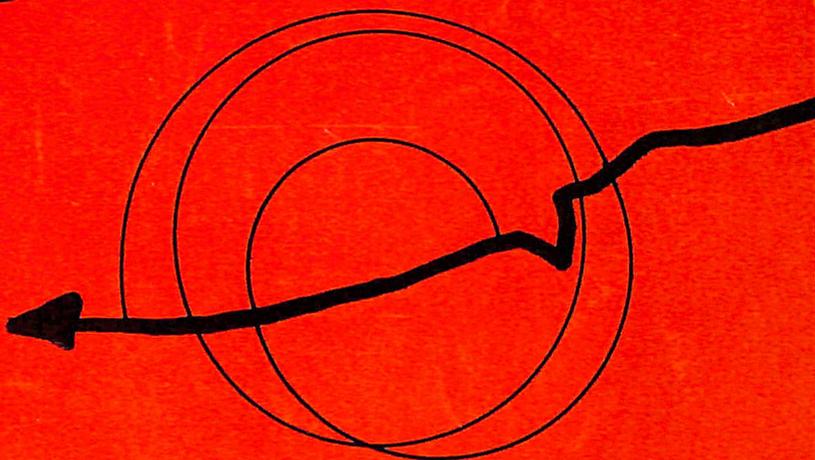
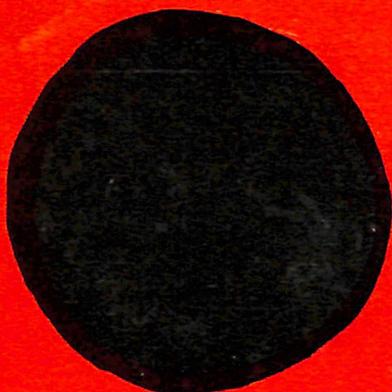


DIA 9-10 MATRICOLA

EVENTO

CEFISMA n°4



A

Mario Schenberg

J. Leite Lopes

Jaime Tiomno

nossas homenagens

Apresentação

O Homem vive, nas trevas do desconhecido, a sua maior aventura — a aventura chamada Ciência. Para sobreviver às intempéries da Natureza, para dar vazão à sua sede cultural, o homem aceitou o desafio do grande Cosmos. Séculos e séculos se passaram e embora a meta almejada não tenha sido alcançada, ninguém pode negar o inequívoco brilhantismo dos resultados científicos. Assim ingressamos na era cognominada de Científica. Nesse horizonte aparentemente promissor, ergue-se um espectro aterrador. É a ruptura iminente entre a Ciência e a Sociedade. O homem da Ciência muitas vezes perde-se no imenso jângal de fenômenos, como bem disse um prêmio Nobel de Física, caindo num tecnicismo pernicioso. A falta de visão mais global, mais ampla, torna o cientista um animal selvagem ilhado do seu mundo. A sociedade constituída de não cientistas não perdoa essa não participação, atribuindo à ciência todos os males da Humanidade. Essa incompreensão que poderá ser fatal tem as suas origens em 2 fontes: a falta de cosmovisão consciente do cientista e do técnico — e um novo tipo de analfabetismo, muito em voga na maioria da população: o analfabetismo científico. Urge restabelecer os valores humanos no mundo da Ciência e por outro lado acabar com o ominoso analfabetismo. Já é tempo dos homens reencontrarem o seu verdadeiro caminho.

O Evento, sai agora, com uma nova roupagem e com uma nova mentalidade de uma nova equipe. Tentar minorar, ainda que com uma parcela infinitesimal, o imenso valor descrito acima. Contribuir para implantar um

ambiente verdadeiramente científico nas Universidades; ambiente onde os valores humanos não sejam esquecidos e ao mesmo tempo tornar os resultados das pesquisas acessíveis a qualquer um. Esta é a nossa tarefa. Pretensão demasiada, dirão. Não discordamos. Mas, acreditamos por outro lado, que só tendo uma grande pretensão é que conseguiremos fazer alguma coisa, por mais pequena que seja. Nessa nossa luta inglória, pedimos compreensão e auxílio dos nossos amigos leitores.

Na sua nova fase, o Evento terá 4 sessões permanentes intituladas: Ciências, Educação, Sessão Aberta e Artes, e um assunto de capa. Cada número estará dedicado a um determinado tema que será então o assunto de capa e cobrirá mais ou menos a metade da revista. Na sessão "Ciências", os mais variados tópicos relativos a assuntos científicos serão abordados. A educação é um assunto importante demais por ser olvidado. Daí uma sessão inteira para a mesma. Os jovens cientistas poderão dar asas à sua imaginação na "Sessão Aberta": É uma sessão inteiramente livre, aberta à disposição dos leitores. Ninguém pode e deve ficar fechado num mundo hermético e tacanho. O homem para encontrar a sua plenitude deve ser livre e tem amplos horizontes. E que melhor do que a arte para alcançar êsses objetivos? Esta é a justificativa de sessão "Artes". Por último, as críticas e sugestões dos nossos leitores, serão recebidas com todo carinho.

Nossa Capa

Antes do homem, na terra havia o irracional ou o pré-racional; com seu aparecimento surgiram, no espaço, formas racionais mais idealizadas, abstraídas da natureza, tais como retas, circunferências, etc. Essa tendência racional culminou com Descartes: "cogito ergo sum". Daí em diante surgiram movimentos de tendência de volta ao conhecimento irracional e anti científico das coisas, como, por exemplo, os movimentos romântico, expressionista, dadaísta, surrealista, hippy, beatnik, etc.

Hoje estamos em uma situação em que a razão continua a ganhar e a perder terreno para o irracional; daí a capa.

M. Robilota

Índice

Apresentação	3
Nossa Capa	4
Introdução	7
Física e Astrofísica	8
Uma Breve Introdução à Astrofísica	11
Astrofísica na U. S. P.	17
Astronomia e Astrofísica no I. T. A.	19
Radioastronomia e Astrofísica na Universidade Mackenzie	24
Astrofísica no Brasil	26
Pequenas Notas Sobre Astronomia e Astrofísica	28
Pesquisa e Metodologia	32
Análise Matemática	40
Especificação Operacional de Objetivos	44
Simpósio Nacional de Física	47
Nota do Redator	50
Introdução aos Spinores	51
Teatro: Uma Entrevista com Ziembski	60
Poesias	63

E V E N T O

Coordenação Geral

Supervisão

Assessoria Administrativa

Assessoria Científica

Assessoria Cultural

Assessoria Consultiva

Assessoria Técnica

Corpo de Trabalho:

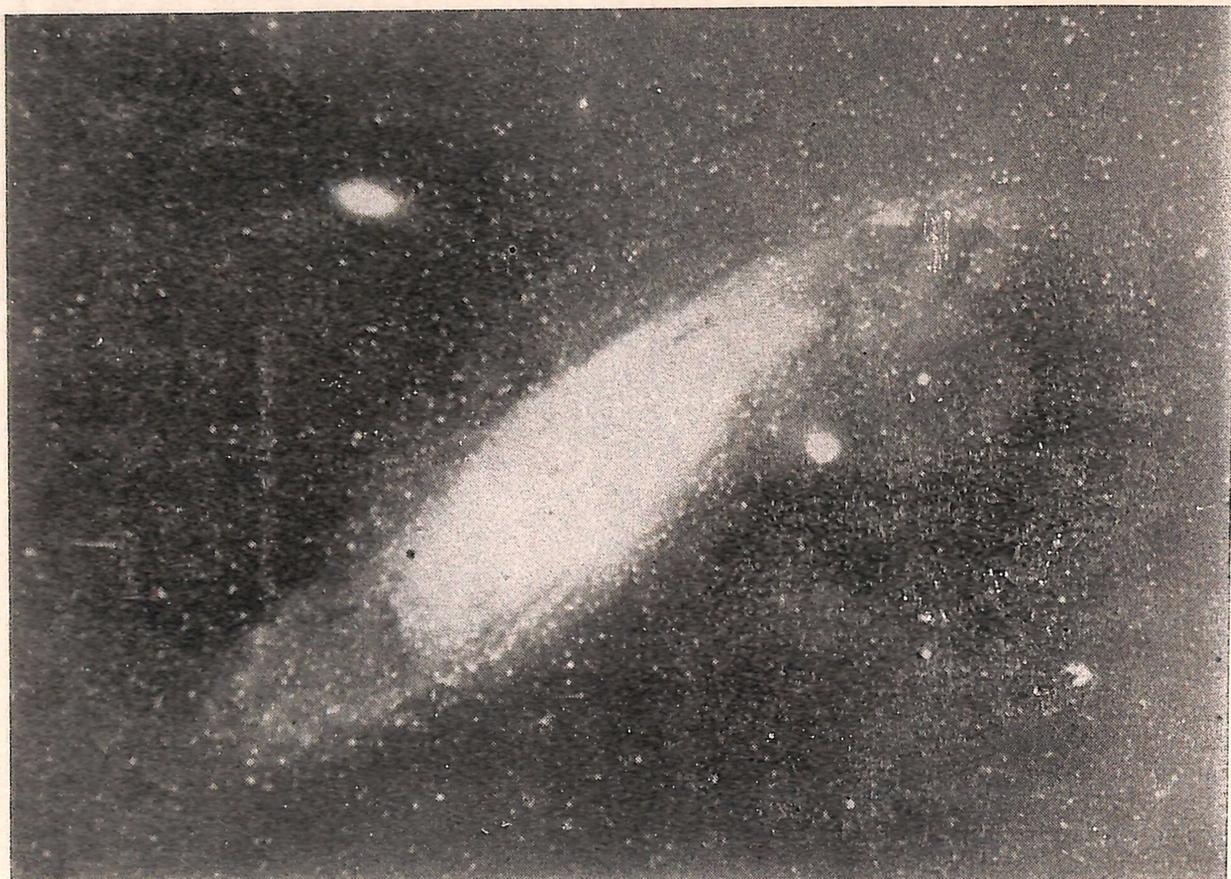
- S. Motoyama
- K. Watanabe
- C. Salgado Nunes
- S. Isotani
- F. Di Giorgi
- S. E. Engelberg
- Y. Yamamoto
- G. Gouvêa
- H. Iono
- M. C. A. Santos
- M. D. Ferrareto
- M. Filomena Nave
- P. de Almeida
- S. Amadeu
- V. L. Carrara
- Y. Doi

Consultores:

- A. Turtelli Jr.
- E. Shibuya
- H. Miyake
- H. Tejima
- I. Fittipaldi
- J. A. M. Machado
- J. Bellandi Filho
- J. Zanetic
- L. C. de Almeida
- M. Abud Filho
- M. Robilota

Colaboradores:

- B. Carneiro
- C. Torsani
- Francisco (da gráfica)
- Geraldo
- J. A. Alvarez
- J. José de Oliveira
- N. Fiani
- N. Ribeiro Pinto
- P. A. Medeiros Pinto
- S. Bruni
- V. D. dos Santos



Introdução

Talvez um dia, os homens vão se interessar mais pelo desconhecido, não se sintam mais atormentados pelo mistério. Isto é possível, mas quando o homem perder a sua curiosidade, sente-se que ele terá perdido a maioria de outras coisas que o tornam humano.

ARTHUR CLARK

O que é mais misterioso, mais desconhecido que o Universo? Nada, provavelmente. O fascínio de milhões e milhões de astros, tem aguçado a curiosidade dos homens, séculos e séculos e continuará exercendo a sua mágica atração através dos ínvios caminhos do futuro. A Astrofísica vem contribuindo ativamente para desbravar as rotas nunca dantes navegadas das estrêlas. O progresso tecnológico espacial dos últimos anos abre risonhas perspectivas para esta Ciência e no mundo inteiro, nos Institutos de Física, a febre da sua pesquisa é alta. Por outro lado, sabem os senhores do poder, o manacial tecnológico contido nestas pesquisas puras e em qualquer pesquisa pura. Não foi violado ainda o postulado fundamental de ser a ciência pura a fonte mais fecunda do progresso saudável da tecnologia e da indústria. Como consequência dessas 2 coisas, o florescimento ímpar da Astrofísica, nas terras da Europa e dos Estados Unidos. Não se pode dizer o mesmo, infelizmente, para o nosso país. A Astrofísica ensaia os seus primeiros passos, ainda vacilantes, para alcançar a maioridade. Evidentemente, da sua implantação ou não, em parte, depende a nossa cultura de amanhã.

Levando em conta essas considerações, este assunto é o nosso assunto de capa. É nosso intuito mostrar o que é Astrofísica de um lado e do outro, fazer um levantamento de dados referentes às atividades realizadas no nosso país.

Física e Astrofísica

MARIO SCHENBERG

No século XX, as relações entre a Física e a Astronomia se intensificaram extraordinariamente. A chamada Astrofísica tornou-se assim a parte mais fascinante da ciência astronômica. Isso se deve em grande parte à introdução de novos métodos físicos de observação como os da rádio-astronomia, dos raios infravermelhos e ultra-violetas e dos raios X; os métodos eletrônicos de ampliação dos efeitos das radiações recebidas; o aperfeiçoamento das técnicas fotográficas e dos telescópios ópticos. Um horizonte novo vai se abrindo com a possibilidade de observações feitas fora da atmosfera com foguetes e astronaves e, num futuro não muito remoto, com observatórios em plataformas espaciais e na Lua. As tentativas de observação de ondas gravitacionais parecem começar a dar resultados positivos e surpreendentes.

Por outro lado o desenvolvimento da Física Nuclear esclareceu alguns dos mecanismos fundamentais de produção da energia estelar e da evolução das estrelas e galáxias. A aplicação da estatística de Fermi e da relatividade permitiu compreender melhor as propriedades dos gases submetidos às pressões elevadíssimas e construir modelo estelares mais adequados. A emissão de nêutrons em algumas reações deu um mecanismo de instabilidade útil para a análise da evolução das estrelas e sistemas estelares.

A teoria de relatividade geral, levou ao desenvolvimento do modelo de universo em expansão e estimulou tentativas cosmológicas admitindo a criação de matéria. Essas teorias cosmológicas passaram a adquirir importância considerável após a descoberta do efeito Hubble que pode ser explicado pela existência de

uma recessão das nebulosas, eventualmente produzida por uma expansão do universo.

A teoria do plasma revelou-se de importância considerável para numerosas questões astronômicas, assim como a magneto-hidrodinâmica. Os métodos de Física estatística têm sido aplicados para o estudo dos sistemas estelares. A teoria da turbulência também levou a resultados interessantes em problemas astronômicos.

Em resumo, a Astrofísica atual utiliza quase todos os ramos da Física Clássica e da Física Quântica, tanto na forma não relativista como na relativista. Ela tem estimulado poderosamente o estudo de muitas questões da Física e, presumivelmente, o fará cada vez mais. Cresce continuamente o número de físicos que se interessam pelos problemas astronômicos, atraídos pela sua variedade e abundância.

2. É interessante recordar que a Astronomia tem contribuído muito para o desenvolvimento da Física desde a Renascença. Todo o desenvolvimento da Mecânica clássica nos séculos XVI e XVIII esteve relacionado com o estudo do movimento planetário, assim como a descoberta fundamental da gravitação universal e da lei de Newton. Aliás a teoria da gravitação continuou sempre essencialmente ligada aos problemas astronômicos, até na Relatividade geral, cujas verificações experimentais foram inicialmente obtidas no domínio astronômico.

A teoria do potencial newtoniano, requerida pela Astronomia, foi um dos fundamentos de toda a Física Matemática: levou à descoberta das equações às derivadas parciais de Laplace e Poisson, aos teoremas de Gauss e Green sobre a transformação de integrais múltiplas

e às funções esféricas e cilíndricas (Bessel), além de outras também importantes. Essas técnicas matemáticas foram depois de importância fundamental para o desenvolvimento da teoria do calor, da teoria eletromagnética, e da mecânica dos meios contínuos.

Os problemas matemáticos relacionados com a determinação das órbitas planetárias deram um grande estímulo para o desenvolvimento da teoria das equações diferenciais ordinárias desde o século XVII até hoje. Levaram também ao uso de séries assintóticas e ao desenvolvimento da teoria das séries divergentes.

A astronomia permite tirar partido de distâncias enormes e de intervalos de tempos imensos, assim como da ação de grandes massas. Nos astros encontramos também temperaturas, pressões e densidades elevadíssimas. Isso nos revelou o comportamento da matéria em condições que historicamente não poderiam ser estudadas nos laboratórios terrestres. Um dos instrumentos mais úteis fornecidos pelo espaço são os raios cósmicos, que levaram à descoberta de numerosas partículas elementares (o pósitron, os muons, os pions, os Kaons, etc.).

Foi a astronomia que nos revelou uma nova fonte de energia, depois de identificada como a energia nuclear. Durante o século XIX verificou-se que nenhuma das formas de energia então conhecidos poderia explicar a produção do calor solar durante bilhões de anos, sem variação considerável. Isso indicou a existência de um novo tipo de energia.

Medidas astronômicas provaram pela primeira vez que a velocidade da propagação da luz era finita e forneceram os seus primeiros valores aproximados. A descoberta da velocidade elevadíssima da luz por Roemer causou na época um grande impacto. Foi um dos motivos que levaram Huyghens a preferir a concepção ondulatória dos fenômenos luminosos. No século XX, observações astronômicas mostraram que a luz tinha pêso (desvio dos raios luminosos por um campo gravitacional) e que a frequência da luz emitida por um átomo diminuía quando êsse sofria a ação de um campo gravitacional forte. Kepler já fôra levado a admitir a existênci de pressão da radiação pela observação das caudas dos cometas.

As relações da Astronomia com a Óptica são particularmente estreitas, já que as observações astronômicas se baseiam sôbre a captação de radiações emitidas. As necessidades astronômicas sempre estimularam o desenvolvimento das técnicas de detecção das radiações e em particular a construção de instrumentos

ópticos. Depois da segunda guerra Mundial, as ondas eletromagnéticas hertzianas deram um extraordinário impulso à Astronomia. Tiveram assim largo emprêgo as técnicas de radar desenvolvidas durante essa guerra.

Uma das possibilidades mais fascinantes da Astronomia para a Física Fundamental no momento atual se relaciona com a eventual variação com o tempo da constante gravitacional, sugerida por certa formas modificadas da teoria einsteiniana da gravitação, em que o campo seria descrito por um tensor simétrico de segunda ordem e por um escalar.

A Astronomia poderá também revelar uma eventual criação contínua de matéria, sugerida por Bondi e outros cosmologistas. A possibilidade de criação contínua de matéria já resultaria do modelo cosmológico de Sitter, com uma interpretação conveniente.

Há poucos anos foram descobertos os quasares, cujas propriedades surpreendentes ainda não são bem compreendidas, mas que poderiam dar alguma coisa de fundamentalmente novo em Física.

Outro problema de grande interêsse consiste na eventual existência dos "buracos negros", enormes massas concentradas em regiões muito pequenas, que não poderiam emitir radiações eletromagnéticas, porque elas ficariam aprisionadas pela forte curvatura do espaço-tempo determinada pela tremenda concentração da massa. Êsses "buracos negros" poderiam porém ser detectados pela ação do seu campo gravitacional sôbre corpos visíveis. Êles seriam talvez a fase final da contração das estrêlas.

As pesquisas astrofísicas constituem agora um dos campos mais fecundos de investigação para os físicos teóricos. Em tôdos os centros importantes de Física do mundo cresce rapidamente o número de teóricos dedicados aos problemas astrofísicos, muitos vindos de campos da Física sem qualquer relação com a Astronomia, como a Física das partículas elementares. Até teóricos do estado sólido passam a se interessar por problemas de estrutura estelar: a camada externa das estrêlas pulsares parece ter uma estrutura de tipo cristalino "sui generis", enquanto camadas intermediárias apresentariam propriedades de superfluidéz e as mais profundas estariam num estado mal compreendido.

Além das pesquisas astronômicas de tipo mais "tradicional", tratando de "astros", adquiriram grande interêsse as pesquisas chamadas "espaciais", tratando de matéria distribuída no espaço sob várias formas: corpúsculos, poeiras, radiações, etc... Essas pesquisas são de



grande interêsse para a astronáutica e as telecomunicações, além de apresentarem também problemas científicos puros da maior atenção.

Numa época em que a espécie humana se volta fascinada para o espaço, no limiar de uma nova fase da sua História de perspectivas imprevisíveis, os estudos astrofísicos e de Física espacial não podem ser subestimados, como vinha acontecendo nas Universidades e centros de pesquisas físicas do Brasil. Este desintêresse não se justifica do ponto de vista cultural geral. Ele seria altamente prejudicial para o desenvolvimento futuro das telecomunicações, cada vez mais associado aos satélites artificiais.

A criação de um núcleo de pesquisas teóricas sôbre Astrofísica no Instituto de Física da USP é uma iniciativa de extraordinária significação, cuja importância se tornará cada vez maior nos anos vindouros. Marca uma abertura comparável com a do início das pesquisas nucleares e das pesquisas sôbre o estado sólido. Merece todo o apoio do corpo docente, e sobretudo dos estudantes que devem, como jovens, ter os olhos mais voltados para o futuro. É altamente encorajador que o novo grupo já tenha podido, em pouco tempo, dar contribuições de nível internacional para problemas de maior atualidade científica, ainda antes da instalação do Instituto de Física.

Em tôdas as questões fundamentais não devemos nunca esquecer que os problemas científicos do Brasil devem ser focalizados com perspectivas de longo alcance, que levem em conta a nossa responsabilidade com o futuro. Estamos lidando, é certo, com questões prementes, do momento, mas sobretudo estamos lançando os alicerces da estrutura científica para um dos países que liderarão a cultura mundial dentro de algumas décadas. Não pode haver lacunas básicas, tôdas as ciências fundamentais devem ser desenvolvidas desde já. A Astrofísica e a Biofísica são duas delas que reclamam providências imediatas.

Uma Breve Introdução à Astrofísica

JUN'ICHI OSADA

Observando o céu numa noite sem nuvens, temos a impressão de que aí brilham quase infinitas estrelas. Contudo, o número de visíveis a olho nu é assim tão elevado. Em toda a abóbada celeste, incluindo o hemisfério norte, são observadas cerca de 6 mil. Com o uso do telescópio, entretanto, este número aumenta consideravelmente, isto é, contando apenas as tabeladas em catálogos, hoje existem 500 mil. As estrelas que estão perto do sistema solar formam um grupo chamado galáxia e imaginamos que o número total de estrelas nesse grupo seja quase 100 bilhões. Um grupo deste tipo, de longe é observado como sendo uma nebulosa e por sua vez esses grupos devem existir cerca de 100 bilhões em todo o universo. Assim podemos considerar que o número de estrelas no universo é de quase 10 sextilhões.

Embora existam tão elevado número de estrelas, os conhecimentos que podemos obter pela observação direta são poucos e se resumem quase nos seguintes dados: (1) distância, (2) luminosidade, (3) cor e (4) massa. A distância, do item (1), para estrelas rela-

tivamente próximas, é medida com boa precisão pelo método trigonométrico usando como base um diâmetro da elipse de translação da terra. Porém, quando a distância ultrapassa 600 anos-luz, a medição com este método já se torna difícil pois o paralaxe é aí da ordem de 0,01 segundo. Atualmente as distâncias de quase 10 mil estrelas foram medidas por este método. Para as estrelas mais afastadas, utilizamos as estrelas variáveis. Existe na constelação de Lyra, uma estrela chamada RR cuja luminosidade pulsa com período de 0,567 dia. Ela está relativamente perto de nós e sabemos os seus vários dados, por exemplo que a sua luminosidade absoluta é cerca de 100 vezes a do sol. Além desta, conhecemos várias com período inferior a um dia, mas suas luminosidades são sempre 100 vezes maiores que a do sol. Portanto, se quisermos calcular a distância até as estrelas que formam um grupo, como um aglomerado globular, basta procurar estrela do tipo RR da Lyra, entre elas e medir a sua luminosidade aparente.

Há outros tipos de estrelas variáveis com período maior que um dia. Por exemplo, a Cefeo Delta possui o período de 5,366 dias. A luminosidade destas estrelas variáveis é bem maior que 100 vezes a do sol, mas felizmente conhecemos também neste caso a relação entre a luminosidade absoluta e o período, e portanto podemos utilizá-las também para a medição da distância. Por exemplo, observou-se este tipo de estrelas variáveis na nebulosa de Andrômeda e determinou-se a sua distância, 1,5 milhões de anos-luz. A distância das nebulosas mais longe ainda é decidida utilizando o fato de que qualquer nebulosa possui luminosidade total quase igual.



A luminosidade, do item (2) é determinada por meio de fotografias, tiradas com câmara adaptada ao telescópio ou por intermédio de válvula fotoelétrica conectada a êle. Êste método é relativamente fácil. A côr, do terceiro item, é conhecida aproximadamente pela comparação de várias fotografias tiradas com filtros ópticos de várias côres. No entanto, é muito difícil conhecer a curva espectral contínua de alta precisão. A determinação da massa, do quarto item, é possível somente em caso de estrêlas especiais tais como as binárias. Estas sendo duas que giram uma em tórno da outra, podemos saber as massas a partir de seu período e raio de translação.

Numa primeira impressão, êstes dados crús parecem destituídos de grandes significados. Entretanto, se os combinarmos com as várias leis da física, podemos conhecer muito sôbre estrêlas. Por exemplo, pela lei de Planck, sabemos a relação entre a temperatura de um corpo negro e a curva do espectro contínua de radiação. Logo, se conhecermos algo sôbre a côr de uma estrêla, podemos deduzir aproximadamente a temperatura da superfície. Também, pela lei de Stephan-Boltzmann, sabemos que a energia total irradiada pelo corpo negro é proporcional à quarta potência de sua temperatura e à área de sua superfície. Logo, combinando a temperatura obtida pela côr e a luminosidade absoluta obtida pela luminosidade aparente e distância, podemos saber o raio de uma estrêla. Ainda, se fôr possível medirmos os comprimentos da onda de linhas espectrais estelares, podemos conhecer até a velocidade das estrêlas na direção de observação ao combinar com a lei do efeito Doppler.

Colecionar conhecimentos sôbre estrêlas constitui o trabalho da astronomia e vem sendo feito continuamente desde há muito tempo. Por exemplo, já em 1838, Bessel obteve a primeira distância de uma estrêla medindo o paralaxe de Cisne 61. Então, no início dêste século uma enorme quantidade de dados já havia sido acumulado. Foi nessa época que Hertzsprung fez uma grande descoberta, a qual, como veremos logo abaixo, é considerado o ponto de partida da astrofísica. Em 1906, êle calculou os logaritmos da temperatura superficial e da luminosidade das estrêlas que ficam perto do sistema solar. Desenhou o gráfico e para sua surpresa todos os pontos caíam sôbre a linha que ia da esquerda — acima à direita — abaixo dêste gráfico. Êste tipo de trabalho foi desenvolvido intensamente em 1913 por Russel e hoje essas figuras são chamadas diagramas de Hertzsprung-Russel ou simplesmente diagramas HR.

As estrêlas cujos pontos caem sôbre a linha mencionada acima como as situadas perto do sistema solar são chamadas estrêlas de sequência principal. Porém, estas não são as únicas formas do diagrama HR. Quando colocarmos os pontos correspondentes às estrêlas de um aglomerado globular no gráfico citado, a curva obtida assemelha-se à letra grega tau. Então, podemos considerar que existe uma certa regularidade na relação entre temperatura e luminosidade estelar, a qual mostra a característica do grupo.

De qualquer modo, a descoberta da lei empírica levou as estrêlas, às quais até essa época lhes era atribuída apenas característica individual como os insetos na entomologia, a serem objeto de uma ciência precisa. Então, muitos cientistas, principalmente físicos, começaram a tentar explicar estas regularidades, aplicando vários princípios físicos. Surgiu desta maneira a astrofísica. Agora estamos considerando que a astrofísica é um campo da física teórica. Se existisse uma ciência denominada "astrociência", poderíamos classificar a astronomia de astrociência experimental e a astrofísica de astrociência teórica, embora naturalmente a classificação depende do país e das universidades. Neste sentido, de um modo geral, não tem muito significado falar-se em astrofísica experimental. Em todo caso, a astrofísica acha-se mais perto da física que astronomia.

A primeira explicação com êxito da sequência principal do diagrama HR foi dada por Eddington et al. Segundo êles, o universo era constituído no começo de uma enorme quantidade de matéria interestelar negra e diluída, em que "negra" significa a baixíssima temperatura, digamos -200 graus centígrados. Se por alguma espécie de flutuação, a densidade da matéria interestelar deixar de ser homogênea, esta parte de nuvem começa a se condensar pela atração gravitacional, formando um ajuntamento de nuvens. A medida que a condensação prossegue, a energia potencial da gravitação universal é transferida para energia cinética das partículas constituintes. Isto é, aumentou-se a temperatura da matéria. Quando a nuvem negra chega a êste estágio, ela começa a emitir radiação. Contudo, uma parte da radiação emitida pela parte central da nuvem pode ser absorvida pela parte periférica. Como a radiação possui um momento cinemático, a absorção da radiação provoca nessa parte uma força dirigida para fora. Se a condensação prosseguir e a temperatura aumentar mais ainda, a radiação torna-se mais intensa e essa

fôrça também sofre um acréscimo. Então, em algum estágio da condensação, a atração gravitacional e esta pressão de radiação se contrabalançam e a nuvem deixa de se contrair. Eles consideraram que esta seria uma estrela da sequência principal. Quando a massa original da nuvem é bastante pesada, a atração gravitacional é forte, e assim, as forças se contrabalançam somente à alta temperatura. Então o ponto correspondente a este tipo de estrela cai na parte à esquerda-acima no diagrama HR. Por outro lado, como a atração gravitacional de uma estrela leve é fraca, as forças se contrabalançam à temperatura relativamente baixa e os pontos representativos dessas estrelas caem à direita-abaxo do diagrama.

Apesar de seu brilhante sucesso, foi logo visto que esta teoria continha um defeito essencial. A parte central da estrela que continuamente emite luz perde energia e se esfria. Quebra-se, então, o equilíbrio entre a gravitação e a pressão de radiação e a estrela começa a se contrair novamente. Isto é, o ponto no diagrama começa a se mover para à esquerda-abaxo. Calculando o tempo de esfriamento, encontrou-se que até mesmo uma estrela com tamanho do sol completamente queimada dentro de quase um milhão de anos. Ora, sabemos geologicamente que a idade da terra é maior que um bilhão de anos. Eis aí uma grande inconsistência.

A possibilidade de remover esta dificuldade introduzindo a reação termo-nuclear foi primeiramente sugerida por Atkinson e Houtermans em 1928. Quando dois prótons se aproximam suficientemente um de outro, uma atração muito forte chamada fôrça nuclear começa a operar e, um dos prótons emitindo um elétron e transformando-se em um neutrão, eles se fundem resultando um deuteron. Neste caso, é imitada uma energia de cerca de 2,4 Mev. Sendo esta energia 100 mil vezes maior que a energia numa reação química comum, podemos dizer que esta reação constitui uma enorme fonte de energia. A reação nuclear acima é chamada reação de fusão nuclear, e, como é do conhecimento de todos, está sendo estudada intensamente agora esperando o seu uso prático. Entretanto, para se realizar esta reação no laboratório, é necessário para vencer a repulsão coulombiana acelerar um dos prótons com alguma máquina e bombardear o outro com o primeiro que está com altíssima energia, pois do contrário não poderiam aproximar-se o suficiente para que uma forte atração nuclear se opere. Naturalmente, podemos realizar essa reação sem acelerar os prótons com máquinas, se for possível aquecer o gás de próton até a uma temperatura bastante alta, por-

que assim também os prótons atingem uma energia cinética suficientemente alta. Atkinson e Houtermans calcularam a probabilidade desta reação de fusão num gás de próton à temperatura de cerca de 10 milhões graus Kelvin e mostraram que, embora não seja muito frequente, esta certamente aí ocorre. Mais tarde, em 1938-9, Bethe e Weizsäcker desenvolveram esta teoria com maiores detalhes e mostraram o seguinte fato interessante. Se for misturada ao gás de próton uma pequena quantidade de carbono e nitrogênio, estes comportam-se como catalizadores e quatro prótons se reagem facilmente à alta temperatura formando um hélio. Presentemente, esta teoria está aperfeiçoada e sabemos que também o oxigênio desempenha o papel de catalizador e esta reação é chamada agora reação cíclica CNO ou reação "snow-cycle."

Em todo caso, com a descoberta de uma nova fonte de energia nas estrelas, a sua vida média foi prolongada, pois devido a esta energia nuclear a temperatura da parte central da matéria estelar é mantida bastante alta por longo tempo. Segundo o cálculo por eles feito, a vida média de uma estrela com o tamanho do sol é cerca de 10 bilhões de anos. As estrelas muito pesadas possuem naturalmente temperatura muito alta e a velocidade das reações nucleares é também alta, de modo que a vida média é mais curta que as estrelas semelhantes ao nosso sol. Por exemplo, a massa da estrela Sírio é quase o dobro da do sol e emite uma radiação quase 40 vezes maior. Na discussão acima, assumimos implicitamente que a matéria estelar consiste principalmente de hidrogênio, mas isto é verdade, como podemos ver facilmente pela análise espectroscópica da luz estelar, ao menos para estrelas pertencentes ao aglomerado globular, embora nas estrelas perto do sol estejam incluídas quantidades não desprezíveis de elementos mais pesados.

Depois de Bethe e Weizsäcker, muitos cálculos sobre a evolução das estrelas foram feitas, mas em quase todos foi suposto por simplicidade que a estrela fôsse de composição química homogênea. Isto é, o hélio é criado na parte central onde a temperatura é suficientemente alta, mas é rapidamente espalhado por toda a estrela por um violento movimento hidrodinâmico de gás estelar. Calculando a evolução estelar com este modelo, encontramos que com o envelher das estrelas o seu ponto correspondente no diagrama HR se move para a esquerda-acima quase ao longo da linha de sequência principal. Então, embora este tipo de teoria seja útil para explicar o diagrama do tipo sequência principal, não é muito pode-

rosa para explicar o diagrama do aglomerado globular. Particularmente, não podemos explicar a existência das gigantes vermelhas.

As estrelas representadas no alto à direita do diagrama HR chama-se gigantes vermelhas, devido a seu tamanho grande e temperatura muito baixa. Um bom exemplo é Betelgeuse observada à direita das Três-Marias de Orion; seu raio é quase mil vezes o raio solar e a temperatura é cêrva de 3.500 graus Kelvin. Na época de Eddington, pensava-se que a gigante vermelha era o estágio inicial de uma estrela, isto é, quando uma nuvem negra esférica de matéria interestelar começava a se condensar, emitia uma luz vermelha e, aumentando gradativamente a temperatura, ia transformando-se em estrela na sequência principal. Ora, já vimos que a vida média dêste estágio não é muito longa, e por conseguinte são logo transformadas em estrelas da sequência principal não sendo possível, portanto, observar muitas gigantes vermelhas, o que contradiz a realidade. Êste problema não havia sido resolvido até a década de 1950.

Nesta época, Schwarzschild que examinava a velocidade de propagação de hélio no gás estelar, descobriu, completamente fora das expectativas usuais, um fato interessante, isto é, esta propagação é muito lenta e o hélio criado permanece na região interna formando um caroço central e então cessa a reação termo-nuclear. A carga elétrica do hélio é o dôbro da carga do próton e a repulsão coulombiana é maior que no caso do hidrogênio. Então mesmo à temperatura em que a fusão de hidrogênio ocorre facilmente, os átomos de hélio são repelidos antes de alcançarem a zona de reação nuclear. Assim não há reação no núcleo por algum tempo. Mas não havendo emissão de radiação, o núcleo se contrai, a temperatura da parte central se eleva e até o hélio logo começa a queimar. Assim, neste modelo, o estudo da evolução estelar é mais complicado, porém Schwarzschild estudou-o profundamente a ajuda do computador eletrônico e descobriu que com a forma e queima de hélio, a temperatura da superfície estelar diminui e a luminosidade mantém-se quase a mesma (para estrelas pesadas) ou aumenta um pouco (para estrelas leves). Isto significa que os pontos na sequência principal no diagrama HR movem-se para a direita no iniciar a formação do caroço de hélio. Obviamente esta reação é rápida para estrelas à alta temperatura, isto é, os pontos da esquerda-acima do diagrama movem-se mais rapidamente para a direita que aqueles da direita-abaxo. Portanto, depois de muitos milhões de anos, os pontos que estavam

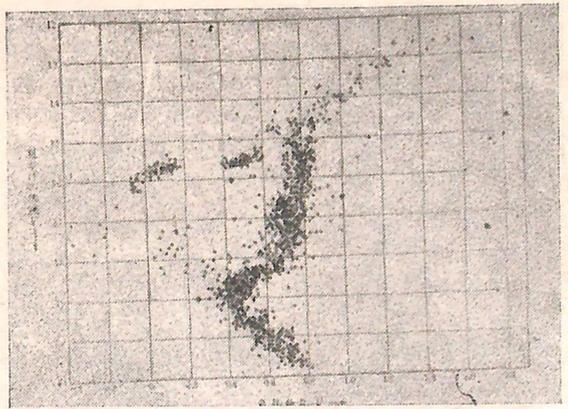


DIAGRAMA DE HERTZPRUNG-RUSSEL

alinhados originalmente numa linha da sequência principal estarão alinhados numa curva para um aglomerado globular. Então, Schwarzschild conseguiu explicar uma parte do diagrama tipo Tau.

Com êstes cálculos, ficamos sabendo agora que os pontos da esquerda-abaxo que representam estrelas leves sobem gradativamente ao longo da curva mencionada acima até alcançarem a parte da direita-acima que é a região das gigantes vermelhas. Embora haja muitas tentativas, infelizmente não existe ainda nenhuma teoria definida acêrca da evolução depois de gigantes vermelhas. Imagina-se que neste estágio a temperatura se eleve devido à contração gravitacional da parte central e os elementos mais pesados como carbono, magnésio, etc. comecem a queimar e então os pontos do diagrama citado movem-se para a esquerda. É possível considerar isto também pelos resultados de um cálculo aproximado e pela existência da linha da parte superior do Tau no diagrama. Não podemos pensar, entretanto, que esta transformação seja simples, pois tôdas as estrelas variáveis do tipo RR da Lyra estão nessa parte do diagrama. Talvez, com pulsações complicadas, a estrela vá aumentando sua temperatura.

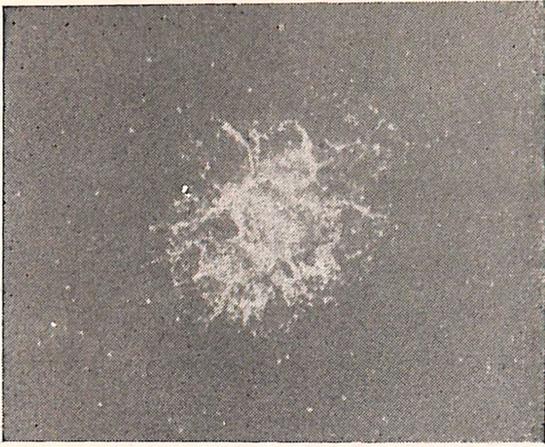
Então, qual seria o aspecto final de uma estrela? Não temos ainda nenhuma teoria mas, pelos vários dados observados, devem existir dois tipos diferentes de estado final. Podemos observar muitas estrelas branco-azuladas perto da constelação de Orion. Pela comparação de fotografias tomadas com intervalo de alguns anos, vemos que elas estão se movendo muito rapidamente. Combinado a velocidade longitudinal obtida pelo efeito Doppler e a transversal pelo paralaxe, podemos determinar a sua velocidade vetorial. Prolongando êste movimento no sentido oposto, vemos que tôdas partiram de um mesmo ponto situado perto de Três-Marias há cerca de 2,5 milhões

de anos. Isto é, podemos considerar que tenha ocorrido aí nessa época uma espécie de violenta explosão e seus fragmentos estejam se espalhando agora sob forma de novas estrêlas. Talvez, os fragmentos de altíssimas velocidades estejam em constelações vizinhas. Realmente, sabemos hoje que a Pomba Mi, Touro 53, Cocheiro AE, etc., são tôdas fragmentos dessa explosão. Além dêste, observamos outras estrêlas que estão se espalhando. O grupo de estrêlas dêste tipo é chamado aglomerado galáctico. A Pleíadas, formada por cerca de 160 estrêlas é um exemplo, e é considerado o resultado de uma explosão ocorrida há 100 milhões de anos. Na constelação de Perseus, também, existe outro que deve ter-se criado há um milhão de anos. O fenômeno mais interessante é o movimento gasoso da nebulosa Carangueijo observada perto de Touro Zeta. Em 1921, Duncan comparou duas fotografias desta nebulosa tiradas com intervalo de 12 anos, e encontrou uma mudança considerável na forma. Calculando a velocidade de várias partes da nebulosa, achou que ela deveria ser um ponto há 900 anos. Numa obra clássica japonesa "Meigetsuki" (Contos sobre a linda lua) do poeta Fujiwara, existe uma sentença que significa "em 1054 uma nova e estranha estrêla apareceu perto da Touro Zeta e brilhou como saturno". Como a localização e o tempo coincidem, esta estranha estrêla de Teika talvez seja o aspecto inicial da nebulosa Carangueijo. A distância até essa nebulosa é cerca de 3000 anos-luz. Esta brilhou como Saturno. Então a luminosidade absoluta desta estranha estrêla seria algumas centenas de milhões de vezes mais intensa que a do sol. Isto é realmente uma violenta explosão! Na fase da explosão, as estrêlas são chamadas de Supernovas e são observadas às vezes na nossa galáxia e em outras nebulosas. Além destas existem as Novas que explodem mais moderadamente e são observadas com mais frequência.

Quando a massa de uma estrêla é suficientemente grande, sua contração gravitacional, depois do estágio de gigantes vermelhas, possui-se com grande rapidez e portanto a temperatura interna também cresce com incrível rapidez. Então, a explosão mencionada acima é realmente possível e está seja talvez o comportamento final das estrêlas. No caso das estrêlas leves, a temperatura se eleva também pela contração gravitacional mas não é suficiente para a queima de elementos pesados. Estas, então, podem ser transformadas gradativamente sem explosão em estrêlas branco-

azuladas e muito pequenas. As dêste tipo são realmente observadas. Bessel, que mediu pela primeira vez a distância até Cisne 61, estudou antes disso a localização precisa de Sirius e encontrou que ela oscila com período de cerca de 50 anos. A partir desta oscilação, descobriu que ela é binária com massa respectivamente 2, 8 e 0,98 vezes a do sol. A estrêla acompanhante menor foi descoberta em 1862 por Clark que construiu um telescópio de 18 polegadas. Segundo sua observação, esta estrêla é de oitava grandeza. Mais tarde, Adams do observatório Wilson estudou intensamente as propriedades desta estrêla escura e achou que a sua cor era branco-azulada, quando se esperava que fôsse vermelha! A luminosidade é muito baixa, a temperatura é muito alta — isto significa que o raio deve ser muito pequeno, apesar da massa ser relativamente grande. Segundo os cálculos de Adams, a raio é cerca de 1/50 do raio solar e então a densidade será cerca de 100 mil g/cc. Este tipo de estrêlas estranhas com raio muito pequeno, cor branco-azulada e massa semelhante à do sol são chamadas anãs-brancas e até agora foram observadas quase 200. Estas anãs-brancas devem ser o aspecto final de estrêlas leves.

Até o momento, foi considerada a evolução estelar ou a vida das estrêlas. Vejamos agora a estrutura da galáxia. Atualmente, sabemos que a galáxia é constituída de uma parte principal com a forma de um disco-voador com raio de 50 mil anos-luz e espessura de 2000 anos-luz e uma parte esférica chamada halo que rodeia o disco principal. Mais detalhadamente, o disco principal é feito de alguns braços espiralados que consiste de matéria interstelar bastante diluída, muitos aglomerados galácticos e muitas estrêlas independentes. Mas o halo, ao contrário, é constituído de alguns aglomerados globulares e matéria interstelar mais diluída. Esta estrutura da galáxia tornou-se conhecida pelos resultados do estudo dos raios cósmicos e da observação de micro-ondas cósmicas na rádio-astronomia. Como já foi dito, a composição química do aglomerado globular cujo diagrama HR são do tipo Tau (velho), é constituída principalmente de hidrogênio e a composição química do aglomerado galáctico cujos diagramas são do tipo sequência principal (jovem) é constituída de hidrogênio e hélio com mistura relativamente grande de elementos pesados. Ora, os elementos pesados resultam da reação de fusão e são considerados elementos velhos. Então o fato acima é visto como uma inconsistência. Entretanto, atualmente é considerado do seguinte modo: muitas explosões de estrêlas vis-



são os únicos objetos da astrofísica. Naturalmente, qualquer explicação teórica de todos os fatos observados na astronomia constituem trabalho de astrofísica. Em outras palavras, como foi exemplificado acima, a astrofísica é uma ciência que explica teoricamente todos os fatos astronômicos pela combinação de conhecimentos de vários campos da física, como a mecânica quântica, teoria quântica de campo, física nuclear, termodinâmica, mecânica estatística, hidrodinâmica, relatividade geral, física dos raios cósmicos, física dos plasmas, magnetohidrodinâmica, etc.. Neste sentido, para o estudo da astrofísica requer-se um conhecimento vasto sobre física.

tas, como Supernova e Nova ocorreram no halo e foi emitido com fragmentos, grande quantidade de gás de elementos pesados; este foi sendo sedimentado no plano do disco principal; aí o gás que continha elementos pesados começou por sua vez a formar novas estrelas. Isto é, estamos considerando que as estrelas perto do nosso sistema solar não Nisseis (segunda geração).

Nas linhas anteriores, foram brevemente explicadas principalmente a evolução das estrelas e formação da galáxia. Contudo, estes não

De acordo com um pedido dos editores, foi evitado estritamente o uso de figuras e expressões matemáticas, neste artigo. Então este tornou-se uma espécie de "popular science". Aos leitores que desejarem conhecimentos mais avançados sobre a astrofísica recomenda-se os seguintes livros: S. Chandrasekhar, *An Introduction to the Study of Stellar Structure* (The University of Chicago, Chicago 1938, and Dover Publications, New York, 1957) and M. Schwarzschild, *Structure and Evolution of the Stars* (Princeton University Press, 1958).

Astrofísica na U. S. P.

Dentro os diversos ramos desenvolvidos no Departamento de Física o que ganhou notoriedade mais precocemente, foi a Astrofísica, em vista dos trabalhos pioneiros desenvolvidos nesse setor por um dos seus membros mais antigos. Assim, já nos anos 40, ou mais precisamente, em 41 e 42, Mário Schönberg em colaboração com G. Gamow e depois com S. Chandrasekhar, publicava trabalho fundamentais sobre a teoria da evolução estelar. No trabalho feito em colaboração com Gamow, um dos processos nucleares mais importantes era considerado: o processo de desintegração beta inverso. A consideração desse mecanismo na teoria do balanço energético das estrelas representou um passo importante na Astrofísica teórica. Ainda hoje, em trabalhos recentes, esse processo leva o nome de Processo URCA, pois em se tratando de um físico brasileiro o co-autor do trabalho, o pitoresco logradouro carioca empresta o seu nome à reação.

O outro grande trabalho, feito em colaboração com Chandrasekhar, ocupa-se em linhas gerais em desenvolver um modelo não homogêneo do interior estelar, levando a considerações muito importantes no tocante à evolução de uma estrela desde o seu nascimento até o seu amadurecimento, chegando à fase final de explosão como super-nova. O fato pitoresco relacionado com esse trabalho foi a explicação do surgimento da estrela de Belém que guiou os peregrinos até o lugar de nascimento de Jesus.

Depois desse período inicial, a Astrofísica como um ramo da Física-Teórica quase não teve desenvolvimento. Posteriormente, graças

aos trabalhos de Abrahão de Morais, um outro aspecto, mais astronômico, era estudado.

Entretanto, esse pesquisador estava mais interessado no estudo da Mecânica Celeste do que propriamente nos métodos físicos da Astrofísica e seu trabalho é citado fora do nosso contexto, por ser bastante importante.

O interesse atual pela Astrofísica e seus ramos interdependentes como a Relatividade Geral e a Cosmologia se deve primordialmente no Departamento de Física ao entusiasmo do físico japonês radicado no Brasil, Jun Ichi Osada, e seus colaboradores brasileiros M. Cattani e N.C. Fernandes. Sendo este pesquisador um físico nuclear teórico, seria natural que o grupo de Astrofísica que se criasse ao seu redor fosse pelo menos inicialmente se ocupar de problemas surgidos com a introdução da Física Nuclear na Astrofísica. E isso realmente aconteceu. Assim, o primeiro trabalho concluído pelo grupo, intitulado "Contribuição do bremsstrahlungs eletron-eletron inverso a opacidade estelar" é dedicado a uma análise da opacidade radiativa estelar e às implicações na teoria da evolução estelar. Como seguimento natural a esse trabalho, surgiu a idéia de se aplicar os resultados mais importantes ao estudo da luminosidade de estrelas super-quentes. Esse segundo trabalho também já concluído permitiu que algumas conclusões simples fossem tiradas e um método simples e original de cálculo de luminosidade se estabeleceu.

O grupo se ocupa também da formação de jovens pesquisadores. Assim, no seu primeiro ano de existência, além dos trabalhos citados, vimos também completada uma tese de mes-

trado cujo tema de estudo se relaciona com a estrutura das estrelas anãs-brancas. Outro pesquisador do Grupo desenvolve presentemente sua tese de mestrado, tendo como objeto de estudo as frequências irregulares de pulsação de certos corpos celestes. Os resultados deste último trabalho poderão se aplicar tanto aos "pulsars" como às estrelas variáveis Cepheids.

Além dos tópicos citados, o grupo se dedica a outras pesquisas também, como estabi-

lidade de estrelas de densidades intermediárias e tempos de esfriamento de estrelas de neutrons.

O número de bolsistas de pré e pós graduação já atinge um número necessário a acredita-se que se possa no futuro levar a cabo os planos anteriormente estabelecidos, mörmente se os professores estrangeiros convidados vierem a aceitar as condições oferecidas pelo Departamento e venham a colaborar efetivamente com o grupo.

Astronomia e Astrofísica no I. T. A.

SYLVIO FERRAZ DE MELLO

O Departamento de Astronomia do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, foi criado em 1967, tendo como incumbência, em seu setor de atividades, ministrar cursos de graduação e de pós-graduação, e entregar-se a trabalhos de pesquisa.

Filiado à Divisão Fundamental, este Departamento recebeu como missão precípua a responsabilidade pelo funcionamento do Observatório Astronômico do ITA, cujo equipamento principal consiste de dois telescópios um refletor, equipado com um espelho parabólico de 51 cm de diâmetro e 301,2 cm de distância focal, e de um espelho hiperbólico de 12 cm de diâmetro e 96 cm de distância focal, montados em combinação do tipo Cassegrain, com abertura equivalente a $f/24$; um refrator, equipado com um doublet aplanático, tipo crown interior, de 20 cm de abertura útil e 312 cm de distância focal.

Os trabalhos de pesquisa desenvolvidos no Departamento podem ser agrupados em 3 setores:

- 1) Astrofísica
- 2) Fotometria
- 3) Mecânica Celeste

1) *Setor de Mecânica Celeste*: Criado sob a orientação do chefe do Departamento, este setor vem tendo um desenvolvimento rápido. O momento é de formação de pessoal, e as trabalhos desenvolvidos se inserem em sua quase totalidade em programas de pós-graduação. Os trabalhos atualmente em curso deverão conduzir a 3 teses de mestrado e uma de doutorado, que deverão ser apresentadas ao Curso de Pós-Graduação do ITA, e a uma tese de Doutorado de 3.º Ciclo a ser apresentada à Universidade de Paris. É exigência, do Departamento, que as teses sejam passíveis de publicação em revistas de conhecido valor.

Os trabalhos de pesquisa do Setor se agrupam sob 5 títulos principais:

- Órbitas Absolutas (S. Ferraz-Mello, R. V. Moraes, C. M. Rodrigues, S. B. Rissi).
- Análise de observações dos Satélites de Júpiter (C. M. Rodrigues).
- Captura em Regiões de Ressonância (S. Ferraz Mello, W. R. Penedo).
- Satélites Artificiais. Efeitos da Pressão de Radiação (S. Ferraz Mello).
- Satélites Artificiais. Soluções Periódicas de 2.º género (C. Delmas).

O primeiro item corresponde à atividade principal do grupo. Trata-se de um programa a longo termo, que se desenvolve simultaneamente no ITA e no Bureau des Longitudes de Paris, onde este programa teve origem em 1965. A divisão do trabalho foi feita de modo que ao ITA caiba o estudo do método e ao BdL os problemas atinentes a sua aplicação aos Satélites Galileanos de Júpiter (J. L. Sagnier).

O contacto entre as duas instituições é assíduo. Assim, em 1969, J. L. Sagnier estagiou no ITA durante 4 meses, tendo desenvolvido amplo programa de estudos. O ITA recebeu ainda o prof. J. Kovalevsky, também do BdL, para uma série de conferências sobre a utilização de computador em cálculos analíticos e semi-analíticos.

Os programas em curso obedecem à orientação do setor segundo duas direções primordiais: Mecânica do Sistema Solar e Mecânica dos Veículos Espaciais. Considerando-se a vocação aero-espacial do C.T.A., maior peso deverá ser dado no futuro próximo às pesquisas sobre a dinâmica dos veículos espaciais.

Segue-se a descrição dos programas citados:

1.1) ORBITAS ABSOLUTAS: O sistema galileano formado pelos 4 principais satélites de Júpiter apresenta peculiaridades que fazem com que o problema da construção de uma teoria do movimento, seja um problema de construção de órbitas absolutas. A denominação "órbitas absolutas" designa aqui, órbitas que não possuem alta precisão, mas que tem um longo período de validade.

As pesquisas por nós até agora realizadas sobre a construção de uma teoria de segunda ordem tiveram como resultados preliminares a obtenção de equações lineares cujas soluções fornecem as características básicas: oscilações naturais acopladas e ausência de termos seculares. Alguns resultados já foram publicados (Bulletin Astronomique, 1966; Séminaires d'été du Bureau des Longitudes, 1968; Comptes-Rendus, 1969).

No método proposto para a solução desse problema muitos são os pontos ainda por discutir.

S.B. Rissi está analisando as equações do movimento não perturbado, visto que na teoria de 2.a ordem as não linearidades apenas podem vir dos termos não perturbados; esta análise deverá permitir separar os elementos essenciais e não essenciais do método.

A C.M. Rodrigues caberá a aplicação do método ao estudo de satélites artificiais quasi-estacionários; este estudo objetiva uma análise do domínio de aplicabilidade do método.

R. Vilhena de Moraes está estudando a extensão da teoria à 3.a ordem, e talvez, à 4.a ordem.

A álgebra das séries deverá ser executada com o computador IBM 1130 do ITA.

1.2) ANÁLISE DE OBSERVAÇÕES DOS SATÉLITES DE JÚPITER: Nova redução e análise das observações fotográficas feitas por Petrescu em 1938, em Paris e Bucarest.

A análise é feita comparando-se as posições observadas às posições calculadas a partir da teoria de Sampson.

Um dos satélites é tomado como ponto de referência.

Tendo Petrescu, em sua redução e análise, tomado como ponto de referência a posição de Júpiter, obteve grandes erros prováveis.

Para verificar que a introdução do planeta como ponto de referência é a causa de tais erros, basta uma simples inspeção dos (O-C) das abscissas jovicêntricas dos satélites.

Das 20 placas de Bucarest que contém os 4 satélites, em 9 delas os (O-C) são todos de mesmo sinal. Em particular, para as pla-

cas 16 e 17, tomadas a 1h15m de intervalo, os (O-C) passam todos de positivos a negativos, o salto sendo de 0'7 (geocêntrico); isto dá a ordem dos erros introduzidos pela má escolha da origem.

Esta nova análise justifica-se por serem as observações de Petrescu as únicas efetuadas entre 1826 e 1960, se excluirmos algumas observações de eclipses, absolutamente inúteis.

Os cálculos estão sendo feitos com o computador IBM 1620 do ITA.

1.3) CAPTURAS EM REGIÕES DE RESSONÂNCIA: Raciônios de natureza física mostram que quando dois satélites (ou planetas) se movem ao redor de um mesmo planeta (ou do Sol) com períodos comensuráveis, aparece um tipo de ligação capaz de transmitir momento de uma órbita à outra.

Este projeto visa o estudo matemático desse tipo de ligação interorbital.

Num primeiro tempo está sendo estudado o seguinte problema: Toma-se um sistema formado por dois satélites de um mesmo planeta, em condições de ressonância estável, e supõe-se que um deles está sofrendo uma variação do período.

Duas situações podem então ocorrer:

a) há ruptura da ressonância; b) há transmissão de momento e a ressonância é conservada.

O estudo feito é inteiramente analítico, e os métodos usados são os da mecânica hamiltoniana.

1.4) SATÉLITES ARTIFICIAIS. — EFEITOS DA PRESSÃO DE RADIAÇÃO: Estudo analítico dos problemas colocados pelo cálculo das perturbações sofridas por um satélite artificial da Terra, devidos à pressão de radiação solar. A cessação do efeito quando o satélite se encontra no cone de sombra projetado pela Terra é introduzida analiticamente, pela consideração de um comutador (Função de Sombra).

O sistema de equações obtido é não-canônico, e a ele não se aplicam as técnicas de análise habituais. Procura-se adaptá-lo aos métodos usuais e vice-versa. Generalização aos sistemas não-canônicos do tipo obtido de alguns teoremas da Teoria das Transformações. Estudo de uma variante do método de Ven Zeipel. Estudo do método da média generalizado. Regularização da Função de Sombra. Comparação dos Resultados obtidos analiticamente a resultados fornecidos por integração numérica.

1.5) SATÉLITES ARTIFICIAIS. — SOLUÇÕES PERIÓDICAS DE 2.ª GÊNERE: Soluções Periódicas de "deuxième genre" (Poincaré) na teoria dos satélites artificiais de um planeta achatado e com simetria

axial. A função perturbatriz está limitada ao termo J_2 . Problema reduzido à dimensão 2 pelo uso da integral do momento cinético. Nas variáveis a, e, g, v , as equações diferenciais (normais) e se exprimem em termos finitos. Procuram-se soluções periódicas de período $T=2\pi/n$, tais que $n=Kn_g$ (k inteiro). Partindo de soluções aproximadas (Lagrange ou Von Zeipel) procura-se aplicar métodos de análise funcional inspirados no método de Cesari-Hale, que levam à *existência* da solução e a *margem de erro* da solução aproximada escolhida.

Estudo da extensão do método às soluções quasi-periódicas

Dois outros programas estão ainda afeitos ao setor de Mecânica Celeste, embora não se tratem de programas dessa disciplina. São eles:

- Variação de Latitude do Rio de Janeiro (S. Ferraz-Mello e E. Conforti).
- Astrometria Fotográfica (C.M. Rodrigues e outros).

Esses programas foram impostos, cada qual por sua razão. O primeiro pela importância das observações efetuadas, que só poderão ser utilizadas depois de reduzidas e analisadas e o segundo como necessário ao aproveitamento do instrumental disponível no ITA, quando as condições do céu não permitirem trabalhos fotométricos.

Segue-se a descrição dos mesmos:

1.6) VARIACÃO DE LATITUDE DO RIO DE JANEIRO: Este projeto de pesquisas tem como objetivo a redução e a análise de 26.000 observações de 96 pares de estrelas efetuadas com a luneta zenital do Observatório Nacional (Rio de Janeiro).

Essas observações foram efetuadas pelo Sr. Professor Dr. Lelio I. Gama durante 8 anos consecutivos, por volta de 1930.

Atualmente está sendo feita a análise do método a empregar na redução ao dia. O método em estudo é o Fontaine-Dufour. Os métodos utilizando fatores médios deverão ser também analisados.

Os programas para redução das observações deverão ser completados brevemente; a exploração (tratamento das observações) deverá iniciar-se em seguida.

Todos os trabalhos estão sendo feitos com o computador IBM 1620 do ITA, mas poderão ser, eventualmente, passados para o IBM 1130. Os programas estão sendo redigidos em linguagem de máquina codificada (SPS).

1.7) ASTROMÉTRIA FOTOGRAFICA Programa observacional, métrico, tendo

como principais objetivos: Cometas, Pequenos Planetas, Satélites de Saturno. As chapas estão sendo tomadas com o refrator de 20 cm, e deverão ser medidas com o medidor Mann 829 C, recentemente adquirido pelo Observatório. As medidas são reduzidas e utilizadas na determinação da posição dos astros considerados.

2. *Setor de Fotometria*: Este setor, orientado pelo Eng^o Germano R. Quast, tem como incumbência primordial, o bom aproveitamento do Observatório Astronômico do ITA.

Os programas observacionais do Observatório foram traçados com vistas a três fatores fundamentais.

a. *A qualidade do telescópio*: Trata-se de um telescópio de porte médio, com sérios problemas de natureza mecânica, ao que se ajunta o envelhecimento do alumínio do espelho. Tratando-se porém do único instrumento de tal porte instalado no Brasil, optou-se pelo seu aproveitamento tal qual. A filosofia do Departamento nesse sentido tem sido, em ampla faixa a do máximo aproveitamento do instrumental disponível, eliminando-se toda e qualquer idéia que incluía reforma de instrumentos, já que é fato sabido que instrumento desmontado, tão cedo não volta a funcionar. Aos fatores mencionados, adiciona-se ainda, o valor extremo da abertura relativa ($f/25$), que o torna bem pouco maleável, e a perda (por deformação) do espelho plano que permitia acesso ao foco principal ($f/6$).

b. *A qualidade do sítio*: Em nossa região as condições meteorológicas são condicionadas por dois centros principais de ação: os anticiclones migratórios do sul do continente, que sucedem em geral às frentes frias, e os anticiclones associados ao ar tropical, formados pela drenagem quase permanente do ar do oceano para a terra, através da costa leste, durante todo o ano (v. A. Garcia Occhipinti, Climatologia Dinâmica do Litoral Sul Brasileiro, Inst. Oc. U.S.P., 1963).

A sub-divisão do ano em "estações", obedece aqui ao seguinte esquema:

1. Durante o Verão: prevalência marcada do ar tropical.
2. Durante o Inverno: predomínio discreto das massas de ar de origem polar.
3. Períodos de Transição: março-abril e setembro-novembro.

O período principal de observações é, em São José dos Campos, de maio a agosto (inverno), meses em que se verifica a menor ocorrência de perturbações, predominando os anticiclones de origem polar.

Em um ano bastante bom, como o foi o

de 1968, o delineamento do ano pode ser visto no quadro anexo, onde estão representados o número total de horas de trabalho no Observatório, o número total de noites, e ainda o número de noites de melhor qualidade, classificados em dois tipos:

- a. ótimas — Noites com 6 horas ou mais de observação fotométrica em boas condições.
- b. boas — Noites com 4 horas ou mais de observação.

Esta classificação corresponde grosseiramente a formulada por J. Stock (I.A.U. Symp. n.º 19, p. 65). Notar que os dados da tabela não vem de observações meteorológicas mas da utilização efetiva do telescópio, ajuntando-se assim, às condições meteorológicas, problemas de ordem técnica.

	Horas	Noites	Noites Boas	Noites Ótimas
1.º Quadrimestre	115	31	12	2
2.º Quadrimestre	428	70	48	19
3.º Quadrimestre	109	30	5	0
Total	652	131	65	21

A estação observacional situa-se francamente no 2.º quadrimestre (estação seca), época em que devem então situar-se os programas de trabalho. As noites com céu de boa qualidade são em número razoável; e relativamente bem distribuídas no período. Trabalhos exigindo de 2 a 3 meses de observação podem ser empreendidos neste período.

Outro fator típico da região é a ocorrência de névoa seca, fenômeno que se manifesta desde o Sul do país até as latitudes 15º-20º.

Oriunda de queimadas e de incêndios de florestas, a névoa seca se acumula sobre vastíssima região, e sua densidade aumenta no curso do inverno. Este fato pode ser apreciado nas medidas do coeficiente de observação. Valores típicos para os dois primeiros meses da estação seca são:

em luz amarela: 0^m20-0^m25 (mínimo: 0^m17)

em luz azul: 0^m32-0^m40 (mínimo: 0^m30)

No terceiro mês estes valores começam a aumentar sensivelmente, e valores acima de 0^m30 em luz amarela, e 0^m45 em luz azul começam a aparecer, e enfim, no último mês, raramente se situam abaixo desses níveis. (Os números referem-se a 1968).

c. *A formação de pessoal:* Com a viabilidade de instalação de um grande telescópio (1,5-2m) no Brasil, em futuro não remoto, o problema da formação de observadores de alto nível, colocou-se de forma acentuada, e foi considerado como fator prioritário no estabelecimento de programas do Observatório. Os tipos de observação até então desenvolvidos em nos-

so país, foram eliminados por exigirem muito pouco daqueles que as fazem.

Para que seja possível dar aos observadores uma formação adequada às necessidades futuras, faz-se mister que os programas escolhidos envolvam um máximo de dificuldades, quer teóricas, quer tecnológicas. Em outros termos, os programas devem ser escolhidos de modo a formar astrónomos, e não meros observadores. Este foi o fator fundamental pelo qual programas de natureza puramente métrica ou pictórica foram relegados a um segundo plano.

Este último fator foi preponderante na escolha dos programas desenvolvidos nos últimos três anos. Do ponto de vista do tipo de observação a linha evolutiva adotada foi:

- a. fotometria integral (1967)
- b. fotometria em 2 cores (1968-1969)
- c. fotometria em 5 cores (1970)
- d. fotometria no Infra-Vermelho (1971)
- e. fotometria fotográfica (1971)
- f. polarimetria (1971).

O fotômetro fotoelétrico a 5 cores (sistema UVBGR de Stebbins e Whitford), construído em 1969, e em fase de testes, constitui-se dos seguintes acessórios:

Fotomultiplicadora: EMI 9558 (resposta S-20)

Filtros: Schott-Jena e Corning Glass

Alimentação: fonte HP 6110 A (0-3000 volts)

Medida: eletrômetro Keithley 601 (fundo de escala: 10⁻¹⁴ a 0.3 amperes)

Registro: registrador gráfico HP 680

Refrigeração: câmara Products for Research, mod. TE-200.

Como facilidade adicional, o Observatório dispõe de uma base de tempo Hewlett-Packard.

Quanto ao tipo de pesquisas efetuadas a linha evolutiva adotada foi:

a) Levantamento de variação de luz de estrelas já estudadas, em luz integral (G. R. Quast e J. A. F. Pacheco).

b) Levantamento de curvas de luz e (de índice de cor) de estrelas duplas (binárias eclipsantes). (G. R. Quast).

c) Análise de curvas de luz (2 cores) e de índices de cor, de binárias eclipsantes. Estudo completo e análise de anomalias (J. Barros Jr.).

d) Estudo de variáveis intrínsecas de muito curto período e apresentando modulação (2 cores e 5 cores) (G.R. Quast).

e) Estudo das Cefeidas Clássicas, e do avermelhamento interestelar. (5 cores e infravermelho). (E. Janot Pacheco).

Para fins de 1970 e 1971 outros programas estão sendo estudados.

Um primeiro programa envolverá a utilização do microdensitômetro, que deverá ser adquirido para o Observatório no curso do próximo ano (fotometria fotográfica). Um segundo programa terá como objetivo o estudo da matéria interestelar pela análise da componente polarizada da luz das estrelas (R.D. Tarsia), programa que será desenvolvido em colaboração com o Instituto de Física da Universidade Federal de Minas Gerais, as observações devendo ser feitas com o instrumento a ser instalado na Serra da Piedade. O Setor de Fotometria está ainda estudando a possibilidade de utilização dos grandes instrumentos instalados por organizações internacionais (European Southern Observatory e Association of Universities for Research in Astronomy) no Chile.

Segue-se a descrição sumária dos programas:

2.1 BINÁRIAS ECLIPSANTES

Estabelecimento de épocas de mínimos e períodos, a partir das curvas de luz, das binárias eclipsantes: BV 419, BV 513, BV 457, BV 574, BV 581, BV 851, nas côres B e V do sistema internacional. Determinação dos parâmetros de extinção k e k' para magnitudes e índices de cor, e estudo de sua variação. Calibração do sistema fotométrico relativamente ao sistema fotométrico relativamente ao sistema padrão de Johnson.

Análise das curvas de luz e de índices de cor de estrelas com vistas à determinação dos parâmetros físicos das estrelas observadas, e estudo das anomalias apresentadas por algumas das curvas de luz obtidas.

2.2 VARIÁVEIS INTRÍNSECAS DE MUITO CURTO PERÍODO

Observações fotométricas em duas côres, B e V, e em 5 côres (UVBGR) das variáveis intrínsecas de muito curto período HD 116994, ZZ Mic e SX Phe. Determinação das épocas de máximo e estudos da variação lenta do período e da amplitude, bem como da modulação em amplitude (efeito Blazhko) e das deformações das curvas de luz e de índice de cor durante o período de modulação.

2.3 CEFEIDAS CLÁSSICAS

Estabelecimento de diagramas de índices de cor para cefeidas clássicas com fotometria no sistema UVBGR (Stebbins e Whitford) e posteriormente também no infra-vermelho. Determinação das curvas de índices intrínsecos segundo Mianes (1963). Correção do avermelhamento interestelar. Estudo de dispersão nas relações índices de cor — tipo espectral. Estudo de cefeidas componentes de sistemas binários e identificação de companheiros. Levantamento de cefeidas em pares nas regiões

de Sagitário e Escorpião. Determinação dos parâmetros de extinção para magnitudes e índices de cor e estudo de sua variação. Determinação dos coeficientes de reflexão dos espelhos e sua variação, nas diversas côres.

Os trabalhos acima envolvem 3 teses de mestrado.

3. *Setor de Astrofísica*: Ao contrário dos dois setores anteriormente mencionados, o setor de Astrofísica não se encontra perfeitamente definido. Sua existência se deve, no momento, essencialmente à necessidade de dar guarida àquêles que pretendem iniciar-se nos problemas da Astrofísica Teórica, e de prepará-los para que, juntamente com outros, possam constituir um grupo de trabalho promissor, quando da volta ao país do prof. J.A. F. Pacheco, atualmente no Observatório de Nice.

Um único trabalho de pesquisa (tese de mestrado) está sendo desenvolvido nesse setor (L. Arakaki), e foi iniciado quando da estada do professor Pacheco, no ITA, no primeiro semestre deste ano; o qual continua a orientá-lo. Estudos diversos sobre o problema de alargamento e deslocamento de raías espectrais, foram desenvolvidas pelo prof. E.A.R. Segre, professor do Departamento atualmente estagiando no Observatório de Meudon.

Aos interessados em Astrofísica se tem aconselhado uma divisão de atividades: 1. participação nos trabalhos de astronomia observacional; 2. estudo dos temas básicos para que possam consagrar-se à Astrofísica posteriormente.

Segue a descrição do trabalho atualmente em curso:

3.1 ABUNDÂNCIA DE ELEMENTOS PESADOS NA MATÉRIA INTERESTELAR

Determinação da abundância de elementos pesados em função do tempo a partir de dados observacionais da Galáxia. Variação do volume de gás no tempo.

Estas quantidades são determinadas a partir da equação de balanceamento de massa da Galáxia, supondo-se que a contaminação de gás interestelar é feita através de ejeção de matéria por estrelas já formadas. São feitas várias hipóteses entre as quais:

- que o produto da evolução de uma estrela é uma anã branca;
- que todas as anãs brancas têm a mesma massa;
- que a taxa de criação de estrelas em todas as épocas é conhecida.

Com estas hipóteses pode-se calcular a densidade do gás interestelar como função do tempo e por conseguinte a abundância de elementos em função do tempo.

Radioastronomia e Astrofísica na Universidade Mackenzie

PIERRE KAUFMANN

1) Generalidades

Pesquisas sistemáticas de rádio astronomia sobre as relações solares terrestres têm sido feitas no Brasil durante o curso dos últimos anos pelo Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica da Universidade Mackenzie (CRAAM), S.P., estabelecido em 1960.

As investigações têm recebido apoio das seguintes organizações: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq); Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e também do Institut for Exploratory Research, N.J. U.S.A. (IER). Fundos e verbas para pesquisa são obtidos do Escritório Americano de Ciência para a América Latina. Cooperações adicionais são recebidas do Departamento Terrestre do Carnegie Instituto de Washington; Pan American Union e também sob a forma de facilidades para utilização, por parte do CRAAM dos computadores do Centro de Cálculo Numérico de São Paulo da U.S.P (E.P.U.S.P.).

As atividades experimentais têm sido desenvolvidas no Rádio observatório de Umua-rama ($= -22^{\circ}46'$ e $= 3^{\text{h}}02^{\text{m}}\text{W}$) nas proximidades de Campos do Jordão, a uma altitude de 1.800 m acima do nível do mar, que a partir de julho de 1970 será transferido para Itapetininga (Atibaia), local escolhido pelas suas características logísticas e o baixo nível de interferências artificiais.

O Grupo é composto atualmente pelos pesquisadores: Pierre Kaufmann (chefe), S. Ananthkrishnan, B. Chu, R. E. Schaal, E. N. Vianna, A.M. Mendes, Z.G. Sgarbi, P.M. Santos, M.H. P. Barros, E. Scalise Jr., O.T. Matsuura; os técnicos: M. L. Bezzi, C. Monteiro, J. T. Ouchi; os estudantes M. F. Nave, A.L.I. Rabanaque; e as secretárias: F.A.C. Fonseca e M. Izidorio.

O CRAAM publica regularmente um boletim com os dados resultantes das observações e um comunicado anual sobre o progresso das pesquisas. Resultados científicos são publicados em várias revistas internacionais especializadas. Dados sobre perturbações ionosféricas no boletim do "Solar Geophysical Data", ESSA, Boulder, Colo., U.S.A.; e no Geophysical and Space Data Buletin, AFCRL. O CRAAM já tem mais de 30 trabalhos originais publicados e fez do Brasil o segundo país do mundo em estudos de polarização de ondas de rádio solares em micro-ondas (sendo primeiro o Japão).

2) O programa de pesquisas

2.1 Polarimetria de Micro Ondas Solares.

Em 1966 foi instalado um rádio polarímetro em 7 GHz, que permite medir o grau e sentido de polarização circular da radiação emitida pelo sol. Este rádio telescópio está sendo usado em observações de rotina do sol (cobrindo aproximadamente o período de 10:00 h UT a 19:00 UT) como parte de um programa de pelo menos 5 anos. A maior ênfase das pesquisas é relativa ao estudo da Componente Lentamente Variável e as atividades solares tipo "burat". Atenção especial vem sendo dada para o estudo de explosões associadas com importantes perturbações na ionosfera terrestre.

2.2 Propagação em VLF e relações Terra-Sol.

Dois receptores para frequências muito baixas (VLF), controladas por um relógio atômico padrão está em operação desde março de 1966.

Fenômenos de propagação de VLF em longos trajetos e efeitos peculiares devido a Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul, têm sido bastante estudadas. A maior parte das pesquisas são dirigidas para a análise de repentinas perturbações (SID), geralmente pro-

duzidas por "flares" (explosões solares, observadas ópticamente) com estudo da baixa ionosfera, procurando-se a possibilidade de classificá-los com os correspondentes "bursts" (explosões solares) medidas em 7 GHz, e atividade solar em raios-X.

2.3 Eclipse total do Sol de 12/11/66.

Este acontecimento foi observado pelo Centro de Rádio-Astronomia e Astrofísica da Universidade Mackenzie em um local de eclipse total — (perto da cidade de Bagé, Rio Grande do Sul) com o polarímetro de 7 GHz. Em Umuarama, observações do eclipse parcial foram feitas na frequência de 300 MHz e também foram estudados os efeitos do vento na propagação de VLF entre o Havai e São Paulo.

2.4 O novo projeto: Rádio-telescópio operacional até a frequência de 100 GHz.

Este projeto prevê a instalação de rádio telescópio de excepcional precisão, podendo operar até 100 GHz, usando antena de 13,5 metros de diâmetro sobre montagem totalmente automática, comandada por computador.

Os objetivos gerais esperados com este projeto referem-se à possibilidade do país entrar definitivamente no campo da Astrofísica com um instrumento competitivo internacionalmente e para o qual já existe uma equipe e programa que tornarão o projeto produtivo cientificamente em curto prazo. Este projeto conta com um dos melhores recursos experimentais do Hemisfério Sul, já que possui características de vanguarda em comparação com sistemas existentes no Hemisfério Norte.

Para os primeiros cinco anos o programa de pesquisas são os seguintes:

- a) Física do Sol — estudo com alta resolução de regiões ativas, em fluxo e polarização.
- b) Vapor d'água interestelar e amônia — descoberta de amônia no Hemisfério Sul.
- c) Fontes de rádio peculiares — estudo detalhado em fluxo e polarização das nuvens de Magalhães. Trabalhos com quasars, pulsars e rádio galáxias.
- d) Propagação — efeitos troposféricos em ondas milimétricas e centimétricas. Efeitos de propagação sinais de satélites artificiais e de rádio-estrelas.
- e) Planetas — Lua, Mercúrio, Marte, Júpiter, Urano Netuno Saturno, atmosferas planetárias.
- f) Investigações de tecnologia de grandes antenas — calibrações de sistemas de comunicação com uso de grandes antenas e rádio estrelas em micro-ondas.

2.5 Programas de pesquisas para 1970:

- 1) Pesquisa orientada para interpretação dos dados do eclipse de 7/3/70. Continuando o estudo iniciado em Bagé (1966), O.T. Matsuura e M.L. Bezzi encontram-se

nos Estados Unidos com o rádio telescópio de 7GHz com o qual observaram o eclipse de 1970. Efeitos do eclipse de 7/3/70 na baixa atmosfera.

- 2) Modificação do polarímetro de 7 GHz para análise detalhada de estrutura fina de "bursts" solares e evolução de sua polarização com o tempo e consequentemente pesquisa das instabilidades de plasmas que os produzem.
- 3) Efeitos de partículas emitidas pelo Sol na terra, sua precipitação dentro da anomalia magnética do Atlântico Sul, efeitos de VLF.
- 4) Condições de Propagação VLF em todo território brasileiro, caracterização da anomalia magnética do Atlântico Sul, e navegação no território Brasileiro utilizando sinais VLF.
- 5) Pesquisa de campos elétricos na baixa ionosfera a partir de nuvens de vapor ionizado, lançadas artificialmente de 100 a 120 Kms. de altitude.
- 6) Continuação do trabalho de estatísticas com "bursts" solares.
- 7) Pesquisas de desenvolvimento relativas à implantação do novo projeto, que entrará em operação até meados de 1971. Receptores de baixo nível de ruído, receptores para raias, sistemas especiais de aquisição de dados, etc...
- 8) Investigação preliminar para desenvolvimento da Astrofísica no infra-vermelho distante. Detectores, medidas no solo e fora da atmosfera.

2.6 Pós-Graduação em 1970 (estudo semanal).

- 1) Seminários de 5 "papers" — (resumo de 5 trabalhos originais recentes).
- 2) Seminários de "papers" integrais.
- 3) Curso de rádio Astronomia I-princípios experimentais.
- 4) Curso de Astrofísica Geral.
- 5) Curso sobre métodos matemáticos para Física.
- 6) Raias moleculares em Rádio. (Meeks, M.I.T.).
- 7) Rádio Astronomia solar. (Kundu, Univ. de Maryland).

2.7 Outros programas

Outros programas desenvolvidos no passado serão agora brevemente mencionados: radiômetro acoplado a um prato de 5.2m de diâmetro; estudos de ruído atmosférico em VLF e o estabelecimento de índices geomagnéticos por medidas de rotina da componente horizontal do campo magnético terrestre.

Planos para o futuro, a curto prazo, baseiam-se no estabelecimento de novo projeto, pretendendo dar maiores possibilidades à formação de pessoal de outras instituições brasileiras em pesquisas afins.

Astrofísica no Brasil

MARIA FILOMENA NAVE

O ramo da astronomia menos desenvolvida até hoje no Brasil é a astrofísica, pela necessidade de equipamentos muito caro e a falta de pessoal especializado para trabalhar nesse tipo de pesquisa.

O primeiro centro de pesquisas astrofísicas brasileiras, Observatório Astrofísico Nacional, será construído sob orientação do Observatório Nacional do Rio e na melhor das hipóteses estará concluído daqui a cinco anos. A construção e equipamento custará no Brasil a soma de NCr\$ 10.000.000,00.

A preocupação atual dos astrônomos é a escolha do local adequado para observação astrofísica brasileira. A escolha do sítio para observatório depende fundamentalmente, do plano de trabalho a ser realizado. Os critérios fundamentais para determinação desse local são: 1.º latitude mais o sul possível porque não haveria razão em possuímos um observatório ao norte, quando existem tantos na Europa e nos Estados Unidos e o objetivo principal é estudar o hemisfério Sul. 2.º altitude acima de 1500 metros do nível do mar, para um ângulo de observação maior e melhor transparência da atmosfera. 3.º maior número de noites descobertas para observação astrofísica, para isso devem existir boas condições atmosféricas. 4.º região relativamente afastada do oceano para que haja pouca formação de nuvens. Além desses há o que se chama de condições logísticas que diz respeito à facilidade de serviços públicos como água, luz, e estradas por meio de comunicações.

De acordo com esses critérios partiu-se para a determinação da chamada Faixa Astro-

climática Brasileira, que compreende a região norte do Estado de São Paulo, a metade sul de Minas Gerais e o terço sul de Goiás (veja figura).

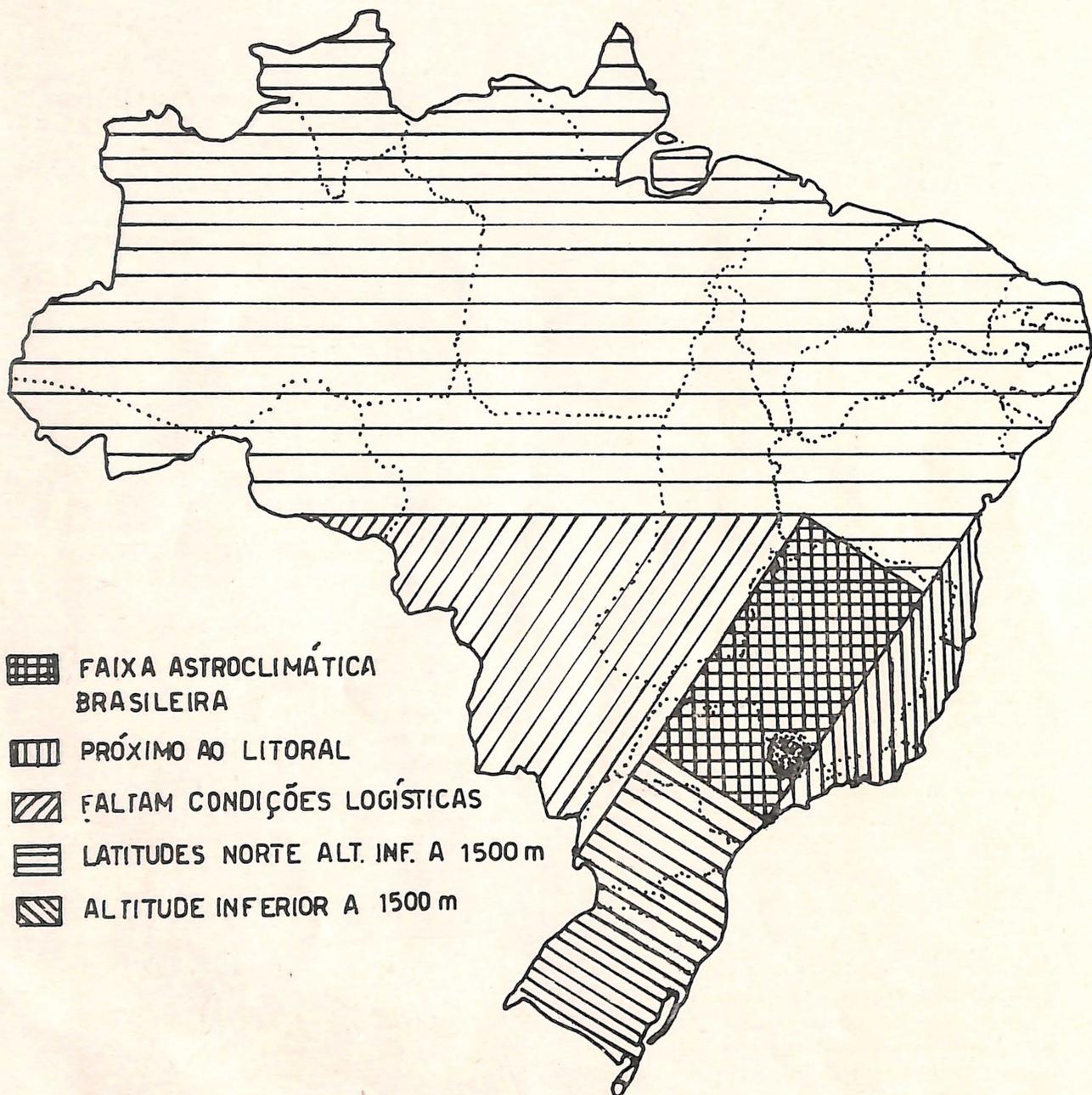
Estudos realizados nessa faixa desde 1964 deram papel prioritário às cidades mineiras de Caldas (1.800 m.), Maria da Fé (1.700 m.), Brasópolis (2.000 m.) e o Pico da Piedade (1.800 m.), todas aproximadamente equidistantes de São Paulo, Rio e Belo Horizonte.

O número de noites "limpas" atingidas por ano nessas regiões é na pior das hipóteses de 150 noites, enquanto em São Paulo apenas 100 podem ser aproveitadas. Por melhor que conseguíssemos, nunca nos compararíamos ao Chile que possui por ano mais de 300 noites descobertas.

O programa do futuro observatório será o de Classificação Espectral de Estrelas na Região Central da Via Láctea. Contaremos como equipamento básico para esse estudo, 1 telescópio de 1,5 m de abertura, equipado com espectrógrafo de baixa dispersão e equipamento fotoelétrico a várias côres.

Dêsde que este programa é oficial deve servir de orientação aos pós-graduandos em astrofísica, para que não se especializem em ramos que não têm aplicação prática no Brasil.

A classificação de estrelas do centro galáctico impõe-se como assunto atrativo, e pode ser realizado com instrumental médio de custo relativamente barato, o que não o desvaloriza, porque qualquer estudo astrofísico feito no Brasil será de importância devido ao grande desconhecido que é o Hemisfério Sul.



Pequenas Notas Sobre Astronomia e Astrofísica

YASHIRO YAMAMOTO

No princípio deste século, a Astronomia atingiu um estágio tal que os cientistas chegaram a pensar que nada mais restava senão aperfeiçoar os métodos observacionais existentes que se baseavam nos telescópios e câmaras fotográficas.

Augusto Comte chegou mesmo a afirmar que o homem jamais chegará a conhecer a natureza química das estrelas.

Com a descoberta do espectroscópio, grandes avanços foram observados na astronomia e a Física ganhou mais um ramo: a Espectroscopia.

Da mesma forma como o prisma de faces não paralelas decompõe a luz branca em suas luzes componentes (espectros), o espectroscópio também decompõe as luzes em seus espectros com uma precisão bem maior, a ponto de podermos distinguir não faixas de luz, mas linhas bem distintas que chamamos linhas espectrais. Por meio da análise dessas linhas determina-se a natureza do átomo ou molécula emissor da luz. Como cada átomo tem um espectro característico, pode-se determinar com exatidão a natureza química das estrelas.

Quando a estrela está em movimento em nossa direção, as suas linhas espectrais se deslocam pelo efeito Doppler, tornando-nos possível determinar pela medida do deslocamento da raia espectral a velocidade com que ela se afasta ou aproxima de nós. Como a cada linha corresponde uma dada frequência, se o deslocamento se efetuar no sentido de aumentar-se a frequência, saberemos que a estrela se aproxima da Terra e caso contrário, ela se afasta de nós.

A VIA LÁCTEA

A Via-Láctea, galáxia a que pertencemos, segundo o astrônomo holandês Kapteyn, é constituída por cerca de 40 bilhões de estrelas.

De uma maneira genérica entendemos por estrelas todos os corpos celestes.

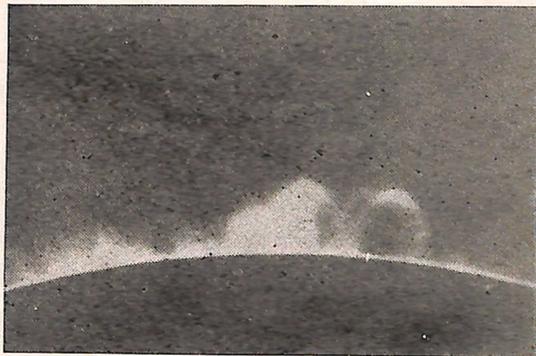
A Via-Láctea apresenta a forma de uma lente biconveja e seu diâmetro maior tem 100.000 anos-luz de extensão!

Ela gira em torno de seu centro com a velocidade de 7 segundos de grau por século. Assim, deve ter dado umas cinco voltas desde que a Terra existe. Aparentemente o movimento é lento mas, se levarmos em conta o grande diâmetro, chegamos à conclusão de que muitas estrelas para acompanhar a Via-Láctea têm que se mover com velocidades de centenas de quilômetros por segundo.

TRANSLAÇÃO DO SOL

A análise espectral mostrou que a maioria das estrelas da região do céu em que ficam as constelações de Hércules e da Lira, estão aproximando-se de nós, enquanto que as da região justamente oposta do céu, onde fica Orion, estão se afastando com a mesma velocidade com que as primeiras se aproximam.

É que o Sol se desloca em direção de Hércules e da Lira, fugindo de Orion, com uma velocidade 19,5 quilômetros por segundo, ou sejam, 643.600.000 quilômetros por ano. E em seu movimento invariável, arrasta todo o sistema planetário, inclusive a Terra.



AS ESTRÊLAS

As estrêlas, de acôrdo com suas características foram divididas em quatro grupos:

1) as *gigantes vermelhas*, muito grandes, de densidade baixíssima e de brilho e temperatura relativamente baixos;

2) as *anãs vermelhas*, relativamente pequenas, de densidade maior, de brilho ainda fraco e temperatura um pouco maior;

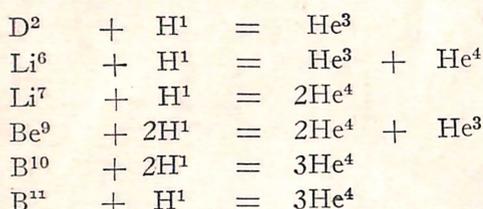
3) as *gigantes azuis*, grandes, muito brilhantes e quentes;

4) as *anãs brancas*, pequenas, muito densas, de brilho fraco e alta temperatura.

As gigantes vermelhas são as estrêlas em formação. Com o tempo elas se transformam nas anãs vermelhas, estas nas gigantes azuis por expansão, e estas finalmente nas anãs brancas, que são estrêlas na velhice.

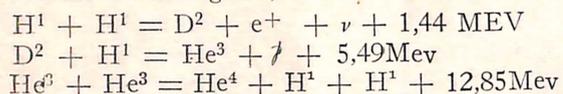
A ENERGIA DAS ESTRÊLAS

As gigantes vermelhas devem sua energia à desintegração dos átomos de deutério, lítio, berílio, e boro segundo as reações:



Estas desintegrações dão energias relativamente baixas, razão pela qual essas estrêlas não são muito quentes, nem muito brilhantes. À medida que evoluem, as gigantes vermelhas vão se contraindo pelo efeito gravitacional e se transformam nas anãs vermelhas.

Terminado o estoque de deutério, lítio, berílio e boro, começa-se a processar a fusão nuclear do hidrogênio, dando hélio:



Então na formação de um átomo de Hélio são necessários $(2 \times 1,44 + 2 \times 5,49 + 12,85) \text{ MeV} = 26,71 \text{ MeV}$; para a formação de 4 gramas de He^4 , ou seja um mol de He , são necessários $6 \times 26,71 \times 20^{23} \text{ MeV} = 160,26 \text{ MeV} = 256,416 \times 10^{10} \text{ Joules} = 61,4 \times 10^{10} \text{ calorias}$, energia suficiente para elevar cerca de 6000 toneladas de água de 100° C .

Comparativamente, essa reação produz muito mais energia que a outra, de modo que a estrêla vai ficando cada vez mais quente e brilhante à medida que maiores quantidades de hidrogênio são fundidas, passando do estado de anã vermelha para o de gigante azul.

O estágio final é atingido quando todo o hidrogênio já foi fundido. Chega então a fase das anãs brancas, cujo destino é o de finalmente esfriar e conseqüentemente deixar de produzir luz.

O nosso Sol está a caminho de ser uma gigante azul, o que significa que está se aquecendo e dia virá que estará tão quente que torrá a superfície da Terra. Só depois entrará na fase de anã branca e irá gradualmente esfriando.

Podemos ficar sossegados pois, o Sol levará milhares de milhões de anos para chegar ao ponto de torrar a superfície da Terra.

NETUNO: O PLANETA DESCOBERTO PELO CÁLCULO

Como a órbita do planeta Urano não era perfeitamente elíptica, dois jovens matemáticos, Leverrier e Adams, acreditando na hipótese de existir um planeta mais externo que perturbasse a órbita do Urano, como era crença geral, passaram a calcular sua posição, a partir dos dados astronômicos e usando as Leis de Newton.

Em 1846, Galle, orientado pelo resultado de Leverrier, encontrou no local determinado o planeta que foi batizado com o nome de Netuno. Sua distância de Urano é cerca de 1600 milhões de quilômetros, o seu ano equivale a 165 dos nossos e tem um satélite, Tristão.

OS ANEIS DE SATURNO

Saturno foi descoberto por Huygens em 1655. Galileo foi o primeiro homem a ver os anéis do Saturno mas pensou que fôsse defeito do seu telescópio rudimentar. Acredita-se que são três os anéis, tendo o anel externo, um diâmetro de 274.000 quilômetros. Os anéis são constituídos de grande quantidade de corpúsculos, verdadeiros satélites que obedecem as leis de Kepler.

OS COMETAS

Os cometas são pequenos aglomerados que foram descobertos graças à cauda brilhante. Seu núcleo é constituído por meteoritos, enquanto que sua cabeleira é constituída de gás rarefeito e poeira cósmica. Fato curioso é que qualquer que seja sua posição no espaço, o cometa tem sua cauda voltada do lado oposto do Sol. A explicação é que o Sol, emitindo enorme quantidade de radiação, exerce uma pressão de radiação sobre a poeira cósmica, repelindo-a de tal forma a formar a cauda. O cometa não perde totalmente sua cauda porque êle a mantém pelo efeito gravitacional. É fácil notar que a cauda é maior e mais visível

quando o cometa passa mais perto do Sol. A cauda se alonga devido à maior pressão e brilha mais porque está mais bem iluminada. Quando o cometa se afastar muito do sol, o núcleo atrairá as poeiras cósmicas, diminuindo a cauda e esta ficará invisível por ser muito fracamente iluminada pelo Sol.

AS MANCHAS SOLARES

As manchas solares foram pela primeira vez observadas por Galileo, provocando polêmicas na época, pois, Aristóteles, tido como o oráculo indiscutido de toda ciência não havia previsto tais manchas. E mais, suas afirmações foram tomadas como hereges e perniciosas pois considerava-se na época que o Sol era um astro puro e perfeito.

Galileo também notou que essas manchas se deslocavam com o tempo, desaparecendo de um lado e aparecendo dias depois do outro lado. Esse fato mostrou que o Sol tem um movimento de rotação.

Hoje sabemos que essas manchas aparecem e desaparecem com o tempo, tendo máximos períodos de onze anos quando as "tempestades" magnéticas provocadas pelas manchas solares perturbam o magnetismo terrestre.

As manchas solares são observadas em locais bem determinados, raramente no equador e nunca nos polos solares. O fato de essas manchas não apresentarem um mesmo tempo de rotação mostra que o Sol não é um corpo sólido.

A LUA, NOSSO SATÉLITE NATURAL

São tantos os nossos conhecimentos quanto à Lua que houve gente afirmando que ela é muito mais nossa conhecida que a África. Partindo do ponto de vista de que ela está se afastando de nós, muitos pensam que ela originariamente se despreendeu de nosso planeta.

Por meio dela, ou melhor, pela sombra de nosso planeta nela projetada provou-se que a Terra é arredondada e também por meio dela podemos fazer observações importantes quanto à Corôa Solar durante o eclipse do Sol. Mesmo desconhecendo-se a teoria da gravitação universal os antigos ligavam o fenômeno das marés com a Lua. As marés estão freando o movimento de rotação da Terra de tal modo que em cada 126 mil anos teremos o dia aumentado de um segundo.

CIÊNCIAS

Pesquisa e Metodologia

MITUO TAKETANI

Yoshinori Motoyama

TRADUTORES:

Shozo Motoyama

Kazuo Watanabe

O cientista moderno vive dentro de um verdadeiro jangal de dados. Todos os dias, custosas experiências vão evidenciando novas e surpreendentes realidades. Perdido nessa imensidade de detalhes, o homem é como um veleiro, sem rumo, a vagar na solidão dos mares. Urge reajustar a bússola ou a náu nunca chegará ao seu destino e será um caso a mais a enriquecer o cabedal das lendas fantasmagóricas. A bússola do cientista chama-se metodologia. É dessa metodologia que trata o artigo do professor Taketani, mostrando a sua importância em vários domínios das ciências, por meio de exemplos. Outrossim, talvez algumas explicações se façam necessárias. Este artigo é o capítulo introdutório do livro "Introdução às Ciências Naturais" escrito e compilado pelo famoso físico (Novembro de 1960). É destinado ao público japonês. Contudo, com devidas ressalvas, merece ser lido também no Brasil. A obra versa sobre a teoria das Ciências. Na realidade, os tópicos enumerados nesse capítulo inicial, aparecem explanados detalhadamente nas outras partes do livro. Por esta razão, o artigo apresenta uma certa descontinuidade. Pede-se portanto, ao se fazer a leitura, levar em conta esses fatos e tomar especial cuidado com as palavras de uso filosóficos (pontos nodais, categoria, epistemologia, etc.).

Modernamente, no seu sensacionalismo, os meios jornalísticos destacam essas mágicas palavras: de estar numa "Era científica", ou Era Cósmica". Expressões um tanto exageradas, mas com um certo fundo de verdade. A Ciência sofreu uma notável transformação a partir da segunda guerra mundial. Notável e essencial. Uma nova característica, um novo ponto de vista reina no seu domínio dando-lhe feições diversas daquelas do período antes-guerra. Como marca da atualidade, o tenebroso misticismo desapareceu. Já, não existe dentro do sistema científico algo misterioso, algo transcendente. A necessidade de tais coisas desapareceu.

Mesmo naquela época anterior à Segunda Guerra, existiam pessoas repudiando o misticismo no domínio da Ciência. Eram ilustres personagens de largas visões do futuro, donos de pontos de vistas filosóficos bem evoluídos. Entretanto, bem pouco era o seu número, pouco aceitas as suas convicções. Em diferente panorama desenvolveu-se a Ciência, nesses vinte últimos anos. A grande maioria dos cientistas não mais espera, nem admite algo místico na estrutura da Ciência. Evidentemente, não estou querendo com isso dizer que o nosso conhecimento da natureza seja completo e sufi-

ciente. Ao contrário. Grande, infinita é a parte desconhecida da natureza. Pequena, finita a parte por nós conhecida. Contudo, essa ousada afirmativa pode ser feita, com relativa certeza: de conhecer-se as interligações dos fenômenos da Natureza. Por tanto, realizado o imprescindível esforço científico, o esclarecimento dos acontecimentos naturais se faria sem o auxílio de quaisquer coisas misteriosas. Enfim, essa parece ser a fé a nortear os cientistas de hoje. Todavia, isso não significa a completa edificação da Ciência. Alcançou-se, simplesmente o limiar da verdadeira ciência.

As partículas elementares constituem o mais abstrato dos níveis qualificativos apresentados pela natureza. Níveis em cujo tópo deve ser colocado aquêlo chamado "Sociedade Humana". Pode-se vislumbrar um encadeamento entre essas partículas elementares, o universo e o próprio homem. Significa a possibilidade de relacionar os diversos níveis existentes em Cosmos.

O avanço seguro da Ciência, nas épocas turbulentas da guerra e após guerra, confirmam o citado ponto de vista e largos horizontes debruçam-se para o futuro. Por isso mesmo, exatamente nos dias de hoje poderemos esclarecer, dar um contorno exato às características da metodologia da Ciência.

Não se pode negar o devido destaque ao desenvolvimento dos detalhes de cada parte da Ciência. Porém, nem por isso fica diminuída a importância de se lançar os olhos para os pontos nodais e para os diversos níveis da natureza. Um tal procedimento é necessário quando se quer, além de promover o desenvolvimento, evitar o isolamento das partes individuais.

Uma marcante característica da Ciência atual é o encadeamento contínuo das suas subdivisões. A Física é a base das outras ciências. É como se ela fôsse a terra-mãe onde as raízes devem ser lançadas para que as outras ciências como troncos, galhos e fôlhas possam crescer. Por outro lado, um tempestuoso progresso está se processando. Êsses e outros fatores não permitem mais o isolamento dos vários ramos individuais das Ciências. A fronteira a unir cada um desses ramos não merecia a importância devida dos homens de outrora. Êles, simplesmente, desprezavam-na. Procedimento natural, pois, cada uma das subdivi-

visões era autônoma, independente. Atualmente, as palavras, fronteira, ou limite, não têm mais significado. As partes ligam-se, encadeiam-se continuamente.

Ao lado dessas tendências, um perigo começa a mostrar-se. O perigo de se perder nesta vasta conjuntura. De perder de vista as interligações, o significado qualitativo dos vários níveis da natureza. Logo, torna-se necessária a adoção de uma metodologia. Metodologia esta, possibilitando o conhecimentos dessas interligações, desses pontos de união, desses pontos nodais.

Agora, cite-se rapidamente, alguns dos problemas mais importantes de cada parte da Ciência, referente a pontos nodais.

A Matemática é conhecida como o estudo das quantidades mais abstratas possíveis. O termo "quantidade" deve ser tomado como reservas. Pois, a Matemática reflete também os estados qualitativos dos fenômenos. Entretanto, êstes são moldados na forma conhecida como grandeza. Donde a definição acima. Logo ela seria a lógica da natureza. Da natureza, tomada no seu sentido mais amplo, incluindo a sociedade humana e tomada sob o ponto de vista do conceito de grandeza matemática.

Um importante problema, neste domínio é o da continuidade. Através dos tempos, muito se tem falado sobre o assunto. Nos dias de hoje, muitos acreditam estar a matemática inteiramente traspassada pela lógica formal. É o pensamento dos adeptos da lógica analítica e lógica formal. Sob o ponto de vista metodológico, êste fato desperta muito interesse. Porém, rigorosamente falando isto não é correto e além do mais de pouca utilidade. O problema da continuidade nos fornece um bom exemplo. Nele as leis da lógica formal não podem imperar de modo absoluto. É exatamente, o conteúdo desse fato, a mola propulsora do desenvolvimento inesgotável da Ciência de Gauss.

Sobre estas minhas idéias recebi algumas críticas, críticas estas tôdas do molde como a exposta por uma certa pessoa do grupo da Lógica Analítica: "Defende o senhor Taketani a existência de uma contra

dx
dição implícita em $\frac{dx}{dt} = 0$. Porém na equa-

ção de movimento ao se realizar a integração não existe, em absoluto, a necessidade de se levar em conta êsse fato". Por outro lado, alguns têm a convicção de que desde a implantação do método $t - dt$, o

Cálculo Diferencial e Integral esteja inteiramente sob a égide da lógica formal. Mas, note-se, a Matemática não terminou aí. O progresso desta disciplina não se fez somente na forma de integração das equações de movimento, aliás muito elementares. A realidade foi bem diversa. Por exemplo a fecunda teoria da Integral de Lebesgue surgiu ao tentar-se integrar funções de propriedades muito complexas. Insontestavelmente, essa teoria proporcionou vários progressos notáveis. Prova evidente da falta de fecundidade do grupo da Lógica Analítica e da pouca versatilidade da Lógica Formal.

Na minha opinião, a lógica formal expressa o resultado ou a forma da operação, enquanto a lógica dialética expressa o princípio, o fundamento da operação. Alegoricamente falando, a lógica formal seria as diversas relações entre os resultados da integração, enquanto a dialética corresponderia à equação diferencial ou ao princípio.

Em seguida, existe o problema da teoria das partículas elementares. O objetivo dessa teoria é estudar a estrutura da matéria quando esta é levada ao máximo da abstração. Recentemente, ela vem demonstrando progressos notáveis. Outrossim, nesse âmbito científico, a importância e a eficácia da metodologia ficam evidenciadas. O conhecimento das múltiplas realidades patenteadas pelas experiências grandiosas são de pouca valia, se não se tem um plano estratégico para utilizá-las. Os mais famosos nomes da física japonesa realçam esse ponto. Graças a isto, a teoria das partículas elementares desse país pode desempenhar um papel central no mundo. E presentemente, caminha a passos firmes para a construção de uma nova mecânica das partículas elementares. Ressalte-se ainda o fato dessas pesquisas estarem sendo realizadas num ambiente pouco propício, talvez o pior entre os países civilizados.

O princípio da indeterminação e a negação da lei da casualidade, dentro da Mecânica Quântica, levaram muitos a adotarem uma interpretação mística da mesma, no período anterior à Segunda Grande Guerra. Entretanto, nessa mesma época, já existia no Japão uma solução racional da questão, como sempre pelo fato de se ter adotado um ponto de vista metodológico. Muito depois, há uns três anos, também nos outros países o problema foi resolvido segundo as mesmas linhas.

A influência do ponto de vista metodológico vem se fazendo sentir igualmente nos problemas relativos aos corpos celestes e do universo, onde muitos resultados foram obtidos. A análise da evolução verificada nestes últimos anos, mostra a possibilidade de esclarecer o Universo sem auxílio de idéias sobrenaturais.

A associação de inúmeros átomos constitui a matéria. Em linhas gerais eis a estrutura atômica: as partículas elementares formam o núcleo atômico; ao redor deste revolvem os elétrons. Com o conhecimento dessa configuração atômica, a teoria das propriedades da matéria recebeu um decisivo progresso. É desnecessário salientar a importância do papel desempenhado pela Mecânica Quântica nesse campo. Todos a conhecem de sobejo. Assim, a partir da Segunda Guerra, graças a essa teoria, o mundo maravilhado viu o advento de novas e revolucionárias técnicas. A utilidade assombrosa destas é incontestável.

Essas questões referentes à reunião de numerosos átomos lançam novas luzes à tecnologia, iluminando novos e importantes problemas. Do ponto de vista fundamental, notam-se duas tendências modelares dos diversos pontos nodais da natureza. Uma, vem de longe. Desde o século XIX, o seu esclarecimento vem sendo feito a passos lentos, mas firmes. Nela aparece, de modo marcante, devido à reunião de várias partes da matéria. O ajuntamento de umas poucas moléculas não provoca a formação de um novo estado qualitativo, a menos que o faça de um modo específico. Esse ajuntamento nada apresenta de novo a não ser maior complexidade entre as suas interações. Ou seja, nele não podemos definir conceitos como temperatura e entropia. Porém quando o número dessas partículas atinge cifras inumeráveis, curiosamente vê-se a formação de um novo estado qualitativo. Qualidades estas não existentes em cada uma das partículas. Isto é, não podemos atribuir conceitos como temperatura e entropia a cada uma das moléculas. Todavia, daí não se infere o aparecimento místico dessas propriedades. Estas foram obras exclusivas, nasceram do próprio ajuntamento da matéria. Outrossim, existem ajuntamentos nos outros sentidos, mais uniformes, tais como aquele caracterizado pelos sólidos. No período após guerra, as pesquisas referentes aos mesmos promoveram um considerável desenvolvimento da teoria das propriedades da matéria.

A outra direção da evolução da matéria, considerada como conjunto de átomos, é aquela no sentido das moléculas de alta polimeria. Neste setor, também o poderio da Mecânica Quântica é constatada. Na teoria quantizada das propriedades da matéria vê-se a formação de novos níveis qualitativos a partir da reunião de átomos. Convém notar a diversidade existente entre essa formação e aquela originada como a média dos numerosos, quase infinitos átomos. Um dos pontos nodais de suma importância nesse sentido é o nível chamado vida. A vida! Quanto mistério ao seu redor e quantas tentativas de se defini-la. Sobre o assunto destaquemos as pesquisas de Oparin, Bernal, Schrödinger. Três pessoas, três pontos de vista. O primeiro e o seu grupo, seguem o ponto de vista químico (moléculas de alta polimeria). O segundo, sob o ponto de vista das propriedades da matéria. No trabalho do último a vida é considerada como um sistema especialíssimo, tendo como base a entropia. Contudo, outro pensamento existe. É aquele considerando a vida como uma extensão da teoria do autômato de Neumann. Extensão esta possível graças à cibernética, uma recente teoria de cunho matemático, aliás, usada também nos computadores eletrônicos.

Todos esses pontos de vista têm as suas diferentes significações. Não obstante, poder-se-ia citar um outro proposto pelo físico norte-americano Morrison. Define-se a vida como uma forma de existência da energia livre (free-energy) das substâncias de alta polimeria, idéia proveniente da física das moléculas de alta polimeria. Este modo de pensar prende uma outra face da questão muito diferente daquela evidenciada pela teoria do autômato de Neumann. E coincide com raciocínios da Química de alta polimeria e com os da Química de enzimas. Em comparação com esta teoria, a do autômato de Neumann proporciona a impressão de ser muito abstrata.

Depois, tem de se considerar a teoria da evolução. Segundo a mesma, alcançada a etapa da vida, esta vai se modificando, no decorrer da história, fazendo surgir novos e múltiplos seres animados. Aliás, o próprio nascimento da vida pode ser encarado como resultado do desenvolvimento processado nas moléculas de alta polimeria. O caráter lógico dessa evolução foi estudado por Bernal.

Em relação a este problema, muitas idéias surgiram na teoria da evolução de Darwin e nas outras de posterior aparecimento. No século XX, relacionado com o problema de mutações e de hereditariedade, vêm recebendo tratamentos experimentais. Contudo muitos cientistas conseguiram visualizar a existência de um valo profundo entre a Genética e a Teoria da Evolução. Ainda hoje, o homem não conseguiu unir a Genética experimental e o Evolucionismo.

Para eliminar um tal profundo valo, tentativas vem sendo feitas pelo grupo Mitchourine-Lissenko. Aparecendo no período antes-segunda guerra, a teoria desses sábios russos, vem sendo aproveitada principalmente na educação das sementes. E nas estepes frias, outrora desertas, da Rússia, plantas alimentícias florescem, mesmo naquele clima rigoroso. Lissenko foi um homem discutidíssimo. Todo o mundo se levantou para aprovar ou condenar as suas idéias sobre Genética. Modernamente, juntamente com as críticas endereçadas a Stalin, recrudeceram aquelas dirigidas ao cientista soviético. Quando o esquecimento vai tomando conta da figura de Stalin, muitos julgam poder fazer o mesmo com a figura de Lissenko. Ao terminar a segunda grande guerra, também no Japão, essa teoria começou a ser discutida. A maioria dos filósofos e cientistas afirmavam com ostensivo desdém: "Não se pode confiar na teoria de Lissenko, pois os seus materiais de prova são insuficientes; portanto não vamos gastar o tempo em considerar o problema". Mas, uma coisa é não confiar, outra considerar o problema.

Para um cientista, ou por outra, para aquele cujo real objetivo é domar, lutar e desbravar um novo domínio, pouco interesse resta se está tudo bem provado. O atrativo máximo do verdadeiro cientista é exatamente essa falta de provas definitivas. Se o assunto considerado não está provado é óbvio que não se deve confiar nele. Porém, quando o ato de não confiar é usurpado por aquele de não mais considerar o problema, o terreno é falso e errôneo. O problema está em saber como agir em face das proposições de pouco crédito. Talvez a exposição de Lissenko seja falsa e mal expressa. Não tem importância. O essencial é saber discernir nesta exposição o certo do errado, verificar a existência de algo útil. Esse algo, naturalmente, estaria exposto de modo inadequado e nebuloso. A importância da metodologia está em descobri-lo, pô-lo na

forma mais conveniente para o seu desenvolvimento. Curiosamente, com triste frequência, acontecimentos como o seguinte se repetem: Uma certa pessoa era adepto da teoria do mestre soviético, nos tempos passados. Todavia, com o advento das críticas a Stalin êle tornou-se um ferrenho crítico de Lissenko.

Esquecendo-se completamente a essência da metodolgia, com fé cega no D.N.A. (ácido desoxi-ribonucleico) êle faz experiências a êsmo no campo da bioquímica. Nem mesmo os mais acirrados opositores de Lissenko nos períodos passados haviam praticado tamanho descalabro. tamanho menosprezo pela metodologia. Na verdade a bioquímica vem contribuindo atualmente para a melhor compreensão da Embriologia e da Genética, mas está ainda muito longe de alcançar os problemas da evolução. Por consequência, ainda não foi atingido o estágio onde se pudesse discutir a questão nos termos formulados. Não se deve fazer confusão em relação a êsse ponto.

— Crítica à Genética do passado; levantamento dos problemas referentes à Evolução; quebra dos preconceitos existentes entre os velhos geneticistas — a teoria de Lissenko deve ser entendida com êste significado. Nesse sentido, ela é uma proposição de primeira classe. O fato dela não ter conseguido atingir um nível suficientemente científico, não dá a ninguém o direito de desprezá-la. Ao contrário, com cuidadosa averiguação metodológica, deve-se com carinho, erigir um sistema mais aperfeiçoado.

Com a evolução, começaram a aparecer as diversas formas da vida. Entretanto, para se chegar ao estágio "Sociedade Humana", deve-se considerar o problema do aparecimento da consciência*. Existe também a questão da origem da sociedade. Uma vez dada a formação da sociedade humana, a Medicina ganha importância científica, ao estudar o homem dentro da Natureza, como um ente participante da mesma.

O ponto de vista racional reina soberanamente na ciência após-guerra. Fato já salientado nas linhas anteriores. Ao lado dessa tendência salutar existe outra prejudicial. Tendência esta materializada na negação da metodologia aplicada na pesquisa.

* N.T. consciência: palavra tomada no sentido filosófico — significa faculdade de sentir.

Nos Estados Unidos, principalmente, êste estado de coisas é alarmante. O empenho naquele país, é de digerir os materiais de pesquisa de um modo mecânico. O interesse está simplesmente nos resultados. Acreditam no progresso da ciência nesses termos. A influência desta mesma tendência se faz notar também no estudo norte-americano de partículas elementares. Contrariamente, no Japão, o pensamento metodológico desempenhou importante papel e dessa maneira a teoria das partículas elementares pôde desenvolver-se. Essa nossa maneira de agir, infelizmente não vem sendo seguida pelo escol da atual geração de físicos japoneses. Êles simpatizam-se mais com o processo norte-americano. Ê na verdade uma espécie de academismo barato. Suas influências malélicas já estão se sentindo na atitude dêsses jovens pesquisadores. Aprendidas as técnicas de cálculo, a forte impressão de serem físicos de grande categoria os domina. Então, não querem mais saber de pesquisas em grupo ou m conjunto. Procuram revistas estrangeiras e efetuam cálculos, verdadeiros tapa-buracos dos artigos lidos. Nada mais falso, nem mais entristecedor. O conhecimento da técnica já desbravada não é privilégio para ninguém. Tôda dificuldade do estudo começa a partir dêsse estágio. O conhecimento dessa verdade primordial e o esforço incomum são qualidades requisitadas pelo verdadeiro físico.

Cite-se um outro exemplo, onde a importância muito grande da metodologia é posta em relêvo. As experiências nucleares são as fontes do tema. A Comissão da Energia Atômica dos Estados Unidos espalhou por todo o Mundo uma rêde de observação sôbre o fenômeno da queda das chamadas "Cinzas da morte". Os dados obtidos, sôbre êsses indesejáveis produtos da fissão devidos a experiências nucleares, atingiram cifras verdadeiramente astronômicas. O encarregado para sintetizá-los e levá-los ao público chama-se Dr. Libby. Mesmo baseado em fontes tão férteis de dados, êsse estudioso da terra de Tio Sam, chegou a uma conclusão contestável. Segundo os relatórios dêle, as "cinzas da morte" não são prejudiciais à humanidade. Conclusão em desacôrdo com a nossa opinião. Fácil é apontar as falhas na maneira de Dr. Libby tratar os materiais fornecidos. Êrros, mas não êrros no processo usual de tratamento científico. O processo é ortodoxo e nenhuma censura pode lhe ser feita. O equívoco é metodológico. Em outras palavras, se a ma-

neira de pensar é falsa, falsa também é a conclusão. Antes da publicação dos relatórios considerados, no território japonês, existiam dados sobre as "cinzas da morte". Números confirmando o raciocínio exposto por nós. E note-se, coincidindo com os números de Libby. Porém, com interpretações completamente diversas. No trato em si, do fenômeno da queda, pouco há de se criticar na obra do especialista ianque. Erros existem, é claro, mas nenhum de gravidade fundamental. O mesmo não se pode dizer em relação aos problemas de seus efeitos sobre o corpo humano... Completamente errado o ponto de vista de Libby. Quando se trata de problema social, então o seu engano é tão grave quanto fundamental. Resultados contristadores provenientes do desprezo da metodologia. Sirva isto de remédio, também àqueles que, no Japão, estão muito orgulhosos só por terem coletado um grande número de dados. Não se está aqui, menosprezando a importância de se reunir uma grande quantidade de dados. Mas só isso, não basta. Mesmo porque, não se poderia com tal modo de agir, criticar resultados como os de Libby.

Sobre a questão, fiz no meu livro "Experiência Atômicas e de Hidrogênio" um desenvolvimento lógico. Nele, também, a importância da metodologia vê-se ressaltada. Uma verdadeira confusão reinava em torno do conceito da "dose de tolerância". Esse caos, desse problema de medicina, graças às críticas desse livro, desapareceu. É um exemplo típico do sucesso das críticas metodológicas.

Como já se referiu anteriormente, os jovens pesquisadores nipônicos da teoria das partículas elementares estão trilhando caminhos pouco recomendáveis. Não realizam reflexão metodológica. Preferem seguir, sem crítica nenhuma, o método norte-americano. Escrevem artigos seguindo métodos pré-estabelecidos, esquecendo de volver os olhos à natureza em si. Uma espécie de academismo. Vil academismo a deslustrar a carreira desses físicos. Nessa maneira de agir, puramente técnica, a crítica de conceitos é completamente esquecida. Esse processo medíocre já existira no Japão do passado, no Japão antes de Yukawa. O ôlho clínico de Bernal já havia notado esse mal, conforme atestam suas palavras expostas no seu livro "Função Social da Ciência" (1938). Frase célebre, apontando o defeito capital da Ciência da Terra do Sol Nascente

daquela época. Muitos outros autores já utilizaram-na. Mas, permitam-me transcrevê-la ainda uma vez: "Os trabalhos japoneses, na sua maioria, apresentam esses defeitos da Ciência norte-americana, como aqueles da alemã. Agravados ainda pelo fanatismo, pedantismo, falta de imaginação e sobretudo pela falta de espírito crítico e pela imprecisão. Contudo, não será justo censurar por isso os cientistas nipônicos. Não se pode esperar muita originalidade, num país onde o governo, com a sua mão forte, abafa todos os ideais da liberdade... Modernamente vem surgindo uma resistência subterrânea contra essa ciência burocrática e militar. Entre os jovens cientistas japoneses, começa-se a despertar o sentimento da responsabilidade social dos seus trabalhos". Essa causa apresentada por Bernal sobre o fanatismo e o colonialismo da ciência japonesa é fundamental. Porém, não se pode negar a existência de outros fatores. Hoje, a liberdade foi alcançada. Entretanto, há um pouco de descuido e nota-se prontamente um retrocesso àquele estado de academismo japonês (se assim consentem-me chamar). É uma tendência, uma triste tendência japonesa criada no passado, a permanecer como uma chaga irremovível.

Um tal academismo, goza na atualidade, entre os novos homens da ciência, de um grande prestígio. Eis um caso a servir de exemplo. um jovem historiador elogiou um livro de história científica com as seguintes palavras: "É uma história de física inteiramente ortodoxa. Não um livro "original" com as impressões do autor formuladas a bel prazer de imprecisos materiais fornecidos pelas citações de outros livros". O autor tão elogiado escreveu também uma obra sobre a história moderna da ciência japonesa. Características da mesma: confusão; falho conhecimento dos materiais, leituras equivocadas. Se nem os materiais da ciência moderna, ele pesquisa com devido rigor, o que não seria sobre os assuntos do passado! Pouco lhe adiantará a leitura dos originais em lugar de citações se a mesma leitura fôr imprecisa. Uma anotação correta dos fatos, ainda que baseada em citações dos outros livros tem grande interesse. A inutilidade de um escrito baseado em originais, porém com leitura, raciocínio e interpretação feitos de maneira errônea, é também evidente. Muitos dizem-se historiadores e salientam a importância de se ter contacto com os originais de antigos cientistas. Em relação a essa afirmação, nenhuma ressalva

a fazer. Todavia, por que essa falta de originalidade dessa mocidade estudiosa? A ausência de pensamento metodológico é a singela resposta. Bradam pela importância da leitura de originais. Uma espécie de patente registrada. Não obstante, mesmo outrora, quando aparecia algum trabalho histórico de grande originalidade, sempre se consultava originais. Consultas essas, sem as falhas metodológicas tão comuns aos nossos jovens senhores. Os seus enfáticos brados perdem-se dentro da mediocridade, digo, da falta de originalidade. Se é assim, melhor seria traduzir êsses originais palavra por palavra e assim contribuiriam mais para o desenvolvimento das pesquisas históricas no Japão.

Existe uma outra tendência, muito relacionada e semelhante a essa. E como não poderia deixar de ser, individualizada pela negação da metodologia. Citem-se as palavras de um certo biólogo, num artigo sobre a metodologia e outros assuntos:

“A minha maior satisfação, no simpósio desse ano, foi constatar a excelente qualidade da maioria dos relatórios apresentados pelos pesquisadores formados pelos diversos departamentos de biologia das faculdades. Dentre êstes, alguns eram de nível a se comparar aos melhores trabalhos mundiais. Dominavam de maneira perfeita as técnicas da biologia, da físico-química e não apresentavam contradições de ponto de vista científico”.

O uso de modernas técnicas, de prestígio mundial, parece ser para êsse autor condição suficiente para considerá-los trabalhos de primeira categoria. Se é uma pesquisa, então, é muito natural o manejo perfeito das técnicas da biologia, físico-química, etc.. Nada existe de extraordinário. Quanto a não apresentar contradições... é evidente. Se se tem de realçar tais coisas corriqueiras, bem baixo deve ser o nível reinante nesses meios. Uma pesquisa só pode ser considerada de mais alta categoria, em relação ao nível mundial, quando vista sistematicamente, ela apresenta uma inteira originalidade em relação a outros trabalhos estrangeiros de grande importância. As palavras acima citadas são o triste atestado do colonialismo científico enraizado no território nipônico, onde a originalidade é de somenos importância.

Entre outras, ainda pode-se notar essas frases: “O pesquisador avança rapidamente

para as provas concretas. Não perde o seu precioso tempo em ficar analisando o fundo filosófico. Nem um segundo de descuido é permitido nessa borbulhante linha de frente da Biologia Experimental. Inúmeros relatórios são apresentados com uma rapidez extraordinária. A assimilação crítica dos mesmos, a correspondência exata, a realidade flutuante são necessidades imprescindíveis. Saber quais as realidades já comprovadas, quais as hipóteses, como se modificam as interpretações das experiências se se der a queda de alguns axiomas, etc... As conferências de salão nada provam. São improdutivas, portanto. Ao contrário, quando o avanço é escudado pelas provas concretas, a sua produtividade não pode ser contestada. Conhecidas as armas necessárias para se obter tais provas concretas, a velocidade das pesquisas aumenta. Em consequência acelera-se também o ritmo da produtividade de novas realidades. Dessa maneira, num período relativamente curto, tôdas as possibilidades baseadas em interminadas bases filosóficas seriam exauridas. As limitações inerentes à metodologia seriam também, transpostas naturalmente, sem perda de tempo”. Nessas linhas, evidencia-se com nítida clareza a negação da metodologia. Para êsse autor, basta trabalhar diligentemente nos laboratórios para se obter um notável salto nas ciências. É logicamente, uma pessoa pouco acostumada com as ciências modernas, pois espanta-se com a numerosidade dos relatórios. Além do mais, acredita que admitida a metodologia, não se possa admitir provas concretas e vice-versa.

As obras dos cientistas estranhos de renome são bastante metodológicas. Muitas vezes, não usam a palavra metodologia, porém, enfrentam a ciência com o espírito estratégico. Em oposição, o trecho acima salienta unicamente o ponto de vista tático da questão, como se isso trouxesse uma evolução enorme. Afirma ainda, com total desconhecimento de causa, ser a metodologia uma improdutiva conferência de salão.

Muitas das discussões realizadas no passado por metodologistas eram supérfluas, meras e banais conversas de salão. Não se nega êsse fato. Mas o exagero, o erro está em considerar a própria metodologia também ser desse naipe. O acúmulo das provas experimentais e concretas não prescinde o uso da mesa. muito ao contrário. A utilidade da mesma é salientada principalmente nos

casos assim. Porque sem a ajuda estratégica da metodologia a pessoa acaba-se perdendo dentro dessa abundância de detalhes. Fato aliás comprovado na teoria das partículas elementares. Principalmente nos Estados Unidos, repetem-se esforços inúteis pela inobservância dessa imutável realidade.

Aproveitando a oportunidade, evidencie-se mais um problema referente à biologia. Para muitos, fazer pesquisas biológicas é fazer uso exclusivo dos métodos bioquímicos em campos tais como o de ácido nucleico. Trata-se de um grave risco. Pois daqui a pouco se pensará que basta fazer experiências relativas ao D.N.A. para a essência da biologia ser tocada. Amostra melancólica da falta de originalidade e individualidade da ciência japonesa. Esse esquecimento da História Natural pela biologia é a testemunha da existência de sérias falhas metodológicas.

Igual coisa pode-se dizer em relação à teoria da evolução. Deve-se dar a necessária importância ao papel desempenhado pela "História Natural". Não se pode esquecer a trajetória de longos anos seguida pela evolução, bem como a parte genética. Significa a necessidade de se observar a essência dos seres vivos por diferentes ângulos. Um exame metodológico é examinar o vínculo lógico entre o lado (exposto pela História Natural) dos fatos. O mesmo se diga em relação às pesquisas referentes ao D.N.A. É preciso fazer um planejamento estratégico. Senão o desnorreamento será completo e as ações serão realizadas a êsmo.

Passe-se, agora, a problemas filosóficos. Sobre a teoria das ciências geralmente se salienta o lado epistemológico das coisas — uma tradição desde Kant. Mas, não se pode deixar a lógica num criminoso esquecimento. Pois, ambas, a epistemologia e a lógica, são de reconhecida importância. Também, em relação a diversas categorias, necessita se considerar o sentido lógico.

Por exemplo, a minha "teoria dos três estágios" é considerada como ordem do conhecimento. Contudo, e preciso fazer o estudo lógico dêesses três níveis.

A relação existente entre, a teoria do conhecimento e a da prática constitui um outro tema. A categoria chamada substância deve ser uma categoria tanto no sentido lógico como no sentido prático. Isto porque, na teoria da técnica, quando um sujeito vai agir sobre um objeto, o sujeito deve ser considerado uma substância a agir sobre outra substância, o objeto.

Teriam os meios filosóficos compreendido o real sentido das ciências hodiernas, agora num novo estágio? Infelizmente, tudo faz crer que não. Minerva (o ambiente filosófico) continua a dormir o seu sono de coruja. Neste fato está localizada a origem do desprezo à Filosofia, tão comum aos cientistas. Por outro lado, os filósofos não admitem problemas propostos pelos cientistas e pelos outros homens em geral. Para eles, tais atos são maléficis ataques às suas pessoas ou então simples murmúrio de leigos.

Não existe maior engano. Esse sentimento de especialista, esse orgulho profissional — nada mais ridículo para um filósofo. Deve-se suplantar esse academismo prejudicial, onde somente os escritos estrangeiros, modernos ou arcaicos, merecem profundas venerações. Um físico teórico não pode desprezar as experiências. Semelhantemente, um filósofo não deve esquecer a realidade. Senão, não se vê motivo para zombar dos homens medievais, adoradores da Bíblia, de Aristóteles e da Inquisição.

Por fim, uma nota sobre o Grupo das Partículas Elementares. Com o uso de duas armas, metodologia e pesquisas em conjunto, pode esse Grupo, desde o período antes guerra, vencer as condições sociais e outras condições por demais desvantajosas do Japão. É uma tradição, uma tradição a ser mantida. Tarefa nada fácil, convém assinar.

Análise Matemática

OMAR CATUNDA

Dentro da Matemática a Análise ocupa posição central, declarou-nos o professor Omar Catunda em entrevista concedida à Evento. Posição central, pela multiplicidade dos processos. Note-se também que a operação de limite é muito mais potente que as operações algébricas; basta analisar os resultados:

$$(-1)^n/(2n+1) = \pi/4 \text{ e } \int_1^x dx/x = \log x$$

com as quais se passa do campo racional a um número transcendente e de uma função racional simples, $x-1$, a uma função transcendente. Além disto, é a Análise a parte da Matemática que melhor traduz o termo "fluir", e que portanto se aplica a todos os processos da natureza em que alguma coisa se modifica de modo contínuo, isto é, por gráus infinitésimos.

Conceitos fundamentais

Os conceitos fundamentais da Análise são os de continuidade e de limite das funções de variável real ou complexa, ou, segundo a terminologia moderna, a estrutura topológica de campo real, do campo complexo, e de seus produtos e potências. Como consequência imediata da noção de limite, temos os conceitos de série, de derivada e de integral, com os algoritmos correspondentes.

$$\int^* = \text{integral}$$

Métodos

Para a construção teórica, o método empregado é comum a toda Matemática: é o raciocínio dedutivo, guiado ou auxiliado pela intuição. As vezes, o cálculo algorítmico é necessário para obter resultados importantes, mas em geral é mais simples e elegante usar um raciocínio que dispense esse cálculo. Para resolver problemas específicos, usa-se todo o algoritmo conhecido com Cálculo Diferencial e Integral, mas quando isso não é suficiente, recorre-se inclusive ao cálculo numérico ou gráfico.

Tipo de lógica

Confesso que não conheço suficientemente a Lógica para distinguir algum tipo especial que se aplique na Análise Matemática. O próprio trato diário com a Ciência permite, em geral, a um matemático distinguir entre um raciocínio certo e um raciocínio falho.

Problemas mais importantes da Análise Matemática

Em todas as teorias da Análise existem problemas importantes. Podem-se assinalar como particularmente importantes, na atualidade:

— O estudo global das soluções das equações diferenciais ordinárias;

— O estudo do comportamento assintótico dessas soluções, em particular os problemas de estabilidade;

— As aplicações da generalização do conceito de solução de equações de derivadas parciais (funções generalizadas ou distribuições).

— O estudo unificado das funções especiais (funções de Gauss, de Legendre, de Bessel, etc. e suas generalizações).

— A extensão das teorias da Análise (medida, integração, fórmulas de transformações de integrais, soluções de equações diferenciais, cálculo de variações, etc.) às variedades diferenciáveis.

Caráter abstrato

Abstrato é qualquer conceito matemático, desde os de número, ponto, reta, plano, etc.. Costuma-se chamar de “abstrato” um conceito geral que engloba outro ou outros particulares, aos quais já estamos habituados. Assim a noção de corpo é abstrata em relação às de número real e racional, mas estas não deixam de ser abstratas em relação à noção de número natural. Como a Matemática frequentemente se enriquece e simplifica por generalização ou extensão de conceitos, a tendência à abstração tem sido constante em toda a história.

Topologia

Recomendo, pela clareza da exposição a leitura do livro de Kuratowski — *Introduction to Set Theory and Topology*, traduzido e publicado recentemente pela Addison Wesley.

Cibernética

Como disse anteriormente, todos os problemas que envolvem movimento contínuo são estudados pela Análise Matemática. O problema do controle ou dos servo-mecanismos, pode ser estudado por meio de uma função de Lyapounov introduzida na equação diferencial que rege um dado sistema (vide *La Salle-Stability by Lyapounov's Direct Method*). Ora, este é o problema fundamental da Cibernética, que para o seu desenvolvimento se serve também da estatística, outro grande campo da aplicação da Análise Matemática.

Análise e a Álgebra moderna

Um dos processos característicos do desenvolvimento matemático é o seguinte: para a solução de um problema ou de uma classe de problemas, descobre-se ou inventa-se uma operação; esta traduz-se em um algoritmo (conjunto das regras exigidas por essa operação); o estudo sistemático desse algoritmo conduz ao estabelecimento da estrutura algébrica do conjunto de elementos aos quais se aplicam essa ou essas operações. Por exemplo, das propriedades da operação limite deduz-se que o sistema das funções contínuas em um intervalo real, com valores reais tem a estrutura de um anel comutativo com divisores de zero. Mas se se consideram funções infinitamente diferenciáveis, além das operações algébricas existe ainda uma outra, indicada com o símbolo D , que opera linearmente sobre a soma que para o produto obedece à seguinte regra:

$$D(uv) = uDv + vDu$$

Daqui deduz-se uma estrutura de anel diferenciável, que é, por assim dizer, uma estrutura superposta à estrutura do anel das funções contínuas. O estudo sistemático dessa nova estrutura faz-se por métodos da Álgebra. Do mesmo modo pode-se estudar outros operadores. Há em quase todas as teorias matemáticas, e em particular na Análise, uma tendência à algebrização, que permite reunir e aprofundar o estudo do sistema em que tal teoria se aplica. Com isto chega-se a dominar uma técnica geral que se aplica à maioria dos casos. Mas quando surgem casos particulares, que apresentam problemas que se afastam dos moldes gerais, é necessário de novo recorrer à Análise, para aprofundar o estudo e eventualmente criar mais uma operação.

Problema da continuidade

O problema da continuidade é fundamental, principalmente para a Topologia. Mas o próprio conceito de continuidade, como disse acima, é um dos conceitos fundamentais da Análise. No entanto, a premissa não é muito exata; o problema da continuidade sempre foi de importância fundamental. Talvez seja mais exato dizer que, sob certo ponto de vista, há uma tendência oposta, a de desprezar, um pouco, a importância da continuidade, substituindo-a pela de integra-

bilidade, ou, mais geralmente ainda, pela de função generalizada ou distribuição. Tudo isto está ligado ao tópico anterior, isto é, à consideração de sistemas algébricos definidos através da Análise. De outro lado, para as aplicações do cálculo diferencial, mais importantes são as funções da classe $C_1, C_2, \dots, C_\omega$ (funções que tem derivadas contínuas de tôdas as ordens) e C_ω (funções analíticas).

Influência da Filosofia

Levando em conta que entre os grandes matemáticos contam-se elementos pertencentes às mais diversas escolas filosóficas ou mesmo crenças religiosas, sou levado a crer que essas convicções não têm nenhuma influência sobre a Matemática. O contrário parece que deveria ter lugar, mas nem disso estou certo. Tenho visto grandes matemáticos conservarem certas crenças e convicções, que para mim, que sou ateu e materialista parecem evidentemente erradas; mas esse erro, se existe, não é demonstrável matematicamente, e para demonstrá-lo de outra maneira, seria preciso partir de premissas aceitas por todos, e isto seria um círculo vicioso.

Desenvolvimento da Análise

Em linhas gerais, podem-se destacar certas etapas do desenvolvimento da Análise:

— (Pré-história) O método de exaustão para o cálculo do volume da pirâmide e do cone (Eudoxo), do comprimento e das áreas do círculo e do segmento de parábola (Arquimedes).

— A criação do Cálculo Infinitesimal no século XVII, a partir da idéia um tanto vaga dos indivisíveis (Galileu, Kepler, Cavalieri, Roberval, Pascal, Fermat, Huyghens, etc.) até chegar às idéias fundamentais de derivação e integração, com

Newton e Leibnitz, sendo que este último criou o algoritmo baseado na notação diferencial, usado até hoje.

— O desenvolvimento do método de resolver equações diferenciais ordinárias e de derivadas parciais, para a solução de problemas específicos, incluindo os de cálculo das variações (Bernouilli, Euler, D'Alembert, Lagrange, etc., no século XVIII).

— A volta às exigências de rigor matemático (Abel, Gauss, Cauchy, Bolzano, Weierstrass, etc.), que começou no início do século XIX, dando origem à teoria dos conjuntos (Cantor) e que se prolonga até hoje com o desenvolvimento da Lógica Matemática. Consequência dessa exigência são os teoremas da existência, como o teorema fundamental da Álgebra (D'Alembert, Gauss), os teoremas de existência e unicidade de solução de equações diferenciais (Cauchy, Lipschitz, Peano) e de equações de derivadas parciais (Cauchy-Kowalewsky).

— O desenvolvimento da Mecânica Analítica e consequente estudo geral das equações de derivados parciais (D'Alembert, Lagrange, Laplace, Hamilton, Jacobi, etc.).

— Teoria das funções analíticas, cuja parte algorítmica deve-se em grande parte a Euler, tem seus fundamentos em Lagrange, mas foi estabelecida com rigor, sobretudo por Cauchy, Weierstrass e Riemann, no século passado.

— Teoria da integração, que se deve em grande parte aos problemas derivados do estudo das séries trigonométricas e que hoje é uma parte da Análise Funcional (Cauchy, Riemann, Lebesgue).

— Tôdas essas teorias e outras mais que se poderiam citar, desenvolveram-se no campo real e no campo complexo.

Com o desenvolvimento da Álgebra e da Topologia, procura-se estender muitas delas a outros sistemas algébricos ou espaços topológicos.

EDUCAÇÃO

Especificação Operacional dos Objetos e Instrução Programada

CLÁUDIO ZAKI DIB

“Current suggestions for improving education are familiar to everyone. We need more and better schools and colleges. We must pay salaries which will attract and hold good teachers. We should group students according to ability. We must bring textbooks and other materials up to date, particularly in science and mathematics. And so on. It is significant that all this can be done without knowing much about teaching or learning”.

B. F. SKINNER

Na educação deve-se procurar atingir objetivos bem determinados. Quanto a isto parece não haver dúvida entre professores, educadores, cientistas, administradores, enfim, todos aqueles que dividem entre si responsabilidade dentro de qualquer sistema educacional. Se, nesse ponto há acôrdo, o mesmo não ocorre com respeito a quais objetivos dever ser alcançados, e se devemos ou não procurar uma forma objetiva para meli-los. Uma tentativa de se dividir os objetos educacionais em dois grandes grupos nos leva a considerar objetivos de longo alcance, envolvendo comportamentos e aspirações filosóficas e éticas, e objetivos que podem ser avaliados em tempo relativamente curto (Glaser).

Iremos fazer referência a apenas êste segundo grupo, tratando-o sob o ponto de vista da tecnologia comportamental. Isto não implica, obviamente, que se possa considerar os primeiros objetivos como menos importantes. A sua abordagem envolveria necessariamente tópicos que fogem do campo que se pretende considerar neste trabalho.

Tecnologia Comportamental como

uma aplicação detalhada da teoria da aprendizagem às tarefas de educar e treinar (Mechner). Segundo essa tecnologia, no planejamento de um sistema de ensino, uma das primeiras tarefas consiste em fazer a especificação dos objetivos finais que devem ser alcançados. Como o que se procura em tal sistema é modificar o comportamento do aprendiz, a especificação desses objetivos deve tornar explícito o comportamento final que se deseja. Entende-se por comportamento final, o comportamento que o aprendiz deve ser capaz de exibir no final da aprendizagem. Ao invés de se determinar quais as informações que se quer transmitir ao estudante, procura-se especificar o comportamento que é considerado como evidência de que êle possui essas informações. Ao invés de se especificar quais os “conhecimentos de aritmética” que o aprendiz deve possuir, construímos um repertório de comportamento finais a partir dos quais podemos inferir se o aluno possui ou não tais “conhecimentos”.

A especificação de objetivos finais não envolve a determinação dos procedimentos, métodos ou meios de ensino, mas

tão somente a determinação do comportamento final que se deseja do estudante. Essa especificação de objetivos deve ser feita de forma operacional, isto é, deve-se determinar qual o comportamento que o aprendiz deve ser capaz de exibir no final da aprendizagem, e dentro de que condições isto deve ocorrer. Em outras palavras, deve-se construir um conjunto de critérios objetivos que permitam determinar empiricamente se os objetivos foram ou não alcançados. Baseia-se no fato de que a única evidência de “conhecimento” ou “compreensão” é uma **evidência comportamental**. A única maneira de se determinar se um indivíduo “sabe” alguma coisa é ver o que **êle diz** ou **faz** sob certas condições (Mechner). Em geral, essa especificação operacional de objetivos educacionais tem a forma de um conjunto de perguntas e respectivas respostas. Difere de um exame no sentido de procurar abranger não apenas amostras do comportamento final, mas todo o comportamento final. Deve permitir medir até que ponto os objetivos do ensino foram alcançados.

A especificação operacional de objetivos pode ter diversas formas. Pode corresponder à identificação da resposta correta, descrição de um procedimento experimental, dar resposta oral ou escrita, realização de experiências, resolução de problemas, etc. Enquanto no ensino convencional o professor geralmente se preocupa com a preparação de **questões para** medir o aproveitamento em seu curso, no final dêste, dentro da tecnologia comportamental o “exame” é preparado **antes** de se iniciar ensino. O tecnólogo do comportamento procura estabelecer não somente o comportamento final que se espera do aluno e as condições sob as quais isso deve ocorrer, como também qual o comportamento de entrada que será assumido. Tem-se, assim, um comportamento de entrada — comportamento do aluno antes de iniciar o processo de aprendizagem, e o comportamento de saída — comportamento do aluno após haver concluído a aprendizagem (comportamento que o aluno deve apresentar). A especificação dos comportamentos de entrada e de saída deve ser feita de forma operacional.

Vejamos alguns exemplos de especificação operacional de objetivos finais:

(a) **Pergunta:** Determinar qual a provável doença que o paciente apresenta,

conhecendo-se os seguintes sintomas: A,B,C,D,E, e F.

Resposta: Infecção pulmonar.

(b) **Pergunta:** Faça experiências para determinar quais dos fenômenos abaixo citados correspondem a fenômenos ondulatórios.

Fenômenos: A,B,C,D,E,F, e G.

Resposta: (O aluno realiza experiências e indica os fenômenos A, C e G).

(c) **Pergunta:** Descreva as experiências que serviram de base para a construção do Modelo de Fôtons para a luz. Indique quais as previsões feitas com o Modelo, que foram verificados experimentalmente.

Resposta: (O aluno descreve as experiências e indica quais as previsões feitas com o Modelo que foram verificadas experimentalmente).

(d) **Pergunta:** Descreva as diferenças que existem entre o papel do refôrço no condicionamento operante e no respondente.

Resposta: (O aluno descreve as diferenças).

No exemplo (b), são especificadas as condições que são aceitas como evidência de que o aluno “conhece” um fenômeno ondulatório — êle deve ser capaz de planejar e realizar experiências, identificando em cada caso se o fenômeno é ou não ondulatório. Se êle fôr capaz de identificar corretamente os fenômenos, diremos que o objetivo final foi alcançado. Nesse caso, foi incorporado ao seu repertório inicial de comportamentos um nôvo comportamento. No exemplo (d), se fôr capaz de resolver corretamente as equações algébricas propostas correspondente ao comportamento final desejado.

O tecnólogo do comportamento tem, frente ao problema de especificação operacional de objetivos educacionais, uma atitude operacional. Se o que se deseja é que o aluno **conheça** reflexão da luz, a tarefa do tecnólogo consiste em determinar quais as condições que serão aceitas como evidência de que o aluno **conhece** reflexão da luz (nessa tarefa o tecnólogo trabalha juntamente com o especialista no assunto). Essa determinação envolve, não somente o conteúdo examinado como também a **filosofia** de ensino que é considerada. Para alguns, o aluno **conhece** reflexão da luz quando é capaz de definir corretamente o que é reflexão da luz. Para outros, quando é capaz de, frente a um grupo de fenômenos, identificar quais

dêles correspondem à reflexão. Outros crêem que ambas as coisas devem ser consideradas, e outros ainda poderão estabelecer maior número de condições.

“Quem deverá, pois decidir qual deve ser o comportamento final desejado? Devemos perguntar a cientistas? Professores? Educadores? Engenheiros? Cada uma destas autoridades dará provavelmente, uma resposta diferente. O problema da educação não pode ser considerado independentemente de um sistema de referência” (Mechner).

O trabalho do tecnólogo de comportamento consiste, em grande parte, em “traduzir” para uma linguagem operacional objetivos expressos em uma forma muito pouco precisa. Como exemplo deste tipo impreciso de especificação de objetivos podemos lembrar os seguintes: o comportamento final que se deseja é o de um **bom pesquisador** ou, queremos que o aprendiz tenha um **raciocínio lógico** no final da aprendizagem. A especificação operacional de objetivos como êsses envolve um árduo trabalho de pesquisas, e não raras vêzes o tecnólogo de comportamento não chega a conclusões definitivas a respeito. Essas limitações na especificação operacional de objetivos constituem, na verdade, limitações do próprio processo educacional. Mais pesquisa deve ser realizada neste setor. Dentro da Instrução Programada êste problema é crítico. Todo programador sabe que somente os objetivos que podem ser especificados operacionalmente permitem a produção de um texto programado. Tudo o que pode ser especificado operacionalmente pode ser programado. O que não pode ser especificado operacionalmente não poderá ser programado, e portanto não poderá ser ensinado. Esta é uma das limitações na aplicabilidade da Instrução Programada. Mas esta não é uma falha do método. Decorre do exíguo conhecimento que se tem de certas expressões normalmente utilizadas no campo educacional, se bem que ainda pouco conhecidas.

Na verdade, habilidades como **espírito científico**, **raciocínio lógico**, **curiosidade científica** e outras, são habilidades que, apesar de pouco conhecidas, são colocadas como objetivos fundamentais dentro da educação. Não raros são os professores que acreditam seriamente em suas capacidades. Acreditam que estão,

realmente, atingindo seus objetivos. Na realidade, êles correm muito pouco risco em sua jornada arrojada — ninguém terá condições para verificar se êles atingiram ou não seus objetivos! (Mechner).

Reconhece-se que tais objetivos são importantes. Pesquisas que estão sendo desenvolvidas presentemente irão fornecer elementos que possibilitarão uma especificação operacional desses objetivos educacionais, Mechner cita algumas habilidades desejáveis em pessoal que irá se dedicar à pesquisa científica: raciocínio dedutivo e indutivo, habilidade em gerar novas hipóteses, habilidade em selecionar hipóteses “frutíferas”, habilidade em testar hipóteses e em decidir quais experiências realizar, habilidade em formular problemas de maneira a poderem ser resolvidos com o método científico. (Mechner). Mechner procura analisá-los sob o ponto de vista comportamental e dá indicação de como tais objetivos podem ser especificados de forma operacional. Em todos os casos a preocupação é sempre a de especificar os comportamentos finais que irão evidenciar que o aluno tem tais habilidades. Algum progresso tem sido conseguido na especificação operacional de habilidades como **perseverança**, **paixência** e **curiosidade científica**. (Mechner).

Êstes são apenas alguns indícios da revolução que está se processando atualmente dentro da educação. É lícito antecipar que grandes benefícios resultarão da utilização plena da ciência comportamental. A educação está longe de poder ser considerada uma tecnologia. Somente agora estão sendo dados os primeiros passos nessa direção. Certos autores como Skinner, vão ainda mais longe ao criticar a educação, considerando-a imatura como uma tecnologia, como pode ser observado pelo fato de “definir os seus objetivos” em termos de níveis de realização convencionais. Professores estão, em geral, procurando reproduzir as características e os níveis de realização de homens já educados. Quando a natureza do comportamento humano fôr melhor compreendida, nós poderemos começar a considerar não somente o que o homem já provou a si mesmo que é, mas o que êle pode vir a ser, sob condições cuidadosamente planejadas. O objetivo de educação não deve ser menos amplo do que o máximo desenvolvimento possível do organismo humano”.

Simpósio Nacional de Física

KAZUO WATANABE



PROFESSOR F. WATSON
(Universidade de Harvard)

Realizou-se em São Paulo, no mês de janeiro último, na Cidade Universitária, o primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física, organizado pela Sociedade Brasileira de Física que contou com a colaboração da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, da Universidade de São Paulo, da UNESCO e do Centro Técnico da Aeronáutica.

Participaram representantes de vários Estados do Brasil, trazendo cada um a sua contribuição, para nesse primeiro encontro de professores, estabelecer um conhecimento exato e geral do ensino em nosso país, seja de ponto de vista qualitativo como quantitativo, dentro das condições da realidade brasileira, com ênfase especial aos trabalhos no campo do ensino da física.

Contou o Simpósio, ainda, com a participação dos representantes do Chile, da Argentina e do professor Watson, um dos responsáveis pelo projeto Harvard, atualmente em execução em várias unidades escolares dos Estados Unidos e em alguns países da Europa.

Não é novidade afirmar de que, embora, devido principalmente a grande extensão territorial, falta no ensino em nosso país uma filosofia educacional de fato tornando o trabalho quase que exclusivamente individual, muitas vezes sem a necessária assistência científico-pedagógica para combater a já decantada improvisação e rotina.

Evidentemente, como mostrou através dos trabalhos apresentados durante o Simpósio, a situação do ensino de Física, e de ciências em geral, atualmente, é de veras desesperadora, e as falhas são facilmente apontadas: falta de professores, a diminuta preocupação das Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras existentes nos

cursos de formação de professores, muitos professores atuais sem formação específica, falta de orientação geral, administração das escolas que na maioria dos casos estão disvirtuadas dos reais objetivos de ensino e da educação, falta de condições mínimas materiais na maioria dos estabelecimentos de ensino, etc., etc..

Todos esses problemas, que sabemos serem verdadeiros, e em algumas regiões do país, a gravidade desses problemas torna-se quase que inverossímeis para os olhos de muita gente, são evidentemente provenientes de natureza estrutural, o que torna difícil as suas soluções através das medidas burocráticas e locais.

Os problemas se avolumaram nos últimos anos, por mais paradoxal que pareça em dois sentidos: em determinadas regiões do país, a falta de população interessada nos estudos trouxe sérios problemas e vem trazendo aos poucos estabelecimentos existentes; em contraste, em outras regiões, como São Paulo, em que a escola média e universitária, outrora destinada quase que exclusivamente a uma par-

cela insignificante da população, é hoje, procurada e tem acesso a ela uma população ponderável, agravando ainda mais os problemas educacionais.

Esses e outros assuntos de interesse geral, deram ênfase à necessidade de uma real reformulação geral de ensino da Física no Brasil e da necessidade de uma estreita colaboração de todos os educadores dos quatro quadrantes para que a interação homem ciência seja uma realidade útil para o nosso país.

Os detalhes do Simpósio, que serão divulgados pela Sociedade Brasileira de Física através de seus boletins, servirão, sem dúvida alguma de alicerce para a projetada reunião que se realizará em caráter, também nacional em São Salvador no Estado da Bahia, no próximo mês de julho.

Temos certeza, muitos problemas surgirão dessa reunião, bem como trabalhos no sentido de sugerir medidas que permitam, se não uma solução definitiva do ensino da Física, pelo menos de torná-lo o mais próximo da realidade.

SESSÃO ABERTA

Nota do Redator

No mundo científico a publicação de trabalhos em revistas especializadas é o meio mais comum de difundir a ciência.

Esse sistema, por outro lado, cria às vezes entre os homens de ciência uma falsa idéia de como devem eles intervirem junto à sociedade para contribuir no seu aprimoramento. Desta forma não raras vezes a publicação de trabalhos científicos torna-se uma ambição que sobrepuja o anseio de se fazer ciência e pratica-se pois o personalismo. Evidentemente não é esse o nosso intuito ao criar essa secção, queremos ao contrário difundir a ciência ao mesmo tempo em que criamos condições que incentivem tal meta. Somos cômicos da inexistência de meios para tal e do desperdício humano criativo que isso acarreta, pois trabalhos, quicá muito úteis, são arquivados em face do receio de não estar à altura de uma publicação exterior. Sem dúvida nossa equipe científica tentará selecionar certos trabalhos, mas a firme determinação de que precisamos incentivar a criatividade permanece e que se fôr o caso tal, a secção se abrirá a todos interessados valorizando pois dessa forma, um trabalho científico que muito promete.

É pois com satisfação que anunciamos nesse novo rumo da revista Evento, que existe uma secção destinada não só à maduros homens de ciência, mas principalmente a jovens valores que optam por esse destino.

Sessão aberta recebe trabalhos com duas vias enviados a nosso endereço, devidamente assinados e abrangerá conforme o caso 3 a 5 páginas.

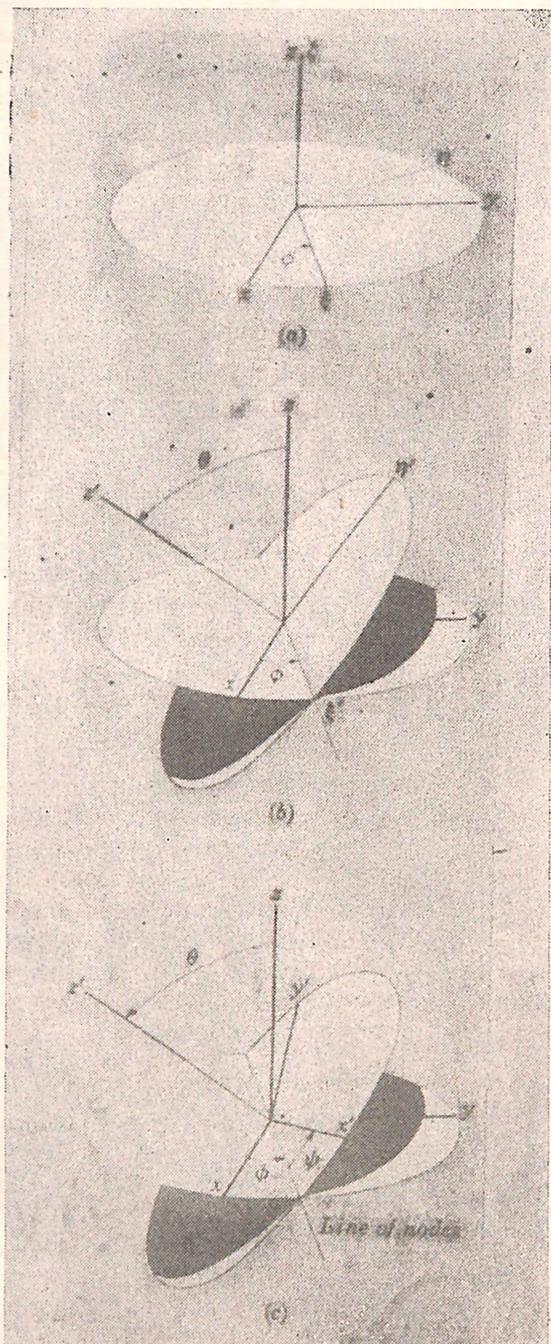
Introdução aos Spinores

SERGUEI TORRIOLI

Este artigo é um trabalho de aproveitamento feito, em 1965, por um dos mais brilhantes alunos do Departamento de Física : *Serguei Torrioli*. Trabalhava êle em Relatividade Generalizada, assunto no qual preparava seu mestrado, quando veio a falecer em condições trágicas, num desastre de automóvel.

O presente artigo é uma introdução, de caráter didático, aos "spinors", entes matemáticos que servem para descrever o *spin* das partículas elementares. O *spin* é uma característica das partículas elementares, tal como a *massa* e a *carga*, mas ao passo que com estas duas últimas o aluno já se familiariza desde o curso secundário, com a primeira tal não ocorre. O *spin* é um conceito da microfísica, não tem uma imagem que possa ser apreendida em termos clássicos, macrofísicos. É observado por suas conseqüências. Bachelard, o conhecido filósofo francês, o dá como exemplo de um objeto racionalista puro. É uma noção que só pode surgir num determinado ponto da evolução da cultura racionalista, uma noção que se encontra numa *perspectiva matemática*. Daí a importância dêste artigo

Prof. AL. ROCHA BARROS



O grupo unimodular unitário bidimensional U_2

É dado pelo conjunto de transformações num espaço complexo bidimensional.

$$\begin{aligned} u'_1 &= au_1 + bu_2 \\ u'_2 &= cu_1 + du_2 \end{aligned}$$

Pela condição de unimodularidade tem-se,

$$\det M = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc = 1$$

Pela condição de unitariedade tem-se $M^* = M^{-1}$, onde M^* significa matriz adjunta de M ou transposta da conjugada de M (ou conjugada da transposta), isto é,

$$\begin{aligned} M &= a_{ij} \rightarrow M^* = \bar{a}_{ji} \\ \begin{pmatrix} \bar{a} & \bar{c} \\ \bar{b} & \bar{d} \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix} \rightarrow \begin{aligned} d &= \bar{a} & a\bar{a} + b\bar{b} &= 1 \\ c &= -\bar{b} & |a|^2 + |b|^2 &= 1 \end{aligned} \dots (II) \end{aligned}$$

$$e \quad u'_1 = au_1 + bu_2 \quad \dots (I)$$

$$u'_2 = -bu_1 + au_2$$

Esses elementos, isto é, cada elemento do grupo será caracterizado por uma matriz unitária unimodular

$$M = \begin{pmatrix} -b & a \\ - & - \\ a & b \end{pmatrix}$$

Os elementos do grupo serão caracterizados por três parâmetros reais, pois a e b envolvem quatro números, estando estas quantidades sujeitas à condição (II). Chamamos aos elementos $u = (u_1, u_2)$ do espaço linear complexo que tem as propriedades (I) e (II), de **espinores elementares**, ligados ao espaço real tridimensional.

As representações do grupo U_2

Seja o espaço gerado pelos monômios de grau v :

$$p_k = u_1^{v-k} \cdot u_2^k, \quad v \text{ e } k \text{ inteiros, } 0 \leq k \leq v \quad \dots (III)$$

$$(p_0 = u_1^v, p_1 = u_1^{v-1} u_2, \dots, p_v = u_2^v)$$

Fixado v , há $v+1$ monômios;
 $k=0,1,2,\dots, v$; o espaço é $(v+1)$ —
 dimensional.

Devido à linearidade de (I), os p_k se transformam cada um em outro (mais precisamente, numa combinação linear) quando (I) é aplicada.

De (II), o produto de duas transformações (I) no espaço (III) resulta igual à aplicação sucessiva das duas transformações.

À transformação unidade ($a=1, b=0$) de (I) corresponde no espaço (III) à transformação unidade $p'k \rightsquigarrow pk$

Temos, de fato, uma representação. Podemos obter no espaço de representação matrizes $(v+1) \times (v+1)$, que correspondem a uma dada transformação M de U_2 , calculando

$p_k = (au_1 + bu_2)v - k, (-bu_1 + au_2)k$
 e rearranjando os termos dos monômios p_k

$$P'K = D_{KL} U_1^{VL} U_2^L = D_{KL} PL$$

Pode-se introduzir a notação:

$$j = \frac{1}{2} v, \text{ com } j=0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, \dots$$

A representação obtida será chamada simbolicamente de D^j . Consiste no conjunto de matrizes:

$$D^j = \{ \dots D^j(M) \dots \},$$

que depende dos parâmetros da transformação M em U_2 . São evidentemente matrizes $(2j+1) \times (2j+1)$: o espaço de representação tem $2j+1$ dimensões. Os elementos deste espaço são chamados espinores de ordem $2j$, ligados ao espaço real tridimensional.

Pode-se provar que as representações (1) D^j são irredutíveis (2), e que todas as representações irredutíveis de U_2 ocorrem na série $D^j=0, \frac{1}{2}, 1, \dots$

A representação mais simples é D^0 (unidimensional): associa o número 1 à todos os elementos de M de U_2 .

A representação D é a representação de U_2 por si mesmo: $p_1=u_1, p_2=u_2$.

A representação D^1 (tridimensional):

$$\begin{aligned} p_0 &= u_1, \\ p_1 &= u_1, u_2, \\ p_2 &= u_2 \end{aligned}$$

Donde a transformação M em U_2 corresponde à matriz

$$D'(M) = \begin{pmatrix} a^2 & 2ab & b^2 \\ -a\bar{b} & a\bar{a}-b\bar{b} & \bar{a}b \\ -b^2 & -2\bar{a}\bar{b} & \bar{a}^2 \end{pmatrix}$$

e assim por diante.

Pode-se verificar facilmente que o produto direto de duas transformações é ainda uma representação de U_2 .

Seja uma transformação complexa conjugada a (I):

$$u'_1 = a u_1 + v u_2, \quad u'_2 = -v u_1 + a u_2$$

.... (IV)

Os espinores pontuados, (u'_1, u'_2) cuja transformação é (IV), não nos dão uma nova representação diferente de $D^{1/2}$, pois se fizermos a identificação

$$u'_2 \rightsquigarrow -u_1$$

$$u'_1 \rightsquigarrow u_2 \quad \text{a transformação (IV)}$$

se torna idêntica à (I).

O mesmo vale para todos os espinores de maior ordem associados às representações D^j . Este resultado está implícito na afirmação de que as representações D^j são todas as possíveis representações irredutíveis de U_2 .

O GRUPO TRIDIMENSIONAL DE ROTAÇÃO — Parâmetros de Cayley-Klein

Feitas nos parágrafos anteriores as considerações introdutórias, vamos passar agora às descrições dos parâmetros de Cayley-Klein.

Como são envolvidas quatro quantidades, esses parâmetros não são todos independentes, não sendo portanto uma boa escolha como coordenadas generalizadas. Foram inicialmente introduzidas na Mecânica Clássica por F. Klein, a fim de facilitar a integração de problemas giroscópicos complicados. Atualmente, o interesse é ligado apenas ao fato de que há uma ligação muito íntima entre eles e o tratamento dado à rotação espacial na Mecânica Quântica. Seja, então, o plano complexo, ou melhor, o espaço complexo bidimensional, dotado de eixos complexos u, v .

À transformação geral

$$u' = \alpha u + \beta v$$

$$v' = \gamma u + \delta v$$

associamos a matriz de transformação

$$Q = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$$

De fato de termos tomado as hipóteses: a) unimodularidade e b) unitariedade, decorre:

$$(I) \quad Q^* = Q^{-1} = \begin{pmatrix} \bar{\alpha} & \bar{\gamma} \\ \bar{\beta} & \bar{\delta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta & -\beta \\ -\gamma & \alpha \end{pmatrix} \rightarrow \begin{matrix} \delta = \bar{\alpha} \\ \bar{\beta} = -\gamma \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} u' &= \alpha u + \beta v \\ v' &= -\bar{\beta} u + \bar{\alpha} v \end{aligned}$$

Seja P a matriz (operador) neste espaço com a forma:

$$P = \begin{pmatrix} z & x-iy \\ x+iy & -z \end{pmatrix}$$

Matematicamente, x, y, z , podem ser considerados simplesmente como três quantidades reais. Fisicamente, serão as coordenadas de um ponto no espaço.

Seja a transformação:

$$P' = QPQ^* = QPQ^{-1}$$

Então, teremos feito simplesmente uma transformação de semelhança de P quando o espaço uv é sujeito à transformação unitária Q.

Note-se que $P^* = P$, e P é auto-adjunto (hermitiana). Além disso, a soma diagonal é nula. Do fato de serem invariantes as propriedades de uma matriz de ser hermitiana e ter traço nulo decorre que P' também será auto-adjunto e terá traço nulo (A propriedade citada acima vale para transformação de semelhança)

$$R' = \begin{pmatrix} z' & x'-iy' \\ x'+iy' & -z' \end{pmatrix}$$

Também $\det P$ é invariante nas condições citadas.

$$\begin{aligned} |P| &= -(x^2 + y^2 + z^2) \\ |P| &= -(x^2 + y^2 + z^2) \end{aligned}$$

Então, a cada matriz unitária no espaço bidimensional associa-se uma transformação real ortogonal no espaço tridimensional usual. Para uma melhor compreensão desta associação, vamos fazer algumas considerações. Seja a matriz real ortogonal B, que faz a transformação: $x \rightsquigarrow x'$ (sist. de coord. $x \rightsquigarrow$ sist. de coord. x')

$$x' = Bx$$

Seja Q_1 a matriz unitária associada:

$$P' = QPQ^*_1$$

Seja a matriz A a que nos dá a transformação ortogonal: $x'' = Ax'$, e Q_2 a unitária associada: $P'' = Q_2 P' Q_2^*$

A transformação direta será:

$C = AB$ ou por Q_3 tal que:

$$P'' = Q_2 Q_1 P Q^*_1 Q^*_2$$

$$Q_3 = Q_2 Q_1$$

Então, a correspondência entre matrizes unitárias complexas 2×2 e matrizes reais ortogonais 3×3 é tal que qualquer relação entre as matrizes de um conjunto será também satisfeita pelas correspondentes matrizes do outro.

Podemos escolher os elementos de uma matriz ortogonal em termos dos elementos da matriz Q.

Fazendo

$$\begin{aligned} x_+ &= x+iy \\ x_- &= x-iy \end{aligned} \quad P' = \begin{pmatrix} z' & x_- \\ x_+ & -z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z & x_- \\ x_+ & -z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta & -\beta \\ -\gamma & \alpha \end{pmatrix}$$

$$P' = \begin{pmatrix} (\alpha\delta + \beta\gamma)z + \beta\delta x_- & -2\alpha\beta z + \alpha^2 x_- - \beta^2 x_+ \\ 2\gamma\delta z - \gamma^2 x_- + \delta^2 x_+ & -(\alpha\delta + \beta\gamma)z + \alpha^2 x_- - \beta^2 x_+ \end{pmatrix}$$

Decorre

$$\begin{aligned} x_+^{\prime} &= 2\gamma\delta z - \gamma^2 x_- + \delta^2 x_+ \\ x_-^{\prime} &= -2\alpha\beta z + \alpha^2 x_- - \beta^2 x_+ \\ z^{\prime} &= (\alpha\delta + \beta\gamma)z - \alpha\gamma x_- + \beta\delta x_+ \end{aligned}$$

Para completar, os elementos da matriz de transformação (a_{ij}) podem ser válidos pela comparação de (III) com a relação abaixo:

$$x'_j = \sum a_{ij} x_i$$

Decorre:

$$A' = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}(\alpha^2 - \gamma^2 - \delta^2 - \beta^2) & \frac{i}{2}(\gamma^2 - \alpha^2 + \delta^2 - \beta^2)\gamma\delta - \gamma\beta \\ \frac{i}{2}(\alpha^2 + \gamma^2 - \beta^2 - \delta^2) & \frac{1}{2}(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2) - i(\alpha\beta + \gamma\delta) \\ \beta\delta - \alpha\gamma & i(\alpha\gamma + \beta\delta) & \alpha\delta + \beta\gamma \end{pmatrix} \quad (IV)$$

A matriz (IV) especifica a orientação de um corpo rígido, que fica totalmente determinada pelos parâmetros $\alpha, \beta, \gamma, \delta$. São estes os chamados parâmetros de Cayley-Klein.

Podemos definir os parâmetros de Cayley-Klein usando os correspondentes ângulos de Euler. Vamos fazer isto construindo as matrizes Q correspondentes às rotações sucessivas separadas que definem os ângulos de Euler, e a seguir combinadas para formar uma só matriz.

a) $\varphi \rightarrow$ rotação em torno de z

$$x'_+ = e^{-i\varphi} x_+$$

$$x'_- = e^{i\varphi} x_-$$

$$z' = z$$

comparando com (III)

$$\gamma = \beta = 0$$

$$\alpha^2 = e^{i\varphi}$$

$$\delta^2 = e^{-i\varphi}$$

$$Q_\varphi = \begin{pmatrix} e^{i\varphi/2} & 0 \\ 0 & e^{-i\varphi/2} \end{pmatrix}$$

b) $\theta \rightarrow$ rotação em torno do novo eixo x , sentido anti-horário

$$Q_\theta = \begin{pmatrix} \cos \frac{\theta}{2} & i \sin \frac{\theta}{2} \\ i \sin \frac{\theta}{2} & \cos \frac{\theta}{2} \end{pmatrix}$$

c) $\psi \rightarrow$ rotação em torno de um eixo z

$$Q_\psi = \begin{pmatrix} e^{i\psi/2} & 0 \\ 0 & e^{-i\psi/2} \end{pmatrix}$$

d) Daí, do isomorfismo já citado

$$Q = Q_\psi Q_\theta Q_\varphi = \begin{pmatrix} e^{i(\frac{\psi-\theta}{2})} \cos \frac{\theta}{2} & i e^{i(\frac{\psi-\theta}{2})} \sin \frac{\theta}{2} \\ e^{-i(\frac{\psi-\theta}{2})} \sin \frac{\theta}{2} & e^{-i(\frac{\psi+\theta}{2})} \cos \frac{\theta}{2} \end{pmatrix}$$

Decorre que os parâmetros de Cayley-Klein, em função dos ângulos de Euler, são:

$$\alpha = e^{i(\frac{\psi+\theta}{2})} \cos \frac{\theta}{2}$$

$$\gamma = e^{-i(\frac{\psi-\theta}{2})} \sin \frac{\theta}{2}$$

$$\beta = i e^{i(\frac{\psi-\theta}{2})} \sin \frac{\theta}{2}$$

$$\delta = e^{-i(\frac{\psi+\theta}{2})} \cos \frac{\theta}{2}$$

A seguir, devemos notar que podemos escolher a matriz P da forma:

$$P = x\sigma_x + y\sigma_y + z\sigma_z$$

onde, $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ são as denominadas matrizes de spin de Pauli:

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Acrescentando-se a matriz $I = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

teremos um conjunto linearmente independente de quatro matrizes. Decorre que qualquer matriz 2×2 poderá ser escrita como combinação linear delas.

As matrizes Q para a rotação em torno de um eixo coordenado podem ser expressas em função dos τ_i numa forma particularmente simples. Por exemplo vejamos Q :

$$Q_{\theta} = I \cos \frac{\theta}{2} + i\sigma_x \sin \frac{\theta}{2}$$

Do mesmo modo,

$$Q_{\phi} = \begin{pmatrix} \cos \frac{\phi}{2} + i \sin \frac{\phi}{2} & 0 \\ 0 & \cos \frac{\phi}{2} - i \sin \frac{\phi}{2} \end{pmatrix} = I \cos \frac{\phi}{2} + i\sigma_z \sin \frac{\phi}{2}$$

$$Q_{\theta} = \begin{pmatrix} \cos \frac{\theta}{2} & i \sin \frac{\theta}{2} \\ i \sin \frac{\theta}{2} & \cos \frac{\theta}{2} \end{pmatrix} = I \cos \frac{\theta}{2} + i\sigma_x \sin \frac{\theta}{2}$$

$$Q_{\psi} = \begin{pmatrix} \cos \frac{\psi}{2} + i \sin \frac{\psi}{2} & 0 \\ 0 & \cos \frac{\psi}{2} - i \sin \frac{\psi}{2} \end{pmatrix} = I \cos \frac{\psi}{2} + i\sigma_z \sin \frac{\psi}{2}$$

Pode-se mostrar analogamente, que a rotação em torno do eixo y tem a mesma forma que as matrizes acima, com σ_z traçado por σ_y . Todas as matrizes de rotação elementar são dadas então, por expressões semelhantes (isto é, expressões envolvendo apenas a matriz unidade e a correspondente matriz σ). Então cada matriz de spin está associada a uma rotação em torno de um eixo particular, podendo ser considerada como o rotador-unidade para esse eixo.

Estudou-se profundamente o espaço uv e suas propriedades. (O vetor complexo pertencente a esse espaço foi chamado *espinor*). O espaço uv , em Mecânica Quântica, parece estar um pouco mais

próximo da realidade física, já que ele inclui os efeitos do "spin" de elétron. Devemos notar que, para levar em conta esses efeitos, a função de onda (ou parte dela) deve ser tomada como espinor.

BIBLIOGRAFIA

- Roman — Elementary Particles (North Holland)
- Goldstein — Classical Mechanics (Addison Wesley)
- Rzewuski — Field Theory, part 1 — Polish Scientific Publishers
- Bade and Jehle — An Introduction to Spinors — Rev. of Modern Physics — 25, pág. 714.

ARTES

Teatro: Uma Entrevista com Ziembinski

A primeira pergunta feita a Ziembinski foi se a função do teatro é de refletir o presente ou propor o futuro.

— Primeiramente, responde, esta pergunta não completa totalmente a função do teatro. Ao procurarmos as manifestações primitivas do teatro, veremos que esse nasceu de um movimento involuntário, espontâneo, religioso, da necessidade de uma elevação espiritual do homem perante algo superior que em princípio nós denominamos Deus. Sendo assim, a função do teatro não é endereçada a uma determinada época, no entanto, o teatro torna-se utilitário através de seu “ar” que se refaz a cada momento conforme se refaz o ser humano e a época cultural da civilização. Sendo esse teatro uma espécie de recomposição formal dos valores que a humanidade traz e transforma, ele tanto representa o presente, como o passado, como o futuro, trazendo dentro de si essas três épocas, semeando aquilo que possa atingir o futuro. Muitas vezes o teatro pode ser influenciado pelo futuro premente, como por exemplo a época espacial influenciou mais o teatro do que o teatro a tinha previsto.

No decorrer de toda a entrevista, Ziembinski revelou ser um grande admirador de Brecht, não permitindo que se estabeleça paralelos entre esse nome e outros que a seu ver possam empobrecer esta grande personalidade. A respeito da possível influência de Piscator sobre Brecht e Grotowski disse:

— Há uma grande diferença potencial entre esses três nomes. Realmente grande nome aí é Brecht. Não só do pon-

to de vista ideológico como também do ponto de vista do autor e do teatrológo que enfrentou o teatro como arte e como veículo ideológico com toda a sinceridade de grande poeta que é, do grande escritor que é, do grande ser humano ideologicamente orientado que é, e do grande conhecedor do teatro que ele é, então o nome de Brecht é totalmente separado, enquanto Piscator, com todo o respeito que eu posso ter é uma espécie de fenômeno de experiência como Grotowski mais ainda é, são pessoas que experimentam encontrar no teatro os elementos novos, os elementos de renovação, de expressão diferentes, de tentativas diferentes, de soluções diferentes, mas Brecht foi criador do teatro, criou um tipo do teatro, um tipo de literatura teatral e esse criador é um criador com C maiúsculo. É um poeta, é um criador, é um dramaturgo, é um homem de fé dentro da sua ideologia e cem por cento sincero, é um homem que está de braços dados com outro homem que nem procura defender-se com armas, que apenas procura mostrar o direito humano desse outro homem de uma maneira extremamente poética, sincera e profunda. Ele nunca procurou lutar, ele procurou ser sincero, ser didático, ele procurou dizer a verdade da maneira que todo mundo consiga compreender. O grande defeito de Grotowski é que ele tenta dizer a verdade da maneira que nem todos conseguem compreender, porque é tão especificamente dele, tão hermética, tão altamente concebida que essa verdade que ele quer dizer talvez noventa e cinco por cento não chegam a ver. Esse que é seu grande defeito, que também em es-

cala menor era na época o defeito de Piscator, embora ele era muito mais sincero, a meu ver e mais próximo da verdade do que Grotowski. Grotowski tem muito mais nome fora do país do que em sua terra natal. O teatro polonês é extremamente desenvolvido, realmente maduro e cômico daquilo que faz, então as experiências de Grotowski interessam mais na Polônia como método, não como resultado, os espetáculos dele são tratados mais como curiosidades, isto porque o teatro polonês sabe fazer o que ele faz sem ter que introduzir o ar hermético que Grotowski lhe dá, sabe fazer isso, sem as extravagâncias secundárias que o próprio Brecht omitia na maior simplicidade e singeleza do seu método. Grotowski urde uma nova técnica, uma nova forma de expressão talvez interessante, talvez realmente admissível, mas no momento terrivelmente perturbadora, então sóme-se de vista aquilo que tem-se que ouvir e ver porque fica-se preocupado com a forma. Logicamente não se pode negar-lhe valor e não posso também negar que naquilo haja uma curiosidade extrema ou talvez inclusive uma possibilidade de se atingir certas coisas que na forma antiga não fossem atingíveis. No momento a forma é extremamente interessante e o preparo do ator, aquilo que Grotowski faz como **exercício**, a libertação do ator do corpo e da psique, por meios mais extravagantes que sejam, vigoram plenamente. Isso, a meu ver, é de extrema importância, de muito maior importância do que os espetáculos dele. Então há uma grande disparidade entre esses três nomes, que eu colocarei: Brecht, Piscator e Grotowski e não o contrário, de importâncias que divergem entre si e de destinos totalmente diferentes. Quanto à sinceridade e ao valor criativo, um deles é totalmente separado que é Bertold Brecht.

Continuando a falar entusiasticamente de Brecht, e com perfeita entonação de voz, Ziembinski reporta-se ao V. effekt — efeito de distanciamento — técnica esta desenvolvida por Brecht: — a nomenclatura desse termo fez-lhe mais mal do que bem, porque a questão é muito mais simples do que muitos pensam desde que o intérprete consiga colocar-se na posição da personagem interpretada e deduzir suas considerações críticas a respeito da personagem, o distanciamento está feito. Logicamente este fato não se aplica a qualquer texto e aqui se comete graves

êros. Não se pode distanciar um texto de Byron nem de Shiller. Obviamente para um texto ser distanciado tem que ser um texto concebido para tal; devido ao fato de ocorrer um processo mental-interpretativo duplo. O ator para obter o efeito que o texto requer necessita interpretar de uma maneira que o espectador sinta o que ele quer transmitir a respeito da personagem. Mas, para que isso aconteça o texto tem que ser adequado a esse tipo de interpretação. É impossível fazer isso num texto de Goethe, talvez possa-se tentar distanciar um personagem de Shakespeare, que na verdade não será bem um distanciamento e sim um meio termo. No entanto, Brecht, é-se obrigado a distanciar, ele escreveu para isso.

E sobre a afirmativa de Grotowski de que o teatro deixou de ser arte de massa, diz ele:

— Eu não sei se o teatro perdeu a comunicação com as massas. Depende do que se entende por essa palavra. Pode-se entender o sentido numérico e o sentido coletivo. Logicamente que rádio e televisão, se se fala no sentido numérico tem que ter maior alcance à massa, o teatro não absorve uma quantidade tal de pessoas que é absorvida por rádio e televisão. Uma coisa é veículo de massas como alcance e outra coisa é como comunicatividade, como Grotowski diz, o teatro deixou de ser arte de massa, e o único que não tem o direito de dizer isso é ele, porque o teatro dele é antimassa. Deve-se citar o exemplo do teatro grego que era arte de massa, mas era excessivamente clara e direta, quanto mais vamos hermetizar, quanto mais vamos procurar a forma, mais ele deixa de ser arte de massa.

O problema de arte de massa é muito sério, eu talvez vá dizer uma coisa que vai ser muito mal vista! Eu não acredito que a arte é necessidade absoluta da massa, inclusive o nosso povo está no caminho de outra manifestação que não vai ser arte, por que isso é invenção de séculos de civilizações passadas, que o homem para ser um ser completo tem que ser destinado à arte, e se não fôr? O rádio e a televisão são os veículos da estupidificação da massa. O rádio e a televisão ganharam alcance, e o teatro perdeu por causa de experiências não muito felizes que outros tentam fazer e não conseguem fazer aí, o que os gregos faziam com tanta facilidade há já séculos passados.

Saindo de um assunto tão atual como

comunicação de massa, abordamos a questão da presença do côro no teatro grego — êste enfraquecia ou fortalecia a atuação do ator?

— O teatro grego foi extremamente formal porque se se admitê coturno e máscara, se se admite o cenário pré-concebido, que é um edifício, se se admite a maneira escansiada de se interpretar e os versos como puro verso ritmado e não em ser interpretativo, emocional (a não ser posteriormente na época de Eurípedes), então tem-se que admitir que naquela época a forma era uma espécie de linguagem e não havia diferença entre a participação do côro e da personagem porque tudo isso se fechava numa única forma, através da qual o espectador compreendia o que deveria compreender. Tanto o côro quanto a interpretação da Antigone ou do Creon não ficavam nem enfraquecidos nem fortalecidos. Hoje nós compreendemos isso diferente, porque quando entra, por exemplo, Antigone e Creon, então nós esbarramos com a interpretação pseudo-realista e quando entra o côro oscila sua forma lírica contra uma forma realista. No espetáculo grego nada era real, tanto o côro quanto o ator, tudo era composto partindo da máscara, da voz da amplificação, dessa voz. O efeito era puramente estético.

A devastação do teatro começou quando entrou no palco a mulher. Enquanto o homem fazia o papel da mulher era pura forma, quando a mulher começou a fazer o papel feminino começou o problema da emoção e quando começou a emoção, acabou a própria forma. Brecht tenta enxugar da forma a emoção. Basta uma forma mais pura de representação.

Finalizando, perguntamos a Zieminski quais as novas tendências do teatro em geral e do teatro brasileiro e qual a seu ver a diretriz que deveria ser tomada pelos jovens, particularmente universitários, desejosos de formar um grupo tea-

tral. Muito interessado pelo assunto, se propôs a escrever um artigo onde exporia tôda sua opinião a respeito. Assim sendo podemos desde já esperar com ansiedade êsse importante pronunciamento sôbre o teatro para o próximo número de Evento.

NOTAS

1) Bertold Brech — natural da Alemanha. Criador, do teatro dialético, revolucionou o teatro moderno, sacudindo as arcaicas estruturas vigentes. A crítica especializada de todo mundo é unânime em consagrá-lo como o maior nome da moderna dramaturgia. Começando com o expressionismo, nos fins da 1.^a guerra mundial, a sua forma de interpretação artística passou por várias fases, até atingir a sua culminância. A sua teoria do efeito do distanciamento é precursora de várias e novas experiências do teatro de vanguarda.

2) Erwin Piscator — Também natural da Alemanha. Criou o chamado teatro político desenvolvendo formas totalmente novas de interpretação e comunicação no teatro. Durante o período nazista, fugiu para os Estados Unidos e lamentavelmente deixou de produzir para o teatro. E nunca mais o fará, pois morreu a alguns anos atrás amargamente descontente com a atuação política dos partidos, tanto da direita como da esquerda.

3) Jerzy Grotowski — Natural da Polônia. Teatrólogo muito conhecido na Europa, leva nas suas obras profundas influências de Piscator. Seu teatro é chamado teatro da participação, onde não há diferença entre público e atores — todos em conjunto formam o espetáculo que diferencia-se de uma apresentação para outra sem um tempo fixo para a duração. Não há exagêro em considerar os seus espetáculos, como fazem muitos críticos de arte, como as experiências mais ousadas do teatro moderno.

Poesias

FRUSTRAÇÃO

Sílvio Motta

Menina-flôr, alegria da manhã
Quem irá, menina-flôr
No doce país dos sonhos
Levar-te ao altar das ilusões?

De certo, eu não
Embora, chore o meu coração

Menina-flôr, esperança de amanhã
Quem irá, menina-flor
Dependurado no abrupto penhasco
Colhêr para ti a rosa do amor?

De certo, eu não
Embora, chore o meu coração

VELHICE

Sílvio Motta

Linda garota de sonhos mil,
Menina-môça
Linda garota
Permita-me falar de uma sublime coisa
[diferente.

À você que é todo sonho, todo amor, tôda
[esperança,

Menina-môça
À você
Uma palavra triste, por ventura, não devesse
[dizer.

Orquídea florida, tão bela aura de ilusão
Menina-môça
Orquídea florida,
Pende, caída, o destino assim quiz

Perdoe-me a desabusada intrusão no seu
[mundo

Menina-môça
Perdoe-me,
Mas eu tivêra de dizer, embora chore o meu
[coração

Um dia, talvez, quando você fôr crescida
Menina-môça
Um dia talvez,
Você compreenda a inútil espera da vida.

