é apenas um esboço de algumas das linhas básicas da nossa imagem física do mundo. Outros poderiam falar sobre as fundações da visão do Universo do biólogo, dos pontos de vista do químico, do geofísico, do matemático, do cientista social.

A ciência moderna teve o seu nascimento no século XVII e se tornou associada à emergência do capitalismo nos países europeus ocidentais. Pouco a pouco as invenções empíricas de máquinas e mecanismos, o estudo da natureza no laboratório, a procura de novos produtos e a compreensão das leis naturais, forneceram os instrumentos para a transformação científica e tecnológica do mundo. Ao mesmo tempo, em outras civilizações e sociedades, muitas das quais subjugadas pela conquista e pela guerra, não ocorreram processos similares.

Imersas em contextos históricos diferentes, sujeitas a forças econômicas, políticas, culturais e religiosas específicas, estas sociedades não desenvolveram a busca do conhecimento científico - ou não lhes foi permitido continuar tal desenvolvimento - e portanto perderam ferramentas básicas para a transformação do mundo e mesmo para assegurar sua própria sobrevivência.

Uma vez que a desigualdade entre as nações foi estabelecida em virtude de suas diferentes formas de interação com o mundo físico, as forças econômicas e políticas foram levadas a agir de maneira a aumentar essa desigualdade [11]. E o desenvolvimento das sociedades industrializadas emergentes aparentemente veio associado com a dominação econômica e política de outras sociedades, as atuais nações subdesenvolvidas ou, se preferem mudar a nomenclatura, os países menos desenvolvidos.

Na América Latina, como se sabe, os espanhóis e portugueses conquistaram os povos nativos deste continente, e fizeram esforços para destruir seus sistemas religiosos e suas realizações culturais. As civilizações nos Andes - os Incas - no

planalto do México e na península de Iucatan - Aztecas e Maias atingiram níveis importantes de desenvolvimento material e cultural antes da invasão, na primeira metade do século XVI.

A matemática, que incluía a utilização do número zero e conhecimentos astronômicos, que incluíam a predição de eclipses, foram realizações destas civilizações, que também desenvolveram técnicas em arquitetura, agricultura e engenharia bem como uma cultura artística, transmitida de geração em geração.

A substituição das culturas locais por aquelas da Europa Ocidental como as trazidas pela Espanha e Portugal, não levou contudo a um desenvolvimento científico em nossa parte do mundo, como isso estava ocorrendo na Europa.

É evidente que a Espanha e Portugal fizeram realizações magníficas que culminaram com a descoberta de continentes através do desenvolvimento da arte e da ciência da navegação. Alguns fatores, no entanto, como a grande influência da religião e o poder exercido pelas autoridades religiosas nesses dois países, os impediram de participar na criação europeia da ciência no século XVII.

Não é o meu propósito descrever o efeito disto sobre a evolução da ciência na América Latina [12]. Apesar de difíceis condições de trabalho, muitos cientistas talentosos fizeram trabalhos importantes em muitos países de nosso continente, sobretudo depois da segunda metade do século XIX. De grande interesse é vêr que o estado de dependência política e econômica dos nossos países, não poderia permitir o florescimento da cultura e da ciência. As colônias das Américas Central e do Sul eram vistas como lugares ricos em matérias primas para ser exportadas para os países capitalistas em expansão da Europa. E estes por sua vez exportavam para as colônias Latino-Americanas seus produtos industriais. "Não é injusto dizer que (a América Latina) salvou a indústria britânica do algodão na primeira metade do século XIX, quando se tornou o maior mercado para as exportações inglesas" [13].

A proclamação da independência política não mudou a natureza do sistema econômico nesses países - foi em lugar disso uma abertura para a dominação pela Grã-Bretanha. Ao mesmo tempo, estava tomando forma uma ideologia que estabelecia que o processo de desenvolvimento econômico era uma espécie de jogo, de livre competição, onde os povos mais inteligentes e dinâmicos tinham sucesso. De fato, a dominação econômica e política impedia outras sociedades de competir nesses jogos [14].

E dentro de nossos países, as classes dirigentes nacionais associadas às classes dirigentes das potências estrangeiras dominadoras, desenvolveram uma ideologia segundo a qual nossos países teriam como vocação a exportação dos materiais brutos necessários à expansão dos países capitalistas industrializados.

"Era aceito, diz Velho, "que nós (no Brasil) nunca seríamos capazes de produzir bens materiais tão bem quanto a Inglaterra e outros países, e que se tentássemos fazê-lo e nos tornássemos protecionistas, nós certamente sofreríamos retaliações sobre as nossas exportações agrícolas" [15].

Subseqüentemente, a transformação das economias dos países Latino-Americanos, pela industrialização, chamada de substituição das importações, iniciada nos começos do século XX, teve como consequência direta a importação e a imitação de produtos e de meios de produção inventados alhures, a aquisição de tecnologia desenvolvida nos países avançados.

É por conseguinte importante enfatizar que o caráter da dependência econômica foi deixado essencialmente intocado, ainda que sob outra forma, quando os países Latino-Americanos cessaram de ser colônias formais da Espanha e de Portugal. A procura de produtos manufaturados iguais ou similares àqueles que eram importados, levou imediatamente a uma dependência tecnológica em relação ao estrangeiro - os conhecimentos científico e tecnológico necessários à industrialização na América Latina estavam incorporados nas máquinas e instalações importadas do estrangeiro.

Paralelamente a esta situação da economia, a imagem Cristã medieval do mundo foi imposta na educação. Universidades foram fundadas tardiamente na América Latina - e as exceções não mudam a regra geral da falta de educação científica e seu efeito subsequente na vida de nossas nações. É claro que a ausência de indústrias implicava a falta de necessidade de institutos de pesquisa científica e tecnológica. E talvez não seja exagero dizer que as universidades que foram fundadas cedo na América Latina, no século XVII, eram mais centros dedicados ao estudo da cultura de inspiração medieval desenvolvida na Espanha e em Portugal.

Nas últimas décadas tem sido feito um grande esforço para o desenvolvimento das universidades e institutos científicos em muitos países da América Latina. Em seguida ao processo de industrialização, foram fundadas ou foram apoiadas e desenvolvidas muitas universidades e institutos de pesquisa.

Contudo, apesar desta expansão do sistema universitário, da ciência e da cultura, o fato é que as indústrias cujos proprietários são latino-americanos, dependem basicamente de maquinaria e tecnologia importadas.

Estes industriais nunca se preocuparam com a pesquisa tecnológica necessária para a melhoria da qualidade e a invenção dos seus bens industriais. Associados a empresas estrangeiras das quais eles compram equipamentos e assistência técnica, as indústrias nacionais na América-Latina, quase nunca demandaram serviços técnicos aos institutos tecnológicos nacionais [16]. Desta forma, as universidades latino-americanas têm sido geralmente dissociadas dos estudos para projetos econômicos; cientistas e tecnólogos não são chamados para ajudar na tomada de decisões fundamentais para a formulação dos programas de desenvolvimento econômico destes países.

Nos países industriais avançados, por outro lado, as máquinas e instalações que são inventadas dependem de pesquisa tecnológica intensiva e esta por sua vez está baseada na pesquisa em ciência fundamental levada a cabo nos seus institutos e universidades. O íntimo entrosamento da ciência com a tecnologia e a in-

dustria é fundamental para o desenvolvimento das nações industrializadas avançadas. Como esse entrosamento até hoje não pôde realizar-se nos países cuja indústria é comandada do exterior e que recebe do exterior conhecimentos e técnicas, a peça fundamental para o desenvolvimento científico desses países é inexistente.

III. CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DEPENDENTE

Nos nossos países, na América Latina, nós, cientistas e engenheiros-pesquisadores, esperávamos ter condições de contribuir, um dia, para seu desenvolvimento; esta esperança foi seriamente abalada pelas decisões governamentais que foram tomadas nos últimos vinte anos, no sentido de buscar o desenvolvimento na implantação de filiais de empresas multinacionais. Estas companhias industriais, que têm seus próprios laboratórios de pesquisa no centro do sistema capitalista, produzem bens nos países onde elas se estabelecem, principalmente para a exportação, assim como para o consumo de uma pequena fração de nossas populações. Recomendando a adoção destas políticas, os tecnocratas utilizam o mito da transferência de tecnologia. A instalação de fábricas de empresas multinacionais claramente não implica nenhuma transferência de conhecimentos científicos ou técnicos; as máquinas importadas, são inventadas, projetadas e construídas em outros países, e os planos para a produção local de bens não podem ser mudados por engenheiros do país hospedeiro. Mesmo se deixarmos de lado a questão básica de saber se estes produtos industriais são realmente aqueles de que necessitam as nossas populações, é claro que o importante é a capacidade de inovação tecnológica e não o fato que trabalhadores devem aprender quais botões devem apertar para operar as máquinas. A capacidade de invenção tecnológica não é transferida pelas empresas multinacionais. A pesquisa, portanto, é feita no estrangeiro, e a tecnologia vem trancada em caixas pretas.

A integração da maior parte da América Latina no mercado econômico-cultural das nações capitalistas industriais, leva então inevitavelmente a uma agravação da dependência: a ciência e a cultura se tornaram produtos importados de luxo - às vezes produzidos localmente por e para uns poucos.

IV. ENDOGENIZAÇÃO DA CIENCIA EM QUAL SOCIEDADE?

É portanto claro que se queremos discutir planos para o desenvolvimento da ciência e da cultura em nossos países, se que remos sugerir estratêgias para o que agora é chamado endogeniza- ção das atividades nesses domínios, nós devemos antes caracteri- zar claramente as forças políticas, econômicas e sociais que fo- ram e são um obstáculo ao desenvolvimento independente, ao enri- quecimento da nossa herança cultural, à afirmação de nossas iden- tidades nacionais. Como poderíamos sugerir uma estratêgia para de- se nvolver uma cultura e uma ciência endôgenas, se os sistemas e- conômico e político profundos da sociedade em questão recusam es- ta endogenização, supõem que o que foi inventado no estrangeiro é necessariamente o que devemos imitar e comprar?

V. OS OBJETIVOS DA CIÊNCIA

À medida que acompanhamos a história maravilhosa da elaboração da nossa imagem científica do universo, somos tentados a dizer que a ciência é um sistema de conhecimento único e universal, politicamente neutro e situado acima das ideologias. As leis científicas são, é claro, válidas qualquer que seja o laboratório de qualquer país onde se façam as experiências para verificá-las. Mas a ciência não é apenas um catálogo de dados, nomes e proposições. A pesquisa científica é um processo dinâmico que inclui a interação da comunidade científica com seu ambiente, com forças políticas e sociais. As motivações para a pesquisa, seu planejamento e financiamento não são politicamente neutros. Pois a ciência, formando uma imagem interpretada do mundo, nos dá instrumentos para muda-lo.

Quantas indústrias surgiram da pesquisa fundamental pura, da mecânica e da termodinâmica, dos ramos da química, das equações de Maxwell, da teoria dos elétrons e da mecânica quântica? Não é todo o campo da energia nuclear um resultado da fórmula de equivalência entre massa e energia, entre outros ingredientes?

A ciência, temos dito - e gostamos de repeti-lo - trabalha para a humanidade, para o benefício do homem, para a liberação do homem do trabalho. A ciência e a tecnologia são na verdade tão poderosas a ponto de serem capazes de mandar homens ao espaço cósmico. Não estão elas contudo, impedidas de melhorar as condições de vida das massas pobres e exploradas na África, na Ásia, na América Latina?

Então não é a ciência uma parte do sistema político e social das nações industriais avançadas? Os resultados da pesquisa científica e tecnológica não são primariamente e prioritariamente aplicados para a promoção do modelo de sociedade desses países, para seus povos?

Existem, é claro, aqueles que não dão importância a estas questões, que as escamoteiam.

Existem aqueles que, confrontados com mudanças políticas nos países em desenvolvimento, que tendem a liberá-los da sujeição e da dependência, estão prontos a dizer que tipo de ciência deve ser desenvolvida. É sugerido que os países em desenvolvimento devem desenvolver apenas as assim chamadas tecnologias intermediárias, deixando os campos da ciência e da tecnologia avançada, a chamada grande ciência, a ciência difícil, para as nações industrializadas.

Esta sugestão é claramente inaceitável. É claro que um dado país com seus recursos próprios, não pode sempre desenvolver uma tecnologia escolhida arbitrariamente. Mesmo os países da Europa Ocidental tiveram que unir seus meios financeiros e o trabalho de seus físicos e técnicos para estabelecer um laboratório de física de altas energias - o CERN - de modo a produzir os caros equipamentos avançados necessários para aprofundar o estudo da estrutura mais íntima da matéria.

Esta idéia de juntar, de fundir recursos humanos e materiais entre nações de uma dada região do mundo, não é uma boa idéia, boa para ser imitada? Desta maneira, a capacidade de países em desenvolvimento não estaria sendo aumentada, multiplicada por um fator significativo, não ficariam abertos, a um grupo de tais nações, campos de pesquisa em ciência e tecnologia, que nenhum destes países poderia abordar isoladamente? É claro que técnicas desenvolvidas localmente, muitas das quais foram substituídas por tecnologias importadas e inadequadas, devem ser preservadas e estudadas.

Mas o princípio segundo o qual as nações em desenvolvimento não devem ter acesso a certos campos do conhecimento é inaceitável, seria uma tentativa de congelar a presente divisão do mundo em nações ricas e pobres, de perpetuar a divisão internacional do trabalho.

É claro que tecnologias apropriadas no sentido de que sejam adequadas financeiramente, economicamente e ecologicamente, e que sirvam aos ideais de melhorar as condições de vida da co-

munidade inteira, não os interesses de uma minoria privilegiada, devem ser recomendadas não somente aos países em desenvolvimento, mas também aos países ricos industrializados.

Veja-se o desperdício de energia, a queima indiscriminada de combustíveis fósseis nos países ricos. Veja-se a exportação indiscriminada de equipamentos sofisticados por estes países para as nações mais pobres, apenas para ter lucros, para pagar seus investimentos nos campos correspondentes. Veja-se a automação indiscriminada de indústrias e serviços onde há uma enorme disponibilidade de mão de obra ociosa. Veja-se a instalação de computadores em todos os lugares, com a agravação subsequente do problema do desemprego.

É como se a ciência e a tecnologia, sob o sistema capitalista, tivesse por objetivo liberar o homem do trabalho, condenando-o ao "chômage", a ser incapaz de encontrar trabalho, a não ter acesso aos requisitos básicos da vida.

Eu acredito, portanto, que não há significado em urgir a formulação de estratégias para o desenvolvimento científico e tecnológico em nossas nações, se não é analisada e formulada uma estratégia política correspondente para mudar a configuração econômica destes países.

Certamente não podemos ter êxito em realizar a endogenização da cultura, da ciência e da tecnologia se nós, cientistas dos países em desenvolvimento, não discutirmos as forças políticas e econômicas básicas que impediram - através de nossa história - o desenvolvimento de nossa capacidade de criação.

VI. CIENCIA PARA LIBERAÇÃO

Antes de concluir, permito-me fazer umas poucas observações adicionais. A primeira observação diz respeito à relação entre o trabalho individual de criação dos cientistas e o significado social e político da ciência e da tecnologia. É bastante claro que as motivações para o trabalho de pesquisa da parte de muitos cientistas não tem nenhuma conotação política ou econômica explícita. É aparentemente o desejo de compreender e de resolver problemas no seu campo especializado, ligado com a descrição, a correlação e, digamos, a explicação de acontecimentos e objetos, com a descoberta de novas leis da natureza e novas imagens do mundo, que incita muitos cientistas a fazer seu trabalho de pesquisa. Realizando este trabalho eles desenvolvem intuições especiais, um sentimento de beleza e elegância que somente cientistas profissionais conhecem e que provavelmente não são essencialmente diferentes dos sentimentos correspondentes desenvolvidos por artistas criativos, filósofos e escritores.

No entanto, é o conjunto completo dos resultados do trabalho dos cientistas individuais, que constitui a ciência. O conjunto das leis da ciência, de pontos de vista teóricos e de técnicas experimentais, constitui um corpo de conhecimentos sobre o mundo físico que tem uma forte interação com a tecnologia - uma transformação da ciência na arte de criar substâncias, de inventar máquinas e construir mecanismos, que são as ferramentas para a transformação do mundo de acordo com as necessidades dos homens, seus projetos políticos e sociais e suas necessidades econômicas.

Contribuem para a construção da ciência, não somente os grandes inovadores, mas também os cientistas que dão contribuições menores e que são também importantes na sua procura de por menores, consequências e aplicações de novas teorias fundamentais e novas descobertas experimentais.

Existem ainda aqueles - provavelmente a grande maioria - que fazem seu trabalho de pesquisa segundo programas e planos específicos, com o intuito de fazer descobertas de interesse para um dado domínio prático, tais como aqueles em campos específicos da física do estado sólido, da eletrônica, da energia nuclear, da física espacial e muitos outros.

O conjunto dos resultados vindos de toda esta variedade de trabalhos de pesquisa, constitui os vários domínios da ciência e não seria correto dizer que este conjunto não tem significado econômico-social, e mesmo político. Claramente seria incorreto dizer isso da física da energia nuclear, somente porque o trabalho fundamental de Einstein no assunto teve motivação puramente teórica.

A propósito disso, a ciência contemporânea alimenta todos os tipos de tecnologia que são responsáveis por mudanças nos aspectos social, econômico e político do nosso mundo: desde a tecnologia da produção de alimentos até a tecnologia da produção das armas mais terríveis e destruidoras. Os cientistas portanto estão naturalmente incitados a pensar sobre as consequências das suas pesquisas, mesmo se o seu trabalho pessoal envolve apenas ideias abstratas.

Os cientistas de países do Terceiro Mundo, em particular, são naturalmente levados a meditar sobre o papel que a ciência e a tecnologia podem ter na construção de suas sociedades. Eles vão ver que as descobertas feitas nos laboratórios de pesquisa e universidades dos países avançados serão úteis às grandes companhias desses países, que desenvolvem e utilizam estas descobertas e as transformam em bens manufaturados e tecnologias especiais. Estas companhias então, investem uma parte dos lucros no desenvolvimento desses laboratórios, e vendem o resultado de seu trabalho de pesquisa.

Num país em desenvolvimento, com a economia dominada por empresas multinacionais, o trabalho de pesquisa realizado em institutos de pesquisa e universidades nacionais, em geral não é a

plicado em benefício do país, pois essas empresas empregam seu próprio conhecimento científico e tecnológico, importado nas receitas e projetos oriundos das pesquisas realizadas na matriz.

Cientistas dos países em desenvolvimento podem então dificilmente escapar à conclusão que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia nos seus países pressupõe a busca de um sistema político cujo objetivo será o bem-estar de toda a população.

As questões seguintes são então apropriadas: qual ciência em qual cultura, para qual projeto de sociedade e em que mundo?

O objetivo da ciência e da tecnologia é liberar o homem ou estabelecer um mundo regido pela repressão dos muitos, pobres, pelos poucos, ricos?

Para mim, não pode haver outra resposta: a ciência deve liberar o homem; e com isso eu não quero dizer liberar somente os homens e mulheres das sociedades avançadas - devemos trabalhar para a liberação de todos os homens e mulheres em todos os lugares de modo que a ciência cumpra a sua vocação de universalidade e se torne um patrimônio de toda a humanidade.

NOTAS

1. Citado por C.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler. Gravitation. W.H. Freeman and Co. San Francisco, 1973 pag. 73.
2. Ver B. Russel. Human Knowledge, its scope and limits. George Allen and Uewin Letd., London, 1948, pag. 24.
3. A diferença entre a reputação de Aristarco e a de Copérnico e Galileu repousa, segundo Russel, no fato que na Grecia antiga, a astronomia era um divertimento dos ricos ociosos e não uma atividade integrada na vida da comunidade. Contudo, no século XVI a ciencia permitiu invenções importantes, a descoberta das Américas mostrou as limitações dos antigos conhecimentos de geografia, a ortodoxia católica começou a ser um obstáculo ao progresso material e a furia dos teólogos fez os cientistas aparecerem como heroicos campeões de um novo saber (ibid., pag. 25).
4. Albert Einstein, Scientist-philosopher, ed. por P.A. Scilpp. The Library of Living Philosophers, Inc., Evanston, 1949 pag. 19.
5. P.A.M. Dirac, "Development of the physicist's conception of Nature" in The Physicist Conception of Nature, ed. por I. Mehra D. Reidel Publishing Co., Dordrecht Holland, 1973, pag. 1.
6. Ver J. Leite Lopes, "The Evolution of the Notions of Space and Time", Scientia, (Milano) 107, 1972 pag. 411.
7. A. Einstein, Ideas and Opinions, Souvenir Press, London 1973.
8. I. Newton Opticks. Dover Publications, N. York 1952, pag. 400.
9. D.W. Sciama "The Universe as a Whole", in The Physicists Conception of Nature", op. cit.
10. F Hoyle, The Ten Faces of the Universe, W.H. Freeman and Co., San Francisco, 1977, pag. 78.
11. Ver J. Leite Lopes, "Science for Development" - A View from Latin America", Bull. Atomic Scientists, 22, 1966 pag. 7.
12. Ver, por exemplo, M. Roche, "Early History of Science in Spanish America", Science 194 1976 pag. 806; Ricardo Ferreira, "As origens da atividade científica no Brasil", Ciencia e Cultura 30, 1978 pag. 1301; M.S. Giambiagi e M. Giambiagi, "Alcune Re

flessione suggerite dal tema: piani di studio per il dottorato in chimica teorica", IX Congresso di Chimica Teorica di Espressione Latina, Stresa, Italia, Settembre 1978.

13. Eric J. Hobsbawn, Industry and Empire. Penguin, London, pag. 146, como referido por O. G. Velho, op. cit.
14. Ver J. Leite Lopes, "Science and Dependent Development", Interciencia 2, 1977, pag. 139.
15. O.G. Velho, Capitalismo Autoritário e Capesinato, Difel, São Paulo, 1976.
16. Cf. F.A. Biato, E.A. de Almeida Guimarães and M.H. Poppe Figueiredo, Potencial de Pesquisa Tecnológica no Brasil. Ministério do Planejamento, Inst. de Planejamento Econômico e Social, Brasília 1971; J. Leite Lopes, "Les Transferts de Technologie: l'exemple du Brésil" em Plurisciences, Enciclopédia Universalis, Paris, 1978, pag. 221.