

Carlos Alberto Lobão da Silveira Cunha *mt.*

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação defendida por CARLOS ALBERTO LOBÃO DA SILVEIRA CUNHA aprovada pela Comissão Julgadora em

Data: 20/02/87
Assinatura: *[Handwritten Signature]*

in hand

A GEOLOGIA INTRODUTÓRIA DOS LIVROS DIDÁTICOS NO BRASIL *(n)*

Um estudo da coerência interna dos textos através do conceito de geossinclinal

Esta dissertação foi aprovada com o conceito "A" excelente. Newton Aquiles Zuber. 25/2/87

Prof. Dr. Newton Aquiles Von Zuber
COORDENADOR DE PÓS-GRADUAÇÃO
Faculdade de Educação - UNICAMP

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação, na Área de Metodologia de Ensino, sob a orientação da Profa. Dra. Rosália Maria Ribeiro de Aragão. *(H)*

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Educação

- 1986 -

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

2
J. J. DePue
P. J. DePue
W. J. DePue

Às PATRÍCIAS: Aurora Maria do Nascimento Furtado (Lola), amiga, assassinada aos 10 de novembro de 1972 e Patrícia de Assis Cunha, filha, nascida aos 18 de agosto de 1978, reverenciando o renascer da vida; e à TINA, mulher amada, esperança de vida nova/vida.

A G R A D E C I M E N T O S

Este trabalho possui um responsável, porém, inúmeros corações e mentes (e também braços) com ele se envolveram ou foram por ele envolvidos. Neste momento fica difícil enumerá-los. Um pouco menos difícil é citar o conjunto de pessoas participantes que me confirmam a superação e obsolescência do trabalho solitário à luz das velas — apesar destas terem sido substituídas por várias gerações de computadores.

Tentarei, caso a memória não falhe, listar esse conjunto de pessoas que, do meu ponto de vista, são co-autores deste trabalho:

— a Tina (Ernestina Gomes de Oliveira), cujo estabelecimento de relações entre nossas vidas e a de nossas filhas, catalizou as condições para que eu chegasse ao final;

— o Udi (Pedro Wagner Gonçalves), esteve junto ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho e, caso o apresentasse por mim, tenho certeza que o faria melhor;

— o Negrão (Oscar Braz Mendonza Negrão), conseguiu que eu perdesse, um pouco, a mania de escrever de trás para a frente e acompanhou, sempre e minuciosamente, tudo o que foi acontecendo;

— o José Pedro e a Beti perderam um pouco de suas férias e demonstraram, diuturnamente, como desenvolvem-se relações estabelecidas a partir de uma sala de aula e sem eles a bibliografia e outros aspectos do trabalho não sairiam a contento;

— a Margaret (Maria Margaret Lopes) e Yokico (Yokico Shimabukuro), cada qual ao seu estilo, preencheram lacunas impossíveis de serem cobertas por uma só pessoa;

— o Hilário é co-autor na elaboração do problema tratado;

— a Ana Góes, Celso, Conrado, Ivan, Mariley, Maurício, Moisés, Vivian e Yara, que fazem parte do grande "Grupo de Ensino", colaboraram inúmeras vezes, cada qual a seu modo;

— o José Roberto demonstrou como dominar, sob vários aspectos, uma folha de papel, sem o que eu jamais editaria esse trabalho;

— a Neide

produziu os milagres decisivos nas horas decisivas;

— o Roberto Xavier,

Anita Guimarães e Solange Rígolo dedicaram espaços de tempo importantes, esclarecendo aspectos peculiares às suas formações profissionais;

— a Adriana,

Alice, Amauri, Carmem, Cida, Dora, Flô, Roberta, Valdenir e Valdirene, conseguiram traduzir a minha letra, não mexer na bagunça da sala, "xerocar" rapidamente, providenciar cafezinho sempre e cuidar do banco e correspondência;

— os professores

que responderam ao formulário do Levantamento livro didático — pontapé inicial deste trabalho;

— Rosildo e Orlandina, meus pais,

irmãs e cunhados que sempre incentivaram o "curso para promoção" e bancaram preço afetivo e material incalculáveis.

Restaria agradecer à orientação da Rosa e, mais que isso, ao seu apoio firme nos inúmeros momentos difíceis dessa trajetória.

Assim, ao assumir a responsabilidade pela primeira dissertação apresentada por um geólogo a uma Faculdade de Educação, espero ter contribuído com alguns aspectos educativos.



Campinas, pré-carnaval de 1987.

A P R E S E N T A Ç Ã O

A aproximação do autor com o tema deste trabalho — livros didáticos em Geologia — remonta ao início de sua atividade docente em disciplinas de Geologia Introdutória (G.I.), há pouco mais de uma década. Naquela época deparou-se com questões muito comuns na atividade docente em qualquer tempo: "Adotar ou não alguma obra didática? Em caso positivo, qual delas? E, finalmente, de que maneira compatibilizar a obra escolhida com o programa a ser cumprido?"

No caso específico deste autor, a solução para tais dilemas não foi elaborada individualmente, uma vez que o mesmo fazia parte de uma equipe — o extinto Grupo de Ensino Básico do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo — responsável pelo desenvolvimento da disciplina Geologia Geral. A equipe optou por uma entre as duas obras em língua portuguesa então disponíveis no mercado e compatíveis com a abrangência do conteúdo da disciplina.

Na pretensão de utilizar a obra escolhida e, ao mesmo tempo, evitar que sua estrutura condicionasse a da própria disciplina, produziu-se material pedagógico auxiliar.

A colaboração na preparação desse material, aumentou o interesse deste autor pelas obras didáticas; este trabalho, de certo modo, faz parte do desenvolvimento desse interesse.

As atividades atuais do autor, na Área de Educação Aplicada às Geociências (AEAG) do Instituto de Geociências da UNICAMP, facilitaram o surgimento de inúmeras críticas e

sugestões que muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

As traduções das citações aqui apresentadas foram feitas pelos integrantes da AEAG. Alguns capítulos e sub-itens são iniciados com verbetes do "Glossário Geológico" de LEINZ & LEONARDOS e do "Novo Dicionário Aurélio" de FERREIRA, respectivamente dicionários específico e geral editados no Brasil. Tal fato se deve à suposição de que estes são os locais de mais rápido e fácil acesso quando há dúvidas sobre determinados termos.

O desenvolvimento deste trabalho encontra-se organizado sob a seguinte forma:

- equacionamento do problema tratado e os objetivos, compõem o Capítulo 1;
- levantamento e procedimentos para a identificação dos livros didáticos adotados em G.I. no País, compõem o Capítulo 2;
- identificação e comparações entre objeto de investigação, método e objeto de estudo em Geologia, assim como os procedimentos adotados, além de breves revisões sobre o binômio rochas/crosta, atualismo e transformações, compõem o Capítulo 3;
- breve revisão dos geossinclinais/geossinclíneos e apresentação do conhecimento sobre um geossinclinal específico, compõem o Capítulo 4;
- procedimentos, análises e comparações entre as obras, assim como as conclusões propriamente ditas, compõem o Capítulo 5;
- à guisa de conclusões, limites e perspectivas antevistas pelo trabalho, compõem o Capítulo 6;
- listagens bibliográficas e dez anexos acompanham o texto.

Í N D I C E

AGRADECIMENTOS	i
APRESENTAÇÃO	iii
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	001
I Algumas Considerações sobre Livros Didáticos	001
II Caracterização de Geologia Introdutória no Brasil ...	004
III Distinção entre Geologia e Geociências	011
IV Objetivos do Trabalho	014
CAPÍTULO 2 - A IDENTIFICAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DE GEOLOGIA INTRODUTÓRIA NO TERCEIRO GRAU	017
CAPÍTULO 3 - AS UNIDADES INTRODUTÓRIAS DAS OBRAS - A Identifi- cação do Objeto, Método e Objeto de Investigaçã em Geologia	034
I Aspectos Básicos da Teoria do Conhecimento Geológico.	034
II A Identificação do Objeto, Método e Objeto de Investi gação em Geologia	043
II.1 LEINZ & AMARAL	044
II.2 CHIOSSI	049
II.3 POPP	050
II.4 ESCP	053
III As Comparações entre as Unidades Introdutórias	060
IV O Conteúdo dos Parâmetros	064
IV.1 O Binômio Rochas/Crosta	065
IV.2 Atualismo	075
IV.3 Transformações	083
CAPÍTULO 4 - GEOSINCLINAIS/GEOSINCLÍNEOS	088
I Geossinclinais/Geossinclíneos - Um Pouco de História.	090
II Um Geossinclíneo - Um Pouco da Faixa Damara	101
II.1 Elementos Norteadores	102
II.2 A Faixa Damara	103
II.3 Resumo de Procedimentos Metodológicos Adotados no Programa de Pesquisas da Faixa Dobrada Damara	112
II.4 Observações Gerais	115

CAPÍTULO 5 - OS GEOSSINCLINAIS NOS LIVROS DIDÁTICOS (A Coe- rência Interna e as Comparações das Obras)	125
I Visão Geral das Obras	126
I.1 LEINZ & AMARAL	127
I.2 ESCP	129
I.3 CHIOSSI	136
I.4 POPP	138
II A Apresentação do Conceito - Uma Visão	142
II.1 LEINZ & AMARAL	142
II.2 ESCP	143
II.3 CHIOSSI	146
II.4 POPP	146
III A Visão sobre Geossinclinais Conforme cada Obra	148
III.1 LEINZ & AMARAL	150
III.2 ESCP	159
III.3 CHIOSSI	171
III.4 POPP	175
IV As Comparações entre as Obras	182
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES OU À GUIZA DE	193
BIBLIOGRAFIA	203
ANEXOS	
ANEXO 1 - Questionário Utilizado no Levantamento Livro Didático..	208
ANEXO 2 - Relação das Instituições de Ensino Superior (IES) que Possuem Disciplinas de Geologia Introdutória	210
ANEXO 3 - Unidades Introdutórias da Obra "Geologia Geral" de LEINZ & AMARAL	219
ANEXO 4 - Unidades Introdutórias da Obra "Investigando a Terra" do ESCP	227
ANEXO 5 - Unidades Introdutórias da Obra "Geologia Aplicada à Engenharia" de CHIOSSI	237
ANEXO 6 - Unidades Introdutórias da Obra "Geologia Geral" de POPP	240
ANEXO 7 - Capítulo 16, "Geologia Geral", de LEINZ & AMARAL ...	244
ANEXO 8 - Capítulo 14, "Investigando a Terra", do ESCP	256
ANEXO 9 - Capítulo 11, "Geologia Aplicada à Engenharia", de CHIOSSI	269
ANEXO 10 - Capítulo 13, "Geologia Geral", de POPP	279

ÍNDICE DAS TABELAS

	página
TABELA 1 Relação Entre Correspondência Enviada e Recebida no Levantamento Livro Didático, Discriminadas por Região Geográfica do País (destacados o Estado de São Paulo e cursos de Geologia) (1984/85)	18
TABELA 2 Relação Entre Correspondência Enviada e Recebida no Levantamento Livro Didático (1984/85), e os Cursos de Graduação (IBGE, 1985), Discriminados por Região Geográfica, do País	19
TABELA 3 Relação Entre Respostas e Quantidades de Alunos Abrangidos no Levantamento Livro Didático (1984/85) Discriminados por Universo de Conteúdo	21
TABELA 4 Relação Entre Respostas Dadas e Respectivas Quantidades de Alunos Abrangidos no Levantamento Livro Didático, Discriminados por Autor (1984/85)	24
TABELA 5 Respostas Dadas no Levantamento Livro Didático, em Função dos Universos de Conteúdo Discriminados por Autor, com Totais Calculados por Autor (1984/85) ..	26
TABELA 6 Respostas Dadas no Levantamento Livro Didático, em Função dos Universos de Conteúdo Discriminados por Autor, com Totais Calculados por Universo de Conteúdo (1984/85)	27
TABELA 7 Quantidade de Alunos Abrangidos por Livros Didáticos no Levantamento Livro Didático, em Função dos Universos de Conteúdo Discriminados por Autor, com Totais Calculados por Autor (1984/85)	29
TABELA 8 Quantidade de Alunos Abrangidos por Livros Didáticos no Levantamento Livro Didático, em Função dos Universos de Conteúdo Discriminados por Autor, com Totais Calculados por Universos de Conteúdo (1984/85)	30

ÍNDICE DOS QUADROS

	página
QUADRO 1 Obras Didáticas mais Citadas no Levantamento Livro Didático e Respectivo Número de Respostas Dadas (1984/85)	23
QUADRO 2 Objeto de Estudo, Método e Objeto de Investigação, com suas Respectivas Formas de Caracterização, Discriminados por Autor	61
QUADRO 3 Caracterização (e sua forma) dos Parâmetros nas Unidades Introdutórias e sua Utilização no Conceito de Geossinclinal, Discriminados por Autor, e pelos Parâmetros no Respectivo Autor	183
QUADRO 4 Uso dos Parâmetros, Forma de Desenvolvimento do Conteúdo, Uso de Termos Técnicos, Explicitação de Relações Entre Unidades e Inserção na Obra, Forma de Organização e Extensão do Conteúdo, Ilustrações e Aspectos Relacionados à História do Conceito ou à Teoria Geossinclinal, Discriminados por Autor	184

ÍNDICE DAS FIGURAS

	página
FIGURA 1 - Seção equatorial da Terra, onde se indica a crosta (continental e oceânica), o manto e o núcleo	66
FIGURA 2 - Diagrama que representa as variações de velocidade das ondas P e S desde a superfície até o centro da Terra; e estrutura deduzida em uma seção terrestre de acordo com a classificação de K. E. Bullen	68
FIGURA 3 - Conjunto de ciências que tratam de vários aspectos do estudo das esferas materiais terrestres em função da perspectiva geológica	71
FIGURA 4 - Faixas e áreas de rejuvenescimento termal e tecto-termal durante o evento Pan-Africano	117
FIGURA 5 - Principais zonas estruturais da área intracontinental da Faixa de Dobramento Damara	118
FIGURA 6 - Posições supostas dos sistemas de rifts durante o início do desenvolvimento do geossinclíneo da Faixa de Dobramento Damara	119
FIGURA 7 - Distribuição de sedimentos marinhos depositados durante a primeira transgressão na faixa de dobramento	120
FIGURA 8 - Mapa paleogeográfico do geossinclíneo Damara no início da subducção geral	121
FIGURA 9 - Tentativa de correlação entre subdivisões estratigráficas, intrusões, idades absolutas, metamorfismo e fases de deformação	122
FIGURA 10 - Nomenclatura estratigráfica e proposta de correlação entre as principais zonas estruturais (Norte, Central e Sul) da Faixa de Dobramento Damara	123
FIGURA 11 - Diagrama generalizado sobre a seqüência de eventos da Faixa de Dobramento Damara	124

L I V R O S

L I V R O S D I D Á T I C O S

LIVROS DIDÁTICOS EM GEOLOGIA

LIVROS DIDÁTICOS EM GEOLOGIA INTRODUTÓRIA

LIVROS DIDÁTICOS EM GEOLOGIA INTRODUTÓRIA NO BRASIL



(*) Neste trabalho não são utilizados os critérios adotados pela personagem, apesar do tempo geológico usar como referência "milhões de anos".

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I - Algumas Considerações sobre Livros Didáticos

A influência dos livros didáticos tem sido reconhecida nos diversos graus de escolaridade, em especial na seleção e organização de conteúdos estendendo-se, por vezes, ao planejamento e avaliação dos cursos.

Ao uso das obras didáticas associa-se pelo menos dois universos importantes: os professores e os alunos.

A desvalorização profissional e salarial da atividade docente vem obrigando o professor a assumir exagerada carga horária didática diminuindo, conseqüentemente, seu tempo para preparo de aulas, pesquisa de material bibliográfico e organização de material pedagógico e levando-o a situações de cada vez maior dependência dos livros didáticos. Da parte dos alunos são obstáculos comuns, de um lado, as deficiências das bibliotecas quanto à infra-estrutura e a diversidade bibliográfica, e de outro, seu baixo poder aquisitivo para diversificar as fontes de consulta por conta própria.

Há que se considerar outros aspectos na utilização do livro didático. Segundo SCHNETZLER (1980):

"Entretanto, sua maior utilização deve ser também explicada pelos investimentos financeiros que implica, e que são consideravelmente inferiores àqueles necessários na utilização de outros materiais didáticos como filmes, slides, video-tapes etc. (...)." (p. 5)

Poder-se-ia objetar serem, as considerações anteriores, mais pertinentes aos primeiros graus de escolaridade, não possuindo, necessariamente, validade no 3º grau. Entretanto, este autor, ao colaborar na produção de material didático auxiliar (ver Apresentação), vivenciou experiência que ilustra as dificuldades de independência do livro didático.

O material referido — roteiros de estudo — foi reunido e publicado sob a denominação de "Guias Metodológicos para Aprendizagem de Geologia Geral" (AMARAL et al, 1979) e contém, em sua "Introdução", esclarecimentos sobre sua relação com a obra didática adotada:

"(...) como essa obra apresenta uma estrutura própria, diversa da proposta para este curso, a sua utilização teve que ser adaptada através de roteiros de estudo, que facilitam o seu uso segundo o ponto de vista do curso, ressaltando os conceitos e informações consideradas fundamentais." (p. 9; grifo no original)

AMARAL (1981), ao examinar quarenta obras de Geologia Introdutória para o 3º grau, assim se refere ao livro didático:

"Pode-se identificar sua influência usual nos seguintes aspectos:

- constitui ponto de referência para a definição do programa das disciplinas;
- serve de base para o desenvolvimento do conteúdo programático durante a execução do curso, através de leituras obrigatórias ou optativas por parte dos alunos, e constitui fonte de referência preferencial para planos de aulas ou para a elaboração de apostilas, sendo que estas raramente modificam a proposta fundamental de conteúdo nele contido;

fornece orientação metodológica de ensino, no caso daquelas obras que também a incluem junto com o texto informativo.

Em resumo, o livro-texto representa o mais significativo recurso didático, utilizado pelos docentes condicionando muitas das demais decisões didáticas relativas ao curso, inclusive as de cunho metodológico." (p. 27 e 28)

Acredita-se, portanto, que o uso do livro didático não apresente diferenças significativas entre os citados graus de escolaridade.

Acrescente-se também que, independentemente do grau, os conhecimentos encontram-se registrados e organizados permitindo, assim, análises das obras sob vários pontos de vista.

A reconhecida importância do livro didático não é refletida pela produção de trabalhos e estudos em quantidade compatível com essa importância, pois segundo ALBUQUERQUE (1976), citado por SCHNETZLER (1980):

"Embora seja ainda o mais importante meio auxiliar de ensino à disposição dos professores no Brasil, o livro didático vem sendo quase que completamente ignorado como objeto de estudo pelos pesquisadores e estudiosos da Educação em nosso País, [na medida em que dentre] 546 pesquisas arroladas no Cadastro de Pesquisas Educacionais no Brasil (1968 - - 1973), nem uma só teve o livro didático como objeto de estudo." (p. 3)

Confirmação dessa situação pode ser encontrado em OLIVEIRA et al (1984):

"Não seria exagero dizer que se podem contar nos dedos os textos sobre livros didáticos no Brasil. Em uma biblioteca como a da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, não se encontram nas estantes mais do que quatro ou cinco livros que tratem especificamente do tema:

Alguma coisa sobre conteúdo, sobre a legislação passada e atual, alguns relatos sobre as agências comprometidas com livro didático, alguns artigos de jornais ou revistas, mas nada de mais abrangente ou sistêmico." (p. 19)

Este quadro pode estar em processo de mudança. O Departamento de Metodologia do Ensino da Faculdade de Educação da UNICAMP registra, em seu Programa de Pós-Graduação, a elaboração de nove dissertações, entre 1977 e 1986, tendo como tema o livro didático. Nenhuma delas, porém, refere-se ao conteúdo geológico.

As únicas referências a livros didáticos em Geologia no Brasil são AMARAL (1981) e o trabalho correlato de AMARAL & NEGRÃO (1981).

II - Caracterização de Geologia Introdutória no Brasil

O trabalho de AMARAL (1981) examina conteúdo e enfoque de quarenta obras em GI a partir da macroorganização das mesmas, descrevendo e comparando-as.

AMARAL & NEGRÃO (1981) colocam a questão:

"Qual a validade de se estruturar programática e metodologicamente as disciplinas de Geologia Introdutória com base nas obras didáticas correspondentes, disponíveis no mercado?" (p. 235)

Após examinarem mais detidamente as obras em língua portuguesa e editadas no Brasil, os autores finalmente concluem:

"O problema inicial, que orientou esta reflexão, acreditamos estar satisfatoriamente respondido: as obras nacionais e estrangeiras, pelo menos as mais conhecidas disponíveis em nosso mercado, não satisfazem o que modernamente se deve exigir de um curso de Geologia Introdutória na realidade brasileira." (p. 242)

Os trabalhos de AMARAL (1981) e AMARAL & NEGRÃO (1981) remetem a uma questão que se faz necessário responder: como caracterizar a Geologia Introdutória no País?

Essa questão não pode ser examinada independentemente do momento em que ocorrem os primeiros contatos dos estudantes com o conteúdo geológico. Assim, PASCHOALE et al (1981) analisando o conteúdo geológico no 1º e 2º graus nas décadas de 50, 60 e 70, no País, esclarece:

- "a. a Geologia nunca contou com uma disciplina própria nos níveis de escolaridade consideradas;
- b. a Geologia foi progressivamente sendo retirada dos conteúdos programáticos das diversas disciplinas de Ciências e Geografia;
- c. diminuiu, com o correr dos anos, a carga horária de Geologia nas diversas licenciaturas correspondentes." (p. 159)

Tal situação caracterizada é confirmada por AMARAL (1981):

"- Adotando-se o ponto de vista da Geologia, é evidente a quase ausência do conteúdo geológico na

Escola de 1º grau." (p. 16)

- "- (...) A Geóciências, e muito menos a Geologia, em nenhum momento se organiza dentro de um quadro lógico próprio de área de conhecimento: em todas as séries é utilizada como tema introdutório ou complementar, portanto, submetida à lógica de outras áreas do conhecimento." (p. 16)
- "- A Escola de 2º grau, vista sob o prisma terminante (dos estudantes que nela encerram sua vida escolar), não oferece praticamente qualquer oportunidade de contato com o conteúdo geológico, mesmo em habilitações com evidentes afinidades com o mesmo (...)." (p. 17)
- "- A Escola de 2º grau, vista sob o prisma de preparação para a Universidade, também não muda o teor da questão, já que apenas uma das 67 habilitações existentes inclui Geologia no seu currículo. Os exames vestibulares, coerentes com a situação descrita, excluem de seus programas qualquer vestígio de conteúdo geológico, mesmo nos cursos de Geologia ou áreas afins." (p. 17)

Nos dois últimos trabalhos citados destacam-se dois aspectos: a distinção entre Geologia e Geociências (discutido posteriormente neste Capítulo), e a inexistência no 1º e 2º Graus de contato institucional sistematizado com o conteúdo geológico. A importância desse conhecimento é destacada por CUNHA (1984):

"Ressalte-se que a criança, no seu contato com a natureza, não a vê fracionada por áreas, não distingue (e nem pode distinguir) a Física, a Química, a Biologia, a Geografia, a Geologia etc. (...) Seu contato se dá com a natureza como um todo, sem divisões e sem rótulos.

Nesse sentido, como explicar a ausência do conteúdo geológico no 1º e 2º Graus sendo a Geologia uma Ciência de síntese da natureza?" (p. 42)

Não é sem razão, portanto, que nos últimos anos a comunidade geológica vem se manifestando sobre a questão em reuniões da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e em Congressos e Simpósios da Sociedade Brasileira de Geologia (SBG). O ponto culminante foi a organização em Belém (1984) da I Jornada sobre o Ensino do Conteúdo Geológico nos 1º e 2º Graus (GONÇALVES (org.), 1984).

É somente no terceiro grau que se verifica o primeiro contato institucional com o conteúdo geológico, mesmo assim em apenas uma parcela dos cursos. Segundo AMARAL (1981):

"Além dos Cursos destinados à formação de geólogos, são diversos os outros de formação de profissionais de nível superior que fazem uso de disciplinas de cunho geológico, em caráter obrigatório e/ou optativo: Engenharia (em alguns de seus ramos), Agronomia, algumas Licenciaturas (formação de professores para o 1º e 2º graus nas áreas de Ciências Físicas e Naturais e Geografia) e alguns Bacharelados (Ciências Biológicas, Geografia, Física e Química)."
(p. 6)

Pode-se perceber o inusitado da situação em que o conteúdo geológico sai da quase inexistência no 1º e 2º graus, para um amplo leque de cursos que AMARAL (1981) estima envolverem 30 000 alunos anuais em 1976. O mesmo trabalho relaciona as várias denominações que recebem as disciplinas geológicas, chama atenção que a grande maioria apresenta o conhecimento sob uma forma abrangente, e mais:

"Todas as disciplinas mencionadas, seja porque se situam no início das respectivas seqüências curriculares, seja porque praticamente introduzem o estudante em sua aprendizagem do conhecimento geológico (...), podem ser genericamente denominadas de

Geologia Introdutória (GI)." (p. 7; grifo no original)

Ainda segundo AMARAL (1981):

"Entretanto, é importante ressaltar um paradoxo que acentua ainda mais a importância e a responsabilidade que cercam o ensino da Geologia Introdutória. À exceção dos Cursos de Geologia, na maioria dos demais casos a GI inicia e praticamente encerra o contato formal do estudante com o conhecimento geológico, em toda a sua história escolar." (p. 7)

Assim, chega-se a uma situação insólita em que uma disciplina no terceiro grau é, no mais das vezes, ao mesmo tempo introdutória, abrangente e terminalizante.

Como caracterizar o aspecto introdutório? É fundamental ressaltar que, objetivamente, ele independe de nível de escolaridade.

Hoje essas disciplinas ocorrem no terceiro grau. Naturalmente poderão situar-se, institucionalmente, no 1º e/ou 2º graus, ou mesmo desenvolver-se em caráter experimental, localizado, em qualquer desses graus, por iniciativas isoladas de instituições de ensino. O que deve caracterizar o aspecto introdutório é, portanto, o fato de ser o primeiro contato institucional com o conhecimento sistematizado e organizado do respectivo conteúdo em situação de ensino-aprendizagem.

A característica do aspecto "abrangente" pode ser melhor observada em duas situações distintas:

- a) para os cursos de formação de geólogos — aqui ela é associada principalmente ao aspecto introdutório e a uma abordagem ao nível de síntese do conhecimento geológico. É o contato que permite o posterior desenvolvimen-

to, em disciplinas específicas, das partes que compõem o conhecimento geológico.

- b) para os demais cursos — aqui ela é associada à dualidade introdutória-terminalizante. Trata-se, via de regra, do único contato institucional do estudante com a Geologia.

Ao se referir a estudos que poderiam ser desenvolvidos mais pormenorizadamente em outros trabalhos com objetivos diferentes do seu, AMARAL (1981) chama ainda atenção para diferenças de grau quanto à abrangência nas disciplinas de GI:

"Entre as aludidas questões em aberto, configura-se o problema do real significado da Geologia Introdutória. No presente estudo o termo foi utilizado em seu senso lato — curso introdutório de Geologia — deixando livre a possibilidade de que uma introdução a Geologia não venha a significar obrigatoriamente uma Geologia Introdutória." (p. 204; grifos no original)

Entende-se que a questão colocada por AMARAL pode ser resolvida a partir da definição do grau de abrangência do conteúdo programático das disciplinas de GI. Assim, uma disciplina que represente o primeiro contato institucional do estudante com o conhecimento geológico, em que esse conteúdo seja apenas um dos ramos desse conhecimento, preenche o papel introdutório mas não permite uma visão do todo em Geologia. Tal é o caso de disciplinas com as seguintes denominações: "Introdução à Mineralogia", "Elementos de Paleontologia", "Elementos de Petrologia", "Mineralogia e Petrografia", "Fundamentos de Petrografia e Estratigrafia".

A abrangência, do ponto de vista deste autor, significa a apresentação da estrutura básica do conhecimento geo-

lógico, tendo a Terra como centro do processo ensino-aprendizagem.

Não é sem razão que, durante a discussão do novo currículo mínimo para a graduação em Geologia, foi incluída a seguinte ementa, sob o título de "Geologia Introdutória", AMARAL (org.) (1983):

"Introdução à natureza do conhecimento geológico em seus múltiplos aspectos: história da ciência geológica, filosofia da geologia, metodologia de investigação geológica, campos de aplicação geológica e conceitos que traduzam a estrutura do conhecimento geológico. Este último aspecto abrange o estudo dos processos que se desenvolvem nas diferentes esferas terrestres (atmosfera, hidrosfera, biosfera, noosfera, litosfera, manto e núcleo), a interação dos mesmos no presente e seu entendimento ao longo do passado da Terra. Implica no estudo dos processos sincrônicos (compreensão da interação matéria-energia, isto é, do conceito de transformações terrestres) e diacrônicos (métodos históricos da geologia). Envolve a execução de atividades de campo para reconhecimento de processos geológicos e suas interações em situações concretas, como, também, a representação da informação geológica." (p. 22)

A formulação e aprovação dessa ementa envolveu inúmeros representantes da comunidade geológica, discentes, profissionais não-docentes e membros da Sociedade Brasileira de Geologia (SBG). Como pode ser observado no próprio texto da ementa, apesar do seu caráter de introdução, há uma preocupação explícita com o todo do Conhecimento Geológico, ou seja, o caráter abrangente inclui a integração de conceitos, processos, idéias, dados etc.

A preocupação da comunidade geológica em caracterizar de maneira exaustiva e precisa o conteúdo da ementa de GI

em seu currículo de graduação, apesar da sabida continuidade do desenvolvimento do conteúdo geológico em disciplinas posteriores, só vem reafirmar a importância da abrangência quando se trata de cursos para não-geólogos. Assim, para as disciplinas de GI que são ao mesmo tempo introdutórias e terminalizantes, a qualificação em termos da abrangência do conteúdo assume papel mais destacado.

Pode-se, então, esboçar uma definição para as disciplinas de Geologia Introdutória: são disciplinas que, independentemente do nível de escolaridade (1º, 2º ou 3º graus), introduzem a aprendizagem do conhecimento geológico apresentando a estrutura básica desse conhecimento sob uma perspectiva abrangente, que inclui a Geologia como um todo e os principais processos e produtos por ela estudados.

Responde-se, assim, à aludida questão de AMARAL: disciplinas de introdução à Geologia não são Geologia Introdutória quando compreendem ramos componentes do conteúdo geológico, não tendo, portanto, caráter abrangente.

III. - Distinção entre Geologia e Geociências

Ao analisar a macroestrutura de quarenta obras, nacionais e estrangeiras, destinadas a Geologia Introdutória, AMARAL (1981) distingue cinco linhas de conteúdo, a saber: Geologia, Geologia Geral, Geologia Física, Geociências, Geoambiental. Algumas obras não se encaixam, a seu ver, em qualquer dessas linhas de conteúdo, recebendo a designação de "indeterminadas".

Este autor, examinando o trabalho acima referido e observando os livros didáticos mais prováveis de serem adota

dos (*) nas disciplinas de GI, registrou que uma obra se auto-define como "Geociências" e outras se definem como "Geologia" (independente de sua auto-caracterização específica).

Haveria diferenças significativas entre Geologia e Geociências manifestadas nessas obras?

Segundo AMARAL (1981), é possível distinguir a linha de conteúdo Geociências das demais:

"A linha de conteúdo Geociências caracteriza-se por um número moderado de traços exclusivos, quanto "específicos" compartilhados. Os exclusivos estão situados basicamente nos âmbitos do Objeto e Método da Investigação Geológica, tanto no plano do conteúdo quanto de enfoque e, em sua totalidade, nas escalas das sub-categorias e dimensões. Entre seus traços mais marcantes encontra-se a ênfase maior que as demais linhas, atribuída, nos planos de conteúdo e enfoque, às esferas materiais que não a Crosta, embora nos casos da Atmosfera e Hidrosfera compartilhe a característica com a Geoambiental. Em contrapartida, distingue-se também por ser a linha que apresenta a menor ênfase no plano do conteúdo em Crosta Interna Continental." (p. 189; grifo no original)

"No plano do conteúdo, a Crosta Externa Continental é a dimensão mais enfatizada pelas linhas Geologia, Geologia Geral e Geologia Física. Na linha Geociências, a referida dimensão, embora esteja entre as mais enfatizadas, situa-se após Atmosfera e Terra como um todo." (p. 192; grifo deste autor)

Ao elaborar as conclusões de seu trabalho, AMARAL (1981), assim se refere ao conjunto das linhas de conteúdo:

(*) Tomou-se como critério as obras escritas em português, editadas no País e mais facilmente encontráveis nas livrarias.

"(...) as linhas não apresentam diferenças radicais entre si. Isto é verdadeiro até para aqueles que consideram a Geologia como 'o estudo da litosfera' ou para os que a concebem como 'uma ciência essencialmente histórica', pois, todas as linhas, em maior ou menor grau, não descuidam desses aspectos." (pp. 201 e 202)

As considerações de AMARAL levaram ao exame das referidas obras possivelmente adotadas no País. Examinando-se essas obras sob o ponto de vista da maior ou menor referência às várias esferas de materiais terrestres (de acordo com as tabelas das páginas 84, 85, 91 e 106 da obra de AMARAL) constatou-se que nos livros auto-definidos como Geologia há um amplo predomínio dos índices referentes à crosta, comparados com a somatória dos índices das demais esferas. Em Geociências a situação se inverte, porém o predomínio das demais esferas sobre a crosta não atinge a mesma amplitude da situação anterior.

As referidas conclusões de AMARAL (1981), acrescidas das observações feitas nas obras mais provavelmente utilizadas no País, permitem definir, para os limites deste trabalho, que a diferenciação entre o tratamento fornecido pelas obras de Geologia e Geociências se verifica através da importância conferida ao papel desempenhado pela crosta em relação às demais esferas de materiais terrestres. Assim, as obras de Geologia priorizam a crosta, e as de Geociências fornecem importância um pouco maior para as outras esferas, apesar de darem tratamento relevante para a crosta.

IV - Objetivos do Trabalho

O trabalho de AMARAL (1981) e a trajetória profissional do presente autor forneceram o ensejo para o desenvolvimento desta investigação, que começou a ser formulada a partir de algumas questões:

- quais os livros de Geologia Introdutória efetivamente adotados no País?
- quais conteúdos caracterizam as visões sobre Geologia dos autores das obras didáticas?
- é possível identificar, no interior das obras, os referidos conteúdos?

Considerando-se: (a) a importância do livro didático no processo ensino-aprendizagem; (b) a situação do conteúdo geológico em relação aos vários níveis de escolaridade no País; (c) a escassez de trabalhos em relação ao livro didático em Geologia Introdutória no País, em especial no que diz respeito ao próprio interior dos textos, o presente trabalho se propõe a examinar os livros didáticos adotados em Geologia Introdutória no País, no que se refere à sua coerência interna.

Assim, partindo-se da hipótese de trabalho que deve haver coerência interna nas obras didáticas, os textos são examinados a partir de seus conteúdos sobre objeto de investigação, método e objeto da Geologia, verificando-se suas utilizações no conceito de geossinclinal. Este conceito, posteriormente à sua formulação, evoluiu para uma teoria em Geologia que é assim caracterizada por TIKHOMIROV (1971):

"(...) [na] primeira metade do século XX, a geologia desenvolveu-se sob a égide da teoria geossinclinal, que representou uma síntese de enorme bagagem

de conhecimento empírico." (p. 25)

A definição, item a item, dos objetivos deste trabalho, pode ser melhor visualizada como segue:

- objetivo geral:

- . estudar, em livros didáticos de Geologia Introdutória adotados no País, sua coerência interna a partir dos conteúdos correspondentes a objeto de investigação, método e objeto de estudo em Geologia, explicitados ou assumidos pelos autores, e verificadas suas utilizações no interior dos textos, através da identificação de cada um dos conteúdos no conceito de geossinclinal;

- objetivos específicos:

- . identificar as obras didáticas efetivamente adotadas em GI, no País;
- . identificar, nessas obras, a caracterização explicitada — ou assumida — pelos autores dos conteúdos de objeto de investigação, método e objeto de estudo em Geologia;
- . comparar as obras, entre si, em relação aos seus conteúdos de objeto de investigação, método e objeto de estudo em Geologia;
- . identificar parâmetros, a partir da referida comparação, para analisar o interior das obras;
- . analisar a presença de tais parâmetros nos textos, através do conceito de geossinclinal;
- . comparar, em cada livro didático, os resultados da análise referida com a respectiva caracterização dos parâmetros;
- . comparar as obras, entre si, em relação à utilização dos referidos parâmetros nos respectivos desenvolvimentos do conceito de geossinclinal.

Apresenta-se, a seguir, a identificação dos livros didáticos adotados em Geologia Introdutória no País, o que configura a consecução do primeiro objetivo específico deste trabalho.

CAPÍTULO 2

Levantamento livro didático : for
mulário, correspondências, respostas
e tabulações para descobrir ... o
que já se sabia.



CAPÍTULO 2

A IDENTIFICAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DE GEOLOGIA INTRODUTÓRIA NO TERCEIRO GRAU

Este capítulo apresenta a identificação dos livros didáticos mais utilizados em Geologia Introdutória (GI), no País, nas Instituições de Ensino Superior (IES), no terceiro grau, a partir de levantamento específico.

Tomando-se como referência a caracterização de GI feita por este autor (ver p.11), levantou-se junto à Delegacia Regional de São Paulo do Ministério da Educação e Cultura (MEC) uma relação das IES públicas e particulares de todo o País, que potencialmente ministrariam essas disciplinas; acrescentou-se, ainda, a relação dos cursos de Geologia, obtida junto à Sociedade Brasileira de Geologia (SBG). Esse procedimento permitiu o envio, em novembro de 1984, de correspondência com questionário (ver Anexo 1), a 261 IES no País, solicitando informações sobre o uso de livro didático em GI, que recebeu o nome de: "Levantamento livro didático".

Definiu-se como prazo-limite para recebimento de correspondência o dia 15 de fevereiro de 1985. Até esse prazo foram recebidas 78 correspondências, o que significa 28,7% em relação ao total da correspondência enviada.

Apresenta-se na Tabela 1 a quantidade de correspondência enviada e recebida, discriminada por região geográfica do País, destacando-se o Estado de São Paulo — por abran

ger 55,2% das IES listadas — e os cursos de Geologia — pela sua óbvia especificidade nesse levantamento.

TABELA 1 - Relação entre correspondência enviada e recebida no Levantamento livro didático, discriminadas por região geográfica do País (destacados o Estado de São Paulo e cursos de Geologia) (1984/85).

CORRESPONDÊNCIA Regiões Geográficas, Estado de São Paulo, e Cursos de Geologia	ENVIADA		RECEBIDA	
	NÚMEROS ABSOLUTOS	NÚMEROS RELATIVOS (%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	NÚMEROS RELATIVOS (%)
Região Norte (*)	03	1,1	01	1,3
Região Nordeste (*)	16	6,1	04	5,1
Região Sudeste (*) (+)	39	14,9	12	15,4
Região Sul (*)	36	13,9	18	23,0
Região Centro-Oeste (*)	04	1,5	02	2,6
Estado de São Paulo (*)	144	55,2	35	44,9
Cursos de Geologia	19	7,3	06	7,7
TOTAL	261	100,0	78	100,0

(*) Exceto os cursos de graduação em Geologia

(+) Exceto o Estado de São Paulo

Os dados fornecidos na TABELA 1 permitem observar que, tanto a correspondência enviada quanto a recebida, abrangem todas as regiões geográficas do País; tanto na correspondência enviada quanto na recebida os percentuais do Estado de São Paulo são significativos (55,2% na enviada e 44,9% na recebida); os percentuais da correspondência enviada e recebida são bastante próximos em cada caso, à exceção do Estado de São Paulo e da Região Sul que apresentam aproximadamente 10,0% de diferença.

A partir dos dados fornecidos pelo Anuário Estatístico do IBGE (1985) para os cursos de graduação no País, no

ano de 1984, é possível organizar a TABELA 2, onde tais dados são apresentados juntamente com os percentuais obtidos no Levantamento livro didático — estes agora discriminados apenas por região geográfica, sem os destaques da TABELA 1.

TABELA 2 - Relação entre correspondência enviada e recebida no Levantamento livro didático (1984/85), e os cursos de graduação (IBGE, 1985), discriminados por região geográfica, do País.

Correspondência do Levantamento livro didático e cursos de graduação Região geográfica do País	Correspondência do Levantamento livro didático (1984)		Cursos de graduação existentes no País (%) (IBGE, 1985)
	ENVIADA (%)	RECEBIDA (%)	
Região Norte	1,9	2,5	3,0
Região Nordeste	8,0	5,0	18,0
Região Sudeste	72,8	64,2	53,0
Região Sul	15,0	24,4	21,0
Região Centro-Oeste	2,3	3,9	5,0

Os dados fornecidos pela TABELA 2 permitem observar certo paralelismo entre as porcentagens da correspondência enviada e recebida e a distribuição dos cursos de graduação. Portanto, o Levantamento livro didático, apesar de não possuir o caráter de pesquisa rigorosamente sistematizada, abrange o País inteiro e não destoia da distribuição dos cursos de graduação pelas várias regiões geográficas do País.

As dificuldades previstas de delimitação do universo levantado, vinculadas à possibilidade de algumas IES não possuírem — ou possuírem mais de uma — disciplina de GI, foram confirmadas pelas respostas.

Assim, três respostas explicitaram inexistência de disciplina de GI nas IES e setenta e cinco registraram disciplina de conteúdo geológico, mas nem todas necessariamente de

GI (ver caracterização de GI no Capítulo 1, p. 11).

Nem sempre foi atendida a observação integrante do Levantamento livro didático (ver Anexo 1), solicitando que fosse respondido um questionário para cada curso. Alguns respondentes colocaram a mesma disciplina (acrescida dos algarismos I, II e III), em questionários separados e outros referiram-se a duas disciplinas distintas no mesmo questionário.

Optou-se, então, pelo seguinte procedimento:

- a) excluir as respostas que não diziam respeito a disciplinas de GI,
- b) desdobrar as respostas que se referiram a mais de uma disciplina;
- c) agrupar, em um único questionário, os que se referiram à mesma disciplina.

Tal procedimento permitiu que se obtivesse um número total de 101 respostas, correspondentes às IES respondentes que possuem disciplinas de GI. Estas IES encontram-se listadas, agrupadas por região geográfica do País (discriminados o Estado de São Paulo e a graduação em Geologia) ao final deste trabalho, no Anexo 2.

As respostas foram agrupadas conforme a área de conhecimento do curso onde se insere a respectiva disciplina de GI. Assim, foi possível organizar-se sete universos, a saber:

- a) Licenciatura em Ciências - agrupa as disciplinas ministradas nas Licenciaturas para 1º grau ("curta") e 2º grau ("curta" com complementação); agrupa, ainda, as Licenciaturas onde não houve esclarecimento quanto ao nível (1º ou 2º grau).
- b) Engenharia Civil e Tecnologia - agrupa os cursos de Engenharia Civil, mais um de cada dos seguintes cursos: Engenharia de Agrimensura, Estradas e Topografia, e Ciências e Tecnologia.

- c) Ciências Biológicas - agrupa os cursos de Biologia e Ciências Biológicas nas modalidades Licenciatura e/ou Bacharelado e um curso de Biologia e Ecologia.
- d) Geografia - agrupa os cursos de Geografia nas modalidades Licenciatura e/ou Bacharelado.
- e) Agronomia e Engenharia Agrícola - agrupa os cursos de Agronomia e Engenharia Agrícola.
- f) Química, Matemática e Física - agrupa os cursos de Química, Matemática e Física nas modalidades Licenciatura e/ou Bacharelado.
- g) Geologia - agrupa os cursos de Geologia.

Os sete universos caracterizados, a partir de agora denominados "universos de conteúdo", são apresentados na TABELA 3, com os respectivos números de respostas e números de alunos abrangidos.

TABELA 3 - Relação entre respostas e quantidades de alunos abrangidos no Levantamento livro didático (1984/85) discriminados por universo de conteúdo.

Respostas e quantidades de alunos abrangidos Universo de conteúdo	RESPOSTAS		QUANTIDADE DE ALUNOS	
	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)
Licenciatura em Ciências	42	41,6	2 925	41,3
Engenharia Civil e Tecnologia	15	14,9	1 160	16,4
Ciências Biológicas	13	12,9	660	9,3
Geografia	12	11,9	645	9,1
Agronomia e Engenharia Agrícola	07	6,9	810	11,4
Química, Matemática e Física	06	5,9	455	6,4
Geologia	06	5,9	430	6,1
TOTAL	101	100,0	7 085	100,0

A TABELA 3 evidencia a predominância da Licenciatura-

ra em Ciências (mais de 40,0% nos dois casos) superando, em número de respostas e alunos, a somatória dos três universos de conteúdo que imediatamente lhe sucedem.

Observa-se, ainda, por universo de conteúdo, um certo paralelismo entre as porcentagens das respostas e dos alunos abrangidos, excetuando-se o universo Agronomia e Engenharia Agrícola.

O questionário não estabeleceu a obrigatoriedade do respondente assinalar apenas um livro adotado (ver Anexo 1). Passar-se-á a chamar "resposta dada" cada citação de obra didática adotada, pois se encontrava aberta a possibilidade de o respondente registrar a adoção de mais de uma obra — o que ocorreu em vários casos.

Há, portanto, um número de respostas dadas (cada obra citada) superior ao número de respostas (questionário).

O QUADRO 1 relaciona o número de respostas dadas, discriminadas em função dos autores mais citados, assim como as respostas que acusam a não-utilização de livro-didático. Nesse quadro, os valores relativos a "Nenhum" (não adota), encontram-se separados do corpo do quadro, uma vez que eles correspondem, sempre, a apenas uma resposta. Já as respostas dadas podem ser mais de uma por questionário (resposta). Portanto, os valores "Nenhum" serão colocados à margem dos quadros e tabelas, usados apenas como referência, uma vez que não há correspondência direta entre sua unidade e cada resposta dada.

Além dos autores especificados no QUADRO 1, as respostas dadas incluem citações de: três dicionários, dois Atlas, duas obras destinadas a engenheiros, duas estrangeiras e algumas de área específica da Geologia. Uma obra sobre solos é citada duas vezes, três respostas dadas se referem a

QUADRO 1 - Obras didáticas mais citadas no Levantamento livro didático e respectivo número de respostas dadas (1984/85).

TÍTULO DA OBRA	AUTOR	RESPOSTAS DADAS
Geologia Geral	Viktor LEINZ & Sergio Estanislau do AMARAL	61
Geologia Geral	José Henrique POPP	11
Geologia Aplicada à Engenharia	Nivaldo José CHIOSSI	08
Investigando a Terra	Equipe do Earth Science Curriculum Project - ESCP	06
Outros		20
TOTAL		106

Nenhum		20 respostas
--------	--	--------------

"Apostilas" e uma afirma adotar "diversos". Exceto a citação "diversos", todas essas obras sempre acompanham pelo menos uma das quatro mais citadas.

Passar-se-á a destacar LEINZ & AMARAL, ESCP, CHIOSSI e POPP, sob a designação de "autores significativos", citados na ordem cronológica (da mais antiga para a mais recente) do lançamento da primeira edição da respectiva obra.

Os demais se encontram agrupados sob a denominação "Outros".

A TABELA 4 apresenta as respostas dadas, discrimina das em relação aos autores, assim como as quantidades de alu nos abrangidos por cada um desses autores.

TABELA 4 - Relação entre respostas dadas e respectivas quantidades de alunos abrangidos no Levantamento livro didático, discriminados por autor (1984/85).

Respostas dadas e Quantidade de alunos Autores	RESPOSTAS DADAS		QUANTIDADE DE ALUNOS	
	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)
LEIZ & AMARAL	61	57,6	3 950	53,1
ESCP	06	5,6	440	5,9
CHIOSSI	08	7,5	915	12,3
POPP	11	10,4	740	9,9
Outros	20	18,9	1 400	18,8
TOTAL	106	100,0	7 445	100,0

A TABELA 4 evidencia a maioria absoluta das indicações de LEINZ & AMARAL, quer em termos das respostas dadas (57,6%) quer de alunos abrangidos (53,1%). Nas duas situações, o ESCP se apresenta com os percentuais mais baixos das indicações (5,6% e 5,9%, respectivamente). CHIOSSI e POPP alternam a segunda e terceira posição, ou seja, CHIOSSI surge com menor percentual de indicações nas respostas dadas (7,5%) e maior em relação aos alunos abrangidos (12,3%); em contrapartida, POPP apresenta maior percentual de indicações nas respostas dadas (10,4%) e menor em relação aos alunos abrangidos (9,9%). Para esta Tabela, a quantidade de alunos não abrangidos por livros didáticos é 1 370.

A TABELA 5 apresenta as respostas dadas, discriminadas por autor, em função dos universos de conteúdo, com os totais calculados em função dos autores.

A TABELA 5 evidencia ser LEINZ & AMARAL, o único adotado em todos os universos de conteúdo, preferencialmente nas Licenciaturas em Ciências (42,6%). O ESCP é adotado apenas

nas Licenciaturas em Ciências (66,7%) e nas Ciências Biológicas (33,3%). CHIOSSI é adotado apenas em Engenharia Civil e Tecnologia (87,5%) e em Agronomia e Engenharia Agrícola (12,5%). POPP apresenta uma distribuição mais espalhada que os dois autores anteriormente citados, sendo adotado preferencialmente nas Licenciaturas em Ciências (63,6%), seguido de Geologia (18,2%).

Acompanham, ainda, a TABELA 5, os números de respostas que apontam não-adoção de qualquer livro didático, discriminados por universo de conteúdo, onde pode ser observado que nas disciplinas de GI dos cursos de graduação em Geologia sempre se adotam livros didáticos.

A TABELA 6 apresenta as respostas dadas, discriminadas por autor, em função dos universos de conteúdo, com os totais calculados em função dos universos de conteúdo.

A TABELA 6 evidencia a maioria absoluta de LEINZ & AMARAL (55,4%) nas Licenciaturas em Ciências, e que CHIOSSI é o único não citado nesse universo de conteúdo.

Em Engenharia Civil e Tecnologia predomina CHIOSSI (50,0%), único universo onde LEINZ & AMARAL ocupa o segundo lugar (28,7%). O ESCP não é citado.

Nas Ciências Biológicas volta a predominar LEINZ & AMARAL (69,4%) seguido pelo ESCP (15,4%); nesse universo CHIOSSI não é citado.

Em Geografia, LEINZ & AMARAL é absoluto (81,9%), sendo que os demais autores significativos não são citados.

Na Agronomia e Engenharia Agrícola, LEINZ & AMARAL predomina amplamente (57,1%), e POPP e o ESCP não são citados.

Em Química, Matemática e Física, apenas LEINZ & AMARAL é adotado (100,0%).

TABELA 5 - Respostas dadas no Levantamento livro didático, em função dos universos de conteúdo discriminadas por autor, com totais calculados por autor (1984/85).

Universos de conteúdo Autores	LICENCIATURA EM CIÊNCIAS		ENGENHARIA CIVIL E TECNOLOGIA		CIÊNCIAS BIOLÓGICAS		GEOGRAFIA		AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA		QUÍMICA, MATEMÁTICA E FÍSICA		GEOLOGIA		TOTAL	
	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)
LEINZ & AMARAL	26	42,6	04	6,5	09	14,8	09	14,8	04	6,5	04	6,5	05	8,3	61	100,0
E S C P	04	66,7	-	-	02	33,3	-	-	-	-	-	-	-	-	06	100,0
CHIOSSI	-	-	07	87,5	-	-	-	-	01	12,5	-	-	-	-	08	100,0
POPP	07	63,6	01	9,1	01	9,1	-	-	-	-	-	-	02	18,2	11	100,0
OUTROS	10	50,0	02	10,0	01	5,0	02	10,0	02	10,0	-	-	03	15,0	20	100,0
NENHUM	09		03		02		03		01		02		-		20	

NA = Números Absolutos

TABELA 6 - Respostas dadas no Levantamento livro didático, em função dos universos de conteúdo discriminadas por autor, com totais calculados por universo de conteúdo (1984/85).

Universos de Conteúdo Autores	LICENCIATURA EM CIÊNCIAS		ENGENHARIA CIVIL E TECNOLOGIA		CIÊNCIAS BIOLÓGICAS		GEOGRAFIA		AGRONOMIA E ENGE NHARIA AGRÍCOLA		QUÍMICA, MATEMÁ TICA E FÍSICA		GEOLOGIA	
	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)
LEINZ & AMARAL	26	55,4	04	28,7	09	69,4	09	81,9	04	57,1	04	100,0	05	50,0
E S C P	04	8,5	-	-	02	15,4	-	-	-	-	-	-	-	-
CHIOSSI	-	-	07	50,0	-	-	-	-	01	14,3	-	-	-	-
POPP	07	14,9	01	7,1	01	7,6	-	-	-	-	-	-	02	20,0
OUTROS	10	21,2	02	14,2	01	7,6	02	18,1	02	28,6	-	-	03	3,0
TOTAL	47	100,0	13	100,0	12	100,0	11	100,0	07	100,0	04	100,0	10	100,0
NENHUM		09		03		02		03		01		02		-

Em Geologia, LEINZ & AMARAL continua predominando (50,0%), seguido de POPP (20,0%); o ESCP e CHIOSSI não são citados.

Acompanham, ainda, a TABELA 6, as respostas que indicam não-adoção de livro didático, discriminadas por universo de conteúdo.

Apresenta-se, a seguir, as tabelas relacionadas ao número de alunos atingidos pelos mesmos livros didáticos.

A TABELA 7 apresenta o número de alunos atingidos pelos livros-didáticos discriminados por autor, em função dos universos de conteúdo, com totais calculados em função dos autores.

A TABELA 7 evidencia que LEINZ & AMARAL é o único livro didático que abrange alunos em todos os universos de conteúdo, preferencialmente nas Licenciaturas em Ciências (47,1%), seguido de Geografia (13,4%) e Ciências Biológicas (13,2%).

O ESCP também predomina nas Licenciaturas em Ciências (79,5%).

CHIOSSI predomina em Engenharia Civil e Tecnologia (56,3%) complementando sua utilização em Agronomia e Engenharia Agrícola (43,7%).

POPP alcança maioria absoluta nas Licenciaturas em Ciências (55,4%), seguido de Geologia (20,3%).

Acompanham, ainda, a TABELA 7, as quantidades de alunos não atingidos por livros didáticos, discriminadas em função dos universos de conteúdo.

A TABELA 8 apresenta o número de alunos atingidos pelos livros didáticos, discriminados por autor, em função dos universos de conteúdo, com totais calculados em função do número de alunos.

TABELA 7 - Quantidade de alunos abrangidos por livros didáticos no Levantamento livro didático, em função dos universos de conteúdo discriminados por autor, com totais calculados por autor (1984/85).

Universos de conteúdo Autores	LICENCIATURA EM CIÊNCIAS		ENGENHARIA CIVIL E TECNOLOGIA		CIÊNCIAS BIOLÓGICAS		GEOGRAFIA		AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA		QUÍMICA, MATEMÁTICA E FÍSICA		GEOLOGIA		TOTAL	
	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)	NA	(%)
LEINZ & AMARAL	1 860	47,1	350	8,9	520	13,2	530	13,4	175	4,4	235	5,9	280	7,1	3 950	100,0
E S C P	350	79,5	-	-	90	20,5	-	-	-	-	-	-	-	-	440	100,0
CHIOSSI	-	-	515	56,3	-	-	-	-	400	43,7	-	-	-	-	915	100,0
POPP	410	55,4	120	16,2	60	8,1	-	-	-	-	-	-	150	20,3	740	100,0
OUTROS	560	40,0	315	22,5	100	7,2	120	8,6	195	13,9	-	-	110	7,8	1 400	100,0
NENHUM	585		260		100		115		90		220		-		1 370	

NA = Números Absolutos

TABELA 8 - Quantidade de alunos abrangidos por livros didáticos no Levantamento livro didático, em função dos universos de conteúdo discriminados por autor, com totais calculados por universos de conteúdo (1984/85).

Autores	LICENCIATURA EM CIÊNCIAS		ENGENHARIA CIVIL E TECNOLOGIA		CIÊNCIAS BIOLÓGICAS		GEOGRAFIA		AGRONOMIA E ENGENHARIA AGRÍCOLA		QUÍMICA, MATEMÁTICA E FÍSICA		GEOLOGIA	
	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)	NÚMEROS ABSOLUTOS	(%)
LEINZ & AMARAL	1 860	58,5	350	26,9	520	67,6	530	81,5	175	22,7	235	100,0	280	51,9
E S C P	350	11,0	-	-	90	11,7	-	-	-	-	-	-	-	-
CHIOSSI	-	-	515	39,6	-	-	-	-	400	51,9	-	-	-	-
POPP	410	12,9	120	9,2	60	7,8	-	-	-	-	-	-	150	27,8
OUTROS	560	17,6	315	24,3	100	12,9	120	18,5	195	25,4	-	-	110	20,3
TOTAL	3 180	100,0	1 300	100,0	770	100,0	650	100,0	770	100,0	235	100,0	540	100,0
NENHUM	585		260		100		115		90		220		-	

A TABELA 8 evidencia que, nas Licenciaturas em Ciências, LEINZ & AMARAL (58,5%), com maioria absoluta, se destaca dos demais.

Em Engenharia Civil e Tecnologia, CHIOSSI (39,6%) predomina sobre LEINZ & AMARAL (26,9%) e POPP (9,2%).

Em Geografia os alunos são atingidos apenas por LEINZ & AMARAL (81,5%), não o sendo pelos demais autores significativos.

Em Agronomia e Engenharia Agrícola, CHIOSSI alcança a maioria absoluta (51,9%), seguido de LEINZ & AMARAL (22,7%).

Em Química, Matemática e Física, LEINZ & AMARAL (100,0%) alcança a totalidade dos autores significativos.

Em Geologia, LEINZ & AMARAL (51,9%) alcança a maioria absoluta, seguido de POPP (27,8%).

Acompanham, ainda, a TABELA 8, os números de alunos não atingidos por livros didáticos, discriminados em função dos universos de conteúdo.

O Levantamento livro didático, caracteristicamente exploratório, abrangeu um total de 7 085 alunos e obteve 101 respostas dadas de todo o País. Em trabalhos anteriores, com temas correlatos, a única referência é fornecida por AMARAL (1981):

"Segundo estimativas extraídas de dados veiculados no "Anuário Estatístico do Brasil" (1976) e no "Ensino de 3º Grau do Estado de São Paulo" (1976), cerca de 15% dos Cursos universitários existentes no Brasil ministram disciplinas de natureza Geológica. Em outras palavras, isto representa cerca de 450 cursos de 30.000 alunos anuais." (p. 6)

Comparando-se a quantidade de 30 000 alunos anuais,

com o total de 1 096 727 alunos matriculados nos cursos de graduação no País (IBGE, 1979), e considerando-se que em 1984, havia no Brasil 1 399 539 alunos matriculados em graduação (IBGE, 1985), ter-se-ia, para o ano do Levantamento livro didático um total aproximado de 38 000 alunos cursando disciplinas de conteúdo geológico — não necessariamente de GI.

O universo de alunos que cursam disciplinas de conteúdo geológico é maior que o universo dos alunos de GI. Assim, o Levantamento livro didático, ao abranger um total de 7 085 alunos, presumivelmente alcançou cerca de 18,0% dos alunos que cursam disciplinas geológicas, correspondendo a uma porcentagem maior do universo específico dos alunos de GI. Portanto, é possível afirmar que foi caracterizada a tendência na adoção dos livros didáticos em GI, no País.

Os autores dessas obras são apresentados a seguir, com sua respectiva abrangência por área de conteúdo, em relação aos fatores respostas dadas e quantidade de alunos.

a) LEINZ & AMARAL - é a única obra que abrange todos os universos de conteúdo; predomina sobre os demais autores, nos fatores considerados, em todos esses universos, à exceção de CHIOSSI na Engenharia Civil e Tecnologia em ambos os fatores; e do mesmo CHIOSSI no universo Agronomia e Engenharia Agrícola, no fator quantidade de alunos. Consideradas as respostas dadas, abrange 3 950 alunos — 53,1% em relação ao total. É utilizado com exclusividade no universo Química, Matemática e Física; em Geologia alcança 50,0% das respostas dadas e 51,9% da quantidade de alunos.

Sem dúvida é a obra mais adotada e mais abrangente, por universo de conteúdo, registrada neste levantamento.

b) ESCP - é adotado apenas nas Licenciaturas em Ciências e

Ciências Biológicas; ocupa a última posição, em respostas dadas e quantidade de alunos, nas Licenciaturas, e a segunda posição em Ciências Biológicas em ambos os fatores.

- c) CHIOSSI - é adotado apenas nos universos Engenharia Civil e Tecnologia, Agronomia e Engenharia Agrícola; predomina sobre os demais autores no primeiro universo, nos dois fatores; e predomina, no fator quantidade de alunos, no segundo universo de conteúdo.
- d) POPP - é adotado nos universos: Licenciatura em Ciências, Engenharia Civil e Tecnologia, Ciências Biológicas e Geologia. Após LEINZ & AMARAL é a obra que atinge a maior quantidade de universos de conteúdo, não predominando em qualquer desses universos. Ocupa a segunda posição, nos dois fatores considerados, nas Licenciaturas em Ciências e em Geologia. Em Geologia, POPP é o único autor significativo citado além de LEINZ & AMARAL.

Feita a apresentação dos resultados do Levantamento livro didático, este trabalho prosseguirá com o exame das obras de LEINZ & AMARAL, ESCP, CHIOSSI e POPP.

Aqui foi preciso apurar a vista para descobrir as posições dos autores, o que deu bastante trabalho. Fiquei com a impressão de que não há preocupação em melhor caracterizar aspectos fundamentais da ciência tratada. Com honrosas exceções, parece que os autores apresentam as caracterizações apenas "pró-forma", porém, cada qual a seu modo, todos formulam algo. Foi muito difícil identificar algumas posições, diria até que as mesmas foram extraídas. Assim, houve que treinar bastante os olhos.



CAPÍTULO 3

AS UNIDADES INTRODUTÓRIAS DAS OBRAS a identificação do objeto, método e objeto de investigação em geologia

A partir da definição e/ou conceituação de Geologia contida nas obras didáticas examinadas, procura-se identificar, em cada uma delas, os conceitos correspondentes a: o objeto de estudo, método e objeto de investigação da Geologia.

Esta identificação fornece, em primeiro lugar, os elementos para a análise da coerência interna de cada um dos livros didáticos.

Em segundo lugar permite verificar a possibilidade de comparar obras que se auto-intitulam diferentemente (duas como Geologia Geral, uma como Geociências e outra como Geologia de Engenharia).

As identificações dos objetos de estudo, método e objeto de investigação nas definições e/ou conceituações de Geologia nas obras examinadas são feitas tomando-se como referência os significados que lhes são atribuídos por trabalhos sobre teoria do conhecimento geológico.

I - Aspectos Básicos da Teoria do Conhecimento Geológico

As noções relativas a objeto de estudo, método e objeto de investigação estão profundamente vinculadas ao pró-

prio desenvolvimento da Geologia como ciência.

Segundo THUILLIER (1985):

"(...) Foram necessários decênios, senão séculos, para que a Geologia adquirisse o seu significado atual. No início, a Geologia nada tinha a ver com a ciência que hoje conhecemos. Conforme um texto latino, escrito em 1344 e publicado somente em 1473, a Geologia, tal como foi definida pelo prelado inglês Richard de Bury, estava marcada por todo um contexto de preocupações teológicas. Em oposição ao estudo das realidades celestes, ela designava o estudo das realidades terrestres, o estudo da ordem humana e das leis humanas." (p. 942)

É somente a partir do século XVII, com ALDROVANDI (1522-1605), considerado o precursor da Geologia, que se utiliza esta denominação com sentido que permite analogias ao seu uso moderno. ALDROVANDI atribui o nome de Geologia a notas manuscritas sobre fósseis. Outros trabalhos daquele século, consideram a Geologia como algo muito particular: é o caso de ROBERT LOVELL, que em seu tratado sobre "o conjunto dos minerais" — Pammineralogicon — publicado em 1661, caracteriza Geologia como "ciência das terras", um setor da Mineralogia ao lado de outros como, por exemplo "halologia — ciência dos sais" (THUILLIER, 1985).

No final do século XVIII, são fundadas as Sociedades Geológicas na Europa e nos Estados Unidos da América. A Geologia também passa a ser aceita no interior das Universidades. Esses dois fatos são indicativos de sua caracterização como ciência (THUILLIER, 1985).

É dessa época a emergência de duas controvérsias, inter-relacionadas, que se manifestam na Geologia: o tempo de desenvolvimento da Terra e os processos que nele predomina -

ram. HALLAM (1985) situa este conflito em duas teorias explicativas para a evolução do planeta: o "catastrofismo" e o "uniformitarismo".

O catastrofismo é uma concepção de origem bíblica que permanece dominante até meados do século XIX e, segundo ele, a história da Terra é marcada por uma sucessão de catástrofes independentes e descontínuas sendo as principais responsáveis pelas grandes mudanças na face do planeta (HALLAM, 1985). HOOYKAAS (1970) afirma que HUTTON (1785)

"(...) foi o primeiro a propor uma doutrina coerente e geral da uniformidade em Geologia. Ao longo de sua obra, esforça-se para explicar o estudo presente do globo terrestre, a partir da hipótese de que as operações na natureza têm sido sempre, e ainda hoje são, iguais e regulares." (p. 48)

HALLAM (1985) afirma que HUTTON (1788) (*) foi o único na sua época que:

"utilizou o método atualista como meio de estabelecer alguma forma de medir, ainda que qualitativamente, o passar do tempo (...) desafiou absolutamente a crença, muito aceita entre seus contemporâneos, de que existia uma divisão fundamental entre o passado e o presente, e apresentou a idéia da imensidão do tempo e, quem sabe, também a de sua indeterminação." (p. 30)

Algumas décadas depois, LYELL (1832), formula uma concepção da história da Terra baseada somente nos processos geológicos observáveis no presente (processos fluviais, cor-

(*) HALLAM e HOOYKAAS estão se referindo à mesma obra de HUTTON, denominada "Theory of the earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the globe", porém em versões distintas.

rentes marinhas, erupções vulcânicas etc.). PORTER (1982) afirma que LYELL radicalizou a concepção de HUTTON, pois uma de suas preocupações básicas era livrar a ciência dos dogmas da religião: qualquer alteração na uniformidade dos processos terrestres seria uma brecha para os catastrofistas, uma volta às Sagradas Escrituras.

HOOYKAAS (1970), por sua vez, discutindo a obra de LYELL, afirma:

"O uniformitarismo implica não somente em que as causas que atuam no presente estiveram sempre atitivas (atualismo), mas também que seus efeitos médios e suas velocidades médias foram sempre as mesmas no mesmo intervalo de tempo, e as quantidades de transformações se mantiveram praticamente iguais (uniformidade). O primeiro ponto concerne à natureza das causas, o segundo às suas taxas de energia. Assim, os dois elementos uniformidade e atualidade, estão contidos na frase de Lyell: 'A marcha da natureza se manteve uniforme depois das primeiras idades, e as causas atualmente em ação engendraram as transformações antigas da superfície da Terra'." (p. 70)

A concepção de LYELL rompe com a visão de descontinuidade dos processos terrestres, atenta mais para suas interações, assumindo que as transformações ocorrem continuamente no espaço e no tempo.

As idéias de LYELL assumem enorme importância na história da Geologia, modificando seu curso e lançando as bases da moderna ciência geológica.

Entretanto, ainda se está longe de obter denominados comuns em termos dos elementos que caracterizam esta ciência, quanto: aos métodos que lhe dão especificidade, termi

nologia empregada, demarcação de seu campo de estudo, especializações. Pode-se, contudo, delinear a opinião de diversos autores sobre objeto e método em Geologia.

BEMMELEN (1961), por exemplo, considera a Geologia como:

"(...) parte daquele processo dinâmico notável da mente humana, geralmente denominado ciência e ao qual o homem é levado por impulso de questionamento."

Depois de considerar a importância dos aspectos subjetivos (criatividade, imaginação fértil etc...) das investigações geológicas, ele volta sua atenção para:

"(...) a influência do objeto, a Terra, no procedimento de investigação"; (p. 457 - grifos deste autor).

Esse autor, considera "óbvio" (sic) o caráter essencialmente histórico da Geologia,

"(...) dada a necessidade de interpretação de vestígios ainda observáveis de escritos passados." (p. 456)

Portanto, para BEMMELEN (1961), a Geologia é uma ciência cujos procedimentos metodológicos decorrem do próprio objeto, "a Terra", o que implica a interpretação de "vestígios" das transformações ocorridas na história do planeta. Para esse autor, a Terra, definida como um "sistema aberto" num "ambiente cósmico", é o objeto da Geologia. As leis naturais (da Física e da Química) são aplicadas neste estudo.

"(...) Entretanto, além dessas ciências, o geólogo utiliza alguns conceitos gerais que são as regras mais específicas nas suas investigações científicas. Estes conceitos, como o princípio do 'uniformitarismo', são seus guias na interpretação dos dados disponíveis. Nossos conceitos básicos atuais carecem de mais desenvolvimento que os da física ou química por causa da maior complexidade da evolução da Terra. Há necessidade de um repetido vaivém, entre indução e dedução." (p. 459 - grifos deste autor).

Em virtude desta complexidade dos processos envolvidos na evolução da Terra, o autor explana outros métodos de trabalho utilizados pelos geólogos, tais como: "Método das múltiplas hipóteses de trabalho" (CHAMBERLIN, 1897), "Método da ontologia comparada" (este guiado pelo princípio do uniformitarismo). Lembra ainda que "os métodos de trabalho da geologia são também determinados a partir de suas relações com outras ciências naturais ..." já que a "interpretação de outros aspectos da natureza deve formar uma parte lógica de uma imagem científica global coordenada" (p. 461).

BEMMELEN não é o único a ressaltar os aspectos históricos e físicos em Geologia, CAILLEUX (1964) afirma:

"A Geologia se define pelo fato de ter como objeto a história da Terra [o que a leva ser] entre todas as ciências a que tem mais afinidades com a história." (p. 6 - grifos deste autor)

Ressalta ainda, a título de conclusão de seu livro, que:

"a grande originalidade da Geologia é sua concepção histórica. Enquanto na física um fenômeno é válido independentemente do lugar e da época em que se pro

duziu, em geologia o lugar e a época são essenciais. A geologia une a física e a história, sendo seu objeto principal a história da Terra." (p. 101)

Para HAGNER (1970):

"a Geologia se distingue das outras ciências principalmente em seu interesse pelo tempo (...) outra diferença fundamental entre o ponto de vista do geólogo e de outros cientistas é que para o geólogo 'prever o passado é uma necessidade'." (p. 298)

SIMPSON (1970) afirma que a Geologia estuda os aspectos contingentes e imanentes da Terra, sendo os primeiros aqueles que a distingue das outras ciências. Assim, caberia a ela a elaboração de seqüências contingentes de fatos singulares (tarefa realizada pela Geologia Histórica). Para a reconstituição das seqüências contingentes a Geologia utiliza as leis naturais (imanentes) e o princípio do Uniformitarismo.

POTAPOVA (1968), caracterizando as especificidades da Geologia enquanto ciência e suas inter-relações com as demais ciências, procura distinguir o "objeto de estudo" de uma ciência do "objeto de investigação". Partindo da constatação de que, no caso da Geologia, muitos autores não estabelecem distinções entre ambos, afirma:

"(...) a crosta e sua superfície não são mais que os principais e imediatos objetos de investigação geológicas: quanto ao objeto de estudo da geologia, este pode ser definido como o processo histórico geológico ... Por mais notáveis que sejam as propriedades da crosta terrestre, é impossível considerá-la em separado do processo histórico geral da evolução do nosso planeta (...)." (p. 118 - grifos deste autor)

"A Geologia investiga todos os processos naturais em suas inter-relações históricas. Processos geológicos contemporâneos não são mais do que um elemento no infinitamente longo processo de evolução: por isto que o principal método, amplamente aceito, da geologia hoje, é o princípio do uniformitarismo, que de fato é a forma geológica do método histórico comparativo." (p. 119 - grifos deste autor)

Nas considerações de POTAPOVA (1968) é possível distinguir três elementos básicos da Geologia: objeto de estudo (processo histórico geológico), objeto de investigação (crosta e a superfície terrestre) e método (princípio do Uniformitarismo).

A distinção entre objeto de estudo e objeto de investigação também pode ser encontrada em BELOUSOV (1971), que, ao caracterizar a Geotectônica, esclarece:

"A geotectônica é um dos ramos da geologia; junto com outros ramos desta ciência, tem por objeto o desenvolvimento da crosta terrestre. O objeto de investigação [da] geotectônica é o estudo das características da estrutura e desenvolvimento da crosta terrestre, produzidas por processos mecânicos que se originam a partir de forças profundas no interior da Terra (...)." (p. 21 - grifos deste autor)

TIKHOMIROV (1971), inclui nas noções de Geologia os campos de aplicação:

"As fontes últimas da Geologia — a ciência que lida com minerais economicamente úteis, e também com os processos que mudam a face da Terra e formam corpos de rochas — recuaram bastante no tempo, aos primórdios da sociedade humana, quando os primeiros usos racionais da pedra foram feitos juntamente com

as primeiras tentativas de entender os fenômenos da natureza." (p. 22)

No aspecto metodológico ele destaca que a comparação de base analógica é fundamental como método de obtenção do conhecimento, realçando que o atualismo representa a expressão desta base na Geologia.

"(...) há na verdade, um número de métodos gerais comumente usados que podem ser aplicados com sucesso em quase todas as ciências. Assim, por exemplo, o método comparativo, que é parte da base de todo nosso conhecimento, pelo qual o novo é descoberto pela comparação do desconhecido com o conhecido, apareceu na aurora da humanidade (...)."

"(...) Outro dos métodos mais amplamente usados é o atualismo, parte componente do método comparativo. A essência do método do atualismo repousa na comparação de fenômenos geológicos passados com fatores e processos agora ativos. Em geologia a elaboração mais profunda e o florescimento do método atualista ocorreu na primeira metade do século XIX, embora ele tenha surgido muito antes e era, essencialmente, usado pelos filósofos da Grécia Antiga e Roma." (p. 23 - grifos deste autor)

O método da Geologia parece ser o elemento que possui maior unanimidade ao longo da história desta ciência: embora o atualismo esteja sujeito a uma compreensão ampla e diversificada geralmente é visto como a base metodológica da Geologia.

Outro aspecto aparentemente constante relativo à Geologia é a inclusão do componente histórico no seu objeto de estudo.

Menos usual é a distinção entre objeto de investiga

ção e objeto de estudo tal como o fazem POTAPOVA (1968) e BELOUSSOV (1971), acredita-se, porém, que essa distinção seja fundamental por permitir separar a fonte de informação, do objeto último de cada campo do conhecimento.

Nos limites deste trabalho o objeto da Geologia é entendido como aquilo o que é estudado e/ou, o objetivo da ciência, em outras palavras, significa a resposta para a pergunta o que se procura. Objeto de investigação é o meio (através de) por onde se chega ao objeto de estudo. Compreende a parte do mundo material onde se debruça a ciência. Em outras palavras significa a resposta à pergunta onde se buscam as informações. Método é o conjunto de procedimentos adotados pela Geologia para realizar sua investigação. Significa a resposta à pergunta como a ciência pesquisa.

Neste trabalho, os elementos anteriormente citados (objeto^(*) [de estudo], método e objeto de investigação) são buscados nas formulações dos próprios autores das obras didáticas examinadas.

II - A Identificação do Objeto, Método e Objeto de Investigação em Geologia

Procura-se identificar, nas obras didáticas, as posições correspondentes a objeto de estudo, método e objeto de investigação em Geologia, a partir das definições e/ou conceituações dessa ciência formuladas pelos próprios autores das obras.

Essas definições e/ou conceituações são normalmente

(*) Neste trabalho usa-se objeto e objeto de estudo, indistintamente.

encontradas nas unidades introdutórias dos livros didáticos (prefácio, introdução e/ou primeiro capítulo). Caso necessário recorre-se ao interior do texto e/ou a materiais acessórios das respectivas obras.

Geralmente a definição e/ou conceituação de Geologia é explicitada pelos autores, isto é, é formalmente expressa. Porém, quando isso não ocorre, busca-se identificar situação onde os elementos estejam implícitos, isto é, o elemento buscado aparece subentendido. Considera-se implícita a situação onde o autor cita outrem sem manifestar discordância, ou quando reúne-se conjunto significativo de manifestações do autor de modo a poder inferir sua posição.

No desenvolvimento deste item altera-se a seqüência proposta para o exame das obras, pois apresenta-se inicialmente as obras que se auto-intitulam como Geologia, o que facilita o estabelecimento de referências para examinar-se a possibilidade da utilização de critérios comuns quando da análise da obra que se auto-define como sendo de Geociências. Esta, portanto, é examinada por último neste item.

Assim, a seqüência de apresentação das obras para este item, fica sendo a seguinte: LEINZ & AMARAL, CHIOSSI, POPP e ESCP (ver respectivas unidades introdutórias, Anexos 3,5,6,4).

II.1 - LEINZ & AMARAL

Na "Introdução" da obra, sub-item "Subdivisão da Geologia", os autores caracterizam Geologia do seguinte modo:

"A Geologia, como ciência, procura decifrar a história geral da Terra, desde o momento em que se formaram as rochas até o presente." (p. 3)

Observa-se na caracterização a definição do próprio objeto de estudo da Geologia pela afirmação: "(...) ciência [que] procura decifrar a história geral da Terra (...)". Assim é explicitado na obra o objeto da Geologia: a "história ... da Terra". Sendo este, para os autores, o objetivo que a ciência procura "decifrar".

O objeto de investigação pode ser buscado nas seguintes manifestações dos autores:

- a) "(...) desde o momento em que se formaram as rochas até o presente.";
- b) definição de Geologia Geral ou Dinâmica;
- c) definição de Geologia Histórica.

Na primeira manifestação os autores permitem pelo menos duas interpretações, quais sejam:

- uma referência à demarcação do tempo;
- a impossibilidade de fazer Geologia antes da formação das rochas.

Esta segunda interpretação caracterizaria as rochas como o local privilegiado para "decifrar a história".

Os autores distinguem

"(...) dois aspectos nesta ciência: a Geologia Geral e a Geologia Histórica.

A 'Geologia Geral' ou 'Dinâmica' é o estudo da composição, da estrutura e dos fenômenos genéticos formadores da crosta terrestre, assim como do conjunto geral de fenômenos que agem não somente sobre a superfície, como também em todo o interior do nosso planeta." (p. 3)

A 'Geologia Histórica' estuda e procura datar cronologicamente a evolução geral, as modificações estruturais, geográficas e biológicas ocorridas na história da Terra." (p. 4)

Na definição de Geologia Geral ou Dinâmica, é caracterizado o objeto de estudo desse "aspecto" (sic) na Geologia: "(...) composição (...) estrutura (...) e fenômenos genéticos formadores da crosta (...)" e "(...) fenômenos [no] interior do planeta". Pode-se resumir como sendo o objeto da Geologia Geral: o estudo da composição e da estrutura da crosta e dos fenômenos na crosta e no interior do planeta.

Na definição de Geologia Histórica a caracterização do objeto é menos abrangente que a anterior pois, ao se referir a "(...) estuda e procura datar cronologicamente (...) modificações (...) na história da Terra" limita o objeto de estudo às rochas. Essa dedução é possível pois somente através das rochas e de suas inter-relações é que se podem realizar datações cronológicas (absolutas e/ou relativas) e fazer o "estudo" da "história da Terra".

É possível que os autores não estabeleçam distinções entre objeto de estudo e objeto de investigação. Tal fato não seria inusitado, como chama atenção POTAPOVA (1968) (ver p. 40) ao se referir à citada distinção.

Na "Introdução" ora examinada a caracterização da Geologia antecede as referências à Geologia Geral ou Dinâmica e à Geologia Histórica, e já explicita a própria definição de objeto de estudo dessa ciência. Note-se que a citada definição é mais abrangente que as correspondentes ao objeto de estudo da Geologia Geral ou Dinâmica bem como da Geologia Histórica. Nestas, as rochas e a crosta assumem importante papel no objeto de estudo.

Considerando-se:

- a) a maior abrangência do objeto de estudo da Geologia, acima referida,
- b) o fato de, no texto, a caracterização da Geologia prece -

der e, de certo modo, subordinar a Geologia Geral ou Dinâmica e a Geologia Histórica,

- c) o papel da crosta, na própria caracterização da Geologia, tal como feita pelos autores,
- d) o papel das rochas e da crosta na caracterização da Geologia Geral ou Dinâmica e da Geologia Histórica, tal como feita pelos autores,
- e) a possibilidade dos autores não estabelecerem distinções entre objeto de estudo e objeto de investigação,

interpreta-se serem as rochas e a crosta correspondentes ao objeto de investigação para LEINZ & AMARAL. Assim, considera-se implícita esta caracterização, pois que é produto de interpretação das manifestações dos autores.

O método em Geologia pode ser identificado a partir das seguintes manifestações dos autores, localizadas na "Introdução", sub-item "Histórico":

"Com Abraham G. WERNER (1749-1815) e James HUTTON (1726-1797) as ciências geológicas tomam definitivamente a orientação moderna; ambos são considerados os pais da Geologia atual." (p. 7)

"A síntese geral dos conhecimentos geológicos até então adquiridos foi elaborada por Charles LYELL (1797-1875) [o qual] desenvolveu a teoria do Atualismo, enunciada por HUTTON e K. A. V. HOFF (...)." (p. 7)

Ao não manifestarem discordâncias sobre essas posições, e ao demarcarem a orientação da moderna Geologia a partir do atualismo, os autores parecem assumir que o método é condição necessária na definição de ciência. Portanto, considera-se implícito para os autores, a aceitação do atualismo como método da Geologia, mesmo que eles não tenham definido

a caracterização e/ou abrangência do termo.

No texto do capítulo dezesseis, denominado "A origem das montanhas e teorias geotectônicas", ao comentar sobre a migração dos polos magnéticos da Terra, os autores assim se referem:

"(...) seria possível admitir-se um deslocamento dos polos, em bases nestas observações fundamentadas no princípio do atualismo." (p. 384)

Observa-se na citação referência explícita ao atualismo. Assim, os autores caracterizam o atualismo como o método da Geologia, quer explícita quer implicitamente.

A posição dos autores sobre o objeto de estudo da Geologia é relativamente clara em torno da "história da Terra", menos clara é a posição sobre o objeto de investigação, porém converge para as rochas e a crosta terrestre; em relação ao método a posição é clara quando da assunção do atualismo.

Sintetiza-se a posição dos autores no quadro a seguir, discriminando-se as formas explícita e implícita.

	FORMA DE CARACTERIZAÇÃO	
	EXPLÍCITA	IMPLÍCITA
OBJETO DE ESTUDO	história da Terra	—
MÉTODO	Atualismo	Atualismo
OBJETO DE INVESTIGAÇÃO	—	as rochas, a crosta

II.2 - CHIOSSI

No capítulo 1, denominado "Introdução e a posição da Geologia Aplicada", o autor define a Geologia do seguinte modo:

"A Geologia é definida como a Ciência que trata da origem, evolução e estrutura da Terra, através do estudo das rochas." (p. 2)

Observa-se na própria definição a explicitação do objeto de estudo da Geologia quando o autor afirma que: "(...) Geologia (...) ciência que trata (...)", aquilo que é tratado é o objeto de estudo: "(...) origem, evolução e estrutura da Terra (...)". Este objeto não é estático pois assume implicitamente um processo de desenvolvimento para o planeta desde sua "origem".

O objeto de investigação é também caracterizado na definição quando o autor afirma que a "(...) ciência (...) trata (...) através do estudo das rochas (...)"; a parte do mundo material explicitada como o local onde se obtém a "origem (...) da Terra" são "as rochas". Portanto, o objeto de investigação da Geologia são as rochas, cujo "estudo" permite pesquisar o objeto dessa ciência. O modo capaz de permitir essa pesquisa não é explicado pelo autor. Pela definição pode-se deduzir que nas rochas está registrado, de alguma forma, o desenvolvimento e a estrutura do planeta.

O autor caracteriza com muita clareza o objeto de investigação da Geologia como sendo o meio material onde podem ser obtidas as informações sobre o desenvolvimento da Terra; idêntica clareza é observada na formulação do objeto de estudo da Geologia.

Não há, na obra, qualquer referência a métodos gerais da Geologia capazes de interpretar "as rochas" para elaborar a "origem, evolução e estrutura da Terra".

Sintetiza-se a posição do autor no quadro a seguir, discriminando-se as formas explícita e implícita.

	FORMA DE CARACTERIZAÇÃO	
	EXPLÍCITA	IMPLÍCITA
OBJETO DE ESTUDO	origem, evolução e estrutura da Terra	—
MÉTODO	—	—
OBJETO DE INVESTIGAÇÃO	as rochas	—

II.3 - POPP

Na "Introdução" da obra, sub-item "O que é a Geologia?", o autor caracteriza a Geologia do seguinte modo:

"A Geologia é a ciência da Terra, de seu arcabouço, de sua composição, de seus processos internos e externos e de sua evolução. O campo de atividade da Geologia é, por conseguinte, a porção da Terra constituída de rochas que, por sua vez, são as fontes de informações." (p. 9)

Identifica-se o objeto de estudo da Geologia quando o autor afirma: "(...) a ciência da (...)", indicando aquilo que a Geologia Investiga, ou seja, seu objeto de estudo: "(...) Terra (...) seu arcabouço (...) seus processos internos e externos e (...) sua evolução". Este objeto de estudo é dinâmico pois os termos que o caracterizam são: "processos" e "evolução".

O objeto de investigação da Geologia é identificado na afirmação: "fontes de informação", isto é, o local privilegiado do planeta onde se obtém os dados para a pesquisa da ciência: "as rochas". Isto é ratificado por "(...) campo de atividade da Geologia é (...) porção da Terra constituída de rochas (...)", ou seja, a Geologia atua na parte da Terra onde encontram-se as "fontes de informação".

O método em Geologia pode ser identificado a partir das seguintes manifestações do autor, localizadas na "Introdução", sub-item "Histórico da Geologia - Conceitos Primitivos":

"O ponto de vista de Hutton veio a ser chamado 'Uniformitarismo' pois seus argumentos foram baseados nas observações da erosão dos rios, vales e encostas, concluindo que todas as rochas se formavam de material levado de outras rochas mais antigas e explicando a formação de todas as rochas com base nos processos que estão agora operando, não se exigindo, para isso, outra coisa senão o tempo." (p. 10)

"A tese de Hutton sobre o Uniformitarismo, embora muito popular, não conseguiu suplantá-lo na época, só logrando liderança efetiva com Charles Lyell (1797-1875)." (p. 10)

"Com a publicação da obra 'Princípios de Geologia', de Charles Lyell, os conceitos de Hutton passaram a ser a idéia dominante. Em sua obra Lyell expôs com clareza os conhecimentos científicos da época com apoio na doutrina de que o presente é a chave do passado." (p. 10)

Observa-se aqui, implicitamente, a posição do autor em relação ao método geral da Geologia. Citando Hutton, o autor assume o 'Uniformitarismo', que é caracterizado como sendo

do "(...) observação da erosão dos rios (...) concluindo que todas as rochas se formavam (...) de outras rochas mais antigas e explicando a formação de todas as rochas com base nos processos que estão agora operando, não se exigindo, para isso, outra coisa senão tempo." ou "(...) o presente é a chave do passado." Pode-se deduzir que, para o autor, as rochas tornam-se "fonte de informação" para a Geologia quando é aplicado o método denominado "Uniformitarismo".

Ao não manifestar discordância sobre essa posição, aparentemente há aceitação geral do autor tanto com a formulação do método, quanto com a predominância dos processos e tempo postulados por Hutton. Isto implica numa visão dinâmica para o objeto de estudo da Geologia, pois que o material (rocha) está se transformando em outro. A segunda e a terceira citação fornecem dados históricos de reforço à posição de Hutton.

Sintetiza-se a posição do autor no quadro a seguir, discriminando-se as formas explícita e implícita.

	FORMA DE CARACTERIZAÇÃO	
	EXPLÍCITA	IMPLÍCITA
OBJETO DE ESTUDO	a Terra, seu arca-bouço, sua composição, seus processos internos e externos e sua evolução	—
MÉTODO	—	uniformitarismo
OBJETO DE INVESTIGAÇÃO	porção da Terra constituída de rochas	—

II.4 - ESCP

A posição dos autores sobre o objeto de estudo das Geociências pode ser identificada através dos seguintes trechos do livro do aluno, volume 1 (ver p.130).

"Como se originou a Terra, que modificações tem sofrido e no que irá se transformar?" (p. I, Prólogo)

"A Unidade I é uma espécie de apresentação de nosso planeta. Funciona como o alicerce para os temas desenvolvidos nas demais unidades. Caracteriza a Terra como um planeta em constante transformação e fornece as bases dos mecanismos que propulsionam essas transformações." (Apresentação)

"A Unidade III, após discutir o significado do tempo geológico e as maneiras utilizadas para medi-lo, trata das transformações, tanto no aspecto físico quanto no biológico, por que passou a Terra no decorrer de seu passado, partindo das evidências indicativas daquelas transformações." (Apresentação)

"Os cientistas e educadores que planejaram o INVESTIGANDO A TERRA desejavam que pessoas de diferentes especialidades participassem de sua preparação. Solicitaram a colaboração de diversos cientistas para que os princípios básicos dos vários ramos da ciência pudessem compor uma história real integrada do planeta Terra." (Prefácio da edição norte-americana)

Convertendo-se a questão do Prólogo, poder-se-ia apresentar a seguinte formulação: [As geociências tratam] da origem da Terra e suas transformações no passado, presente e futuro. Assim, o objeto das geociências poderia ser interpretado tal como está formulado, após a questão convertida. Esta interpretação da citação, entretanto, não é suficiente pa

ra determinar o objeto de estudo. Ele pode ser melhor identificado quando os autores afirmam: "(...) trata das transformações, tanto no aspecto físico quando no biológico, por que passou a Terra (...) ", observa-se que o objeto de estudo são "transformações" físicas e biológicas da Terra, porém este poderia ser entendido como o objeto de estudo apenas da "Unidade III". Os autores esclarecem entretanto, que o "alicerce", portanto referência básica, para todos os temas da obra é "a Terra como planeta em constante transformação (...) mecanismos que [a] propulsionam (...) ", aqui o objeto de estudo são as transformações terrestres e suas causas, o que se reveste de particular importância pois é referida como "base" para todos os temas.

Ainda segundo os autores o objeto do livro é "(...) compor uma história real e integrada do planeta Terra", este trecho contribui para caracterizar melhor o objeto de estudo das Geociências, refletido nas preocupações da obra, "uma história real e integrada (...) ". Portanto, conclui-se que, para os autores, o objeto de estudo das Geociências pode ser resumido como: as transformações ao longo da história da Terra.

Este objeto de estudo é essencialmente dinâmico pois todas suas formulações estão impregnadas de termos como "modificações", "transformações"; inclui os "aspectos físicos e biológicos", ele (o objeto de estudo) está preocupado com as transformações do presente, passado e futuro ("(...) planeta em constante transformação (...) ").

O objeto de investigação pode ser buscado nos seguintes trechos do volume 1 do livro do aluno:

"O terceiro planeta a partir do Sol atrai sua

atenção. Através de sua atmosfera pode-se ver uma superfície que parece uma colcha de retalhos claros e escuros. Você decide observar mais atentamente es se corpo estranho — o planeta Terra.

À medida que começa a diminuir a velocidade para a aterrissagem, mais e mais detalhes tornam-se claros, embora a Terra sempre se apresente parcialmente coberta por massas de nuvens. Aberturas entre as nuvens permitem uma visão das grandes áreas de terra e água. Você observa que os mares cobrem mais da metade da superfície terrestre. Então, por que esse planeta não se chama 'Planeta Mar'?

Você percebe, também, que algumas massas de terra se dispõem como peças de um quebra-cabeça. Fa riam parte de uma única área, no passado?

Chegando mais perto pode verificar que na Ter ra existem desertos, florestas e geleiras. Cadeias de montanhas cercam algumas áreas.

Finalmente, você chega à superfície sólida ter restre e começa a explorá-la. Ao redor de você, so lo, rochas, vegetação, grandes rios e pequenos riuachos, nuvens, sol e céu." (Prólogo)

"A Unidade II passa a tratar diretamente da dinâmica terrestre, apoiada basicamente em dois gran des ciclos terrestres: o da água e o das rochas. Com essa abordagem, reúne praticamente todos os principais fenômenos físicos que estão ocorrendo junto à superfície terrestre ou próximo a ela." (Apresentação)

Observa-se na primeira citação, que a exploração da Terra se dá a partir da "superfície sólida", isto é ratifica do pela expressão "Finalmente você chega à (...)" fornecendo indícios que o objeto de investigação das Geociências pode ser a "superfície sólida terrestre". Porém, na mesma citação há referências a outras esferas materiais por onde se pode investigar a origem da Terra e suas transformações no presen te, passado e futuro: "(...) Ao redor de você, solo, rochas,

vegetação, grandes rios e pequenos riachos, nuvens, sol e céu.", apontando que estes também podem ser vistos como objeto de investigação.

Retomando-se a citação sobre a "Unidade III", pode-se tentar hierarquizar os diversos elementos materiais citados. Essa unidade se refere às evidências indicadas das transformações no passado da Terra e é denominada "A Biografia da Terra", em seu conteúdo observa-se a predominância da identificação das transformações através do "registro nas rochas". Nessa unidade predominam os capítulos relacionados à esfera sólida da superfície do planeta, pois três dos quatro capítulos a ela se reportam: os capítulos "Registros nas Rochas", "Vida - Presente e Passado" e "Evolução do Relevo", que tratam da relação entre presente e passado através das informações fornecidas pelas rochas. Pode-se concluir que o objeto de investigação da Unidade III é o binômio superfície sólida-rochas.

Observa-se na caracterização da "Unidade II", que para o entendimento de seu objeto de estudo, "dinâmica terrestre", os dados são fornecidos pelos "dois grandes ciclos terrestres: o da água e o das rochas", estes ciclos constituem o objeto de investigação dessa unidade. A "Unidade II" é composta de cinco capítulos dedicados ao "grande ciclo terrestre" da água e outros cinco ao ciclo das rochas.

Note-se que, apesar dos autores acenarem com a possibilidade de vários elementos naturais se constituírem no objeto de investigação (água, ar, rochas, vida), dedicam maior importância para a esfera sólida e para as rochas. Este destaque é consubstanciado pelo fato da obra dedicar uma unidade e meia (em um total de quatro unidades) com acentuada tendência para esse binômio, sendo que qualquer dos outros ele-

mentos possíveis objetos de investigação não ocupa tal espaço na obra.

Assim, para os limites deste trabalho, interpreta-se como sendo o binômio superfície sólida-rochas correspondente ao objeto de investigação para o ESCP.

A posição dos autores sobre o método das Geociências pode ser identificada a partir dos seguintes trechos:

"Além de estabelecer o princípio da supervisão, Hutton propôs um outro princípio que se mostrou fundamental para a compreensão da história da Terra. Em seus estudos, observou que muitas das feições encontradas nas rochas sedimentares se reproduziam nos sedimentos que estavam sendo depositados na sua época. As observações de Hutton levaram-no à conclusão de que os processos que atualmente afetam a Terra também a afetaram no passado e que o presente pode ser usado como chave do passado. Esta idéia é frequentemente denominada princípio da uniformidade dos processos." (p. 17-18, livro do aluno, vol. 2 - grifos no original)

As citações a seguir foram extraídas de material acessório à obra (ver p. 130).

"Chamada entre nós de geociências, esta abordagem considera a Terra, seus materiais, processos, história e ambiente no espaço. Focalizando do átomo ao Universo, permite uma compreensão de escala nos sistemas de referência, de espaço e de tempo. A conservação da massa e da energia, a uniformidade dos processos e a adaptação ao meio estão reunidas naturalmente." (p. 1, Guia do Professor, vol. 1, Introdução; sub-item Por que ensinar Geociências?)

"A uniformidade dos processos: uma chave para interpretar o passado. A interpretação do passado se

torna possível se as feições observadas no arquivo terrestre são interpretadas à luz das leis naturais. Considera-se que os mesmos processos fundamentais de física e as mesmas reações químicas que acontecem hoje atuaram ao longo de toda a história da Terra. Frequentemente o geocientista se depara com evidências de fatos e materiais muito antigos, embora grande parte do registro possa estar faltando. usando então dados limitados, ele deve aplicar seu conhecimento de leis naturais e processos modernos para explicar aquilo que observa." (p. 5, Guia do Professor, vol. 1, Introdução, sub-item Os temas do ESCP - Temas conceituais; grifos no original).

Observa-se na primeira citação que o método capaz de reconstituir a origem da Terra e suas transformações no passado é denominado "uniformidade dos processos". Os autores afirmam que a "uniformidade (...) [é] uma chave para interpretar o passado [e um] princípio que se mostrou fundamental para a compreensão da história da Terra".

Na segunda citação, ao caracterizar conceitos fundamentais na obra ("conservação da massa e da energia (...)") inclui neles a "uniformidade dos processos" mostrando sua importância e a relação com os demais ("(...) estão reunidos naturalmente").

A terceira citação é a adesão explícita ao método, pois são caracterizados os procedimentos adotados pelos geocientistas para a "interpretação do passado", ou seja, para atingir um dos componentes do objeto de estudo das Geociências. Observa-se também, que o local de onde são extraídas as informações é o "arquivo terrestre" através de suas "feições"; esta consideração endossa as conclusões anteriores sobre o objeto de investigação, pois, conforme a primeira citação, Hutton se baseou em "feições" das rochas sedimentares, as-

sociando-as às encontradas nos sedimentos contemporâneos.

Corresponderiam as rochas sedimentares aos arquivos terrestres?

Evidentemente os processos sedimentares atuais facilitam o estabelecimento de ligações presente-passado, pois que freqüentemente ocorrem em larga escala espacial (mares, rios, lagos etc.) e se manifestam em pequena escala de tempo compatíveis com o acompanhamento pela observação humana. Os processos sedimentares do passado encontram-se registrados nas próprias rochas sedimentares, as quais ocupam a maior porção de área emersa da superfície da Terra.

Observando-se o conjunto da terceira citação é patente a generalização da aplicação da "uniformidade dos processos", independente, portanto, do tipo de rochas, quando os autores assim se referem:

- "(...) os mesmos processos (...) que acontecem hoje atuaram ao longo de toda a história da Terra."
- "(...) evidências de fatos muito antigos (...)."
- "Usando (...) dados limitados (...) para explicar aquilo que observa."

Assim, para o ESCP, a "história da Terra" pode ser reconstituída desde que o "arquivo terrestre" seja interpretado à luz da "uniformidade dos processos". Não é claro, porém, se os mesmos procedimentos permitem antever no que "a Terra (...) irá se transformar".

Sintetiza-se a posição dos autores no quadro a seguir, discriminando-se as formas explícita e implícita.

	FORMA DE CARACTERIZAÇÃO	
	EXPLÍCITA	IMPLÍCITA
OBJETO DE ESTUDO	a origem da Terra e suas transformações no passado, no presente e no futuro	—
MÉTODO	uniformidade dos processos	—
OBJETO DE INVESTIGAÇÃO	—	superfície sólida-rochas

III - As Comparações entre as Unidades Introdutórias

A partir das análises de cada obra, apresentadas no item anterior, e do QUADRO 2, comparam-se os conteúdos correspondentes a objeto, método e objeto de investigação, via de regra identificados nas unidades introdutórias dos livros didáticos examinados.

O QUADRO 2, a seguir, sintetiza esses conteúdos, esclarecendo a forma como foram identificados.

Em relação ao objeto de estudo, nota-se que ele é o único elemento que apresenta caracterização explícita em todas as obras.

A Terra é referida diretamente por todos os autores, na citação dos objetos de estudo, juntamente com algum desenvolvimento de processos nela ocorridos.

Quer sob a designação de (...) "desde o momento (...) até o presente", "(...) evolução" (...), "(...) seus processos" (...), (...) "que modificações têm sofrido e no que irá se transformar?", os autores marcam sua visão sobre a Terra como um planeta não-estático, melhor ainda: a Terra apresen-

QUADRO 2 - Objeto de Estudo, Método e Objeto de Investigação, com suas respectivas formas de caracterização (*), discriminados por autor.

AUTORES	OBJETO DE ESTUDO	MÉTODO	OBJETO DE INVESTIGAÇÃO
LEINZ & AMARAL	história da Terra	atualismo (atualismo)	(as rochas, a crosta)
CHIOSSI	origem, evolução e estrutura da Terra		as rochas
POPP	a Terra, seu arca ^u bo, sua com ^o posição, seus processos inter ^o s e ext ^o rnos e sua evolução	(uniformitarismo)	porção da Terra constituída de rochas
ESCP	a origem da Terra e suas transformações no passado, no presente e no futuro	uniformidade dos processos	(superfície sólida-rochas)

(*) Entre parêntesis: forma implícita
fora de parêntesis: forma explícita

ta inúmeros processos, sofre constantes transformações.

Apenas CHIOSSI e ESCP se referem à origem da Terra, sendo este último o único a se reportar ao futuro do planeta, distinguindo-se, portanto, das demais obras neste aspecto. Sendo esta a única consideração que permite distinguir, em relação ao objeto de estudo, a obra de Geociências das demais, não acredita-se ser suficiente para que a mesma não seja analisada com o conjunto das obras.

Neste trabalho, portanto, optou-se por designar "transformações terrestres", "transformações naturais" ou "transformações", como correspondente ao objeto de estudo, conforme será desenvolvido no item IV.3 deste capítulo.

Em relação ao método observa-se que apenas CHIOSSI não lhe faz referências; os demais autores se reportam à for

mulação de HUTTON porém não estão de acordo sobre a denominação da mesma.

LEINZ & AMARAL e POPP, citam LYELL como o autor que consagrou as idéias de HUTTON.

A diversidade da denominação é um reflexo de polêmica travada, de há muito, no meio geológico. Destacam-se, também, no desenrolar dessa polêmica, os seguintes pontos: abrangência, limites de aplicação e relações das idéias de HUTTON com demais métodos utilizados em outras áreas do conhecimento.

Apenas ESCP e POPP esboçam caracterização para o princípio de HUTTON, não havendo divergências significativas nas respectivas apresentações. Note-se que o ESCP, apesar de se definir como Geociências, é a obra que desenvolve com mais clareza a apresentação da "Uniformidade dos processos", utiliza-a como um dos temas da obra, não apresentando, portanto, em relação a método, divergências com os demais autores que tratam da questão.

LEINZ & AMARAL citam WERNER e HUTTON como os "pais da Geologia atual".

Acredita-se, portanto, haver posição comum dos autores no que se refere a método, já que a obra de Geociências assume o mesmo método da Geologia.

Neste trabalho, optou-se pela adoção do termo "atualismo" para se referir aos ensinamentos extraídos da formulação de HUTTON, conforme será desenvolvido no item IV.2 deste capítulo.

Em relação ao objeto de investigação, os conteúdos convergem para o material sólido que compõe a superfície da Terra. Esta convergência se dá quer sob a designação de "rochas", "crosta", "superfície sólida" ou "porção da Terra cons

tituída de rochas".

Note-se que, à exceção de CHIOSSI, os autores (explícita ou implicitamente) sempre se referem às rochas associando-as a uma escala espacial mais ampla como as acima referidas.

O ESCP distingue-se dos demais por manifestar a possibilidade de utilizar outros elementos naturais como objeto de investigação, porém, sua tendência acentuada é no sentido da assunção de "superfície sólida-rochas". Não há, portanto, divergências com o conteúdo manifestado pelas demais obras em relação ao objeto de investigação.

Neste trabalho optou-se por designar "binômio rochas/crosta" como correspondente ao objeto de investigação, conforme será desenvolvido no item IV.1 deste capítulo.

As comparações das obras sobre objeto de estudo, método e objeto de investigação, mostraram a possibilidade de serem estabelecidos denominadores comuns aos seus respectivos conteúdos. Assim, configurou-se também a própria inclusão da obra de Geociências no prosseguimento deste trabalho, pois que não apresenta diferenças significativas, considerados os conteúdos examinados, com as obras de Geologia.

A partir desse momento, designa-se "parâmetros" aos conteúdos em comum, identificados nas unidades introdutórias das obras, com a seguinte correspondência:

transformações	- objeto de estudo
atualismo	- método
binômio rochas/crosta	- objeto de investigação

Esta caracterização como parâmetros implica que, no exame do interior de cada obra será considerado, fundamentalmente, a presença (ou não) dos conteúdos (transformações, atualismo e binômio rochas/crosta) no conceito de geossincli-

nal, não dependendo, de certo modo, do papel que lhes são atribuídos pelos autores no desenvolvimento de seus respectivos textos. Portanto, não é examinado, necessariamente, se os citados conteúdos são utilizados pelas obras na função de: objeto de estudo, método e objeto de investigação em Geologia.

IV - O Conteúdo dos Parâmetros

Após a caracterização dos parâmetros, a partir das definições e/ou conceituações da Geologia fornecida pelos autores dos livros didáticos examinados, torna-se necessário melhor definição desses parâmetros. Essas definições visam facilitar a identificação, no interior das obras, do uso dos referidos parâmetros.

Assim, passa-se a definir sucintamente os conteúdos relativos ao binômio rochas/crosta, atualismo e transformações (em geologia), de modo a delimitá-los e estabelecer a identificação de seu uso no desenvolvimento do conceito de geossinclíneo.

BINÔMIO ROCHAS/CROSTA

As rochas falam - ou será que escrevem?! Elas manifestam-se em várias escalas de espaço, desde os tipos de minerais e seus respectivos arranjos, passando pelos tipos de arranjos das rochas até sua organização (espacial e temporal) mais ampla na crosta terrestre. A cada passo de sua história deixam marcas. Ocorre que essas marcas nem sempre permanecem ("fixadas") por muito tempo geológico. É necessário interpretar o que restou dessas marcas; melhor dizendo: dessa linguagem. Elas estão lá. Há que interpretar.



IV.1 - O Binômio Rochas/Crosta

Litosfera - I. lithosphere - A. Lithosphaere - F. lithosphère. Designação antiga referente à parte externa consolidada da Terra, com densidade média de 3,4. A L. é constituída de sedimentitos, metamorfitos e rochas ígneas e cuja espessura média é da ordem de 60 km. A litosfera subdivide-se em dois envoltórios, um superior, descontínuo, rico em sílica e alumina (Sial), que forma os continentes, e outro, subjacente, contínuo, rico em silicatos de magnésio (Sima), que assenta sobre o manto. A espessura da crosta é maior sob os continentes do que sob os oceanos, e maior sob as cordilheiras do que sob as plataformas continentais. (LEINZ & LEONARDOS, 1977); (grifos no original)

Litosfera. [De lit(o)- + -sfera] S. F. Geofis. A parte externa consolidada da Terra; crosta terrestre. [Cf. hidrosfera]. (FERREIRA, 1975); (grifos no original).

Rocha - I. rock - A. Gestein - F. roche.

Agregado natural formado de um ou mais minerais (inclusive vidro e matéria orgânica), que constitui parte essencial da crosta terrestre e é claramente individualizado. Não é necessário que o material seja consolidado como, por exemplo, areias, argilas, etc., desde que representem corpos independentes (...). (LEINZ & LEONARDOS, 1977); (grifos no original).

Rocha. [Do fr. roche.] S. f. 1. Massa compacta de pedra muito dura. 2. Rochedo, penedo, penhasco. 3. Geol. Agregado natural formado de substâncias minerais ou mineralizadas, resultante de um processo geológico determinado, que constitui parte essencial da litosfera (...). (FERREIRA, 1975); (grifos no original)

A crosta terrestre é uma finíssima camada superficial, rochosa, do planeta. Sua espessura média é de cerca de 32 km, absolutamente insignificantes se comparados ao raio da Terra (raio médio de aproximadamente 6 400 km).

Na Figura 1 a espessura da crosta terrestre está exageradamente aumentada; caso ela fosse desenhada em escala correta, a linha a representá-la teria alguns milésimos de milímetro.

JAIN (1973), afirma que a espessura e estrutura da crosta variam de modo brusco e inconstante. CONDIE (1984) subdivide a crosta terrestre em: oceânica, continental e de tran

sição; sendo que as duas primeiras se destacam por ocuparem a maior parte da superfície sólida da Terra. A espessura da crosta continental varia de 20 a 75 km (JAIN, 1973), ou 30 a 80 (CONDIE, 1984); a crosta oceânica de 6,5 a 9,2 km (JAIN, 1973), ou 5 a 15 (CONDIE, 1984); e a crosta de transição de 15 a 30 km (CONDIE, 1984).

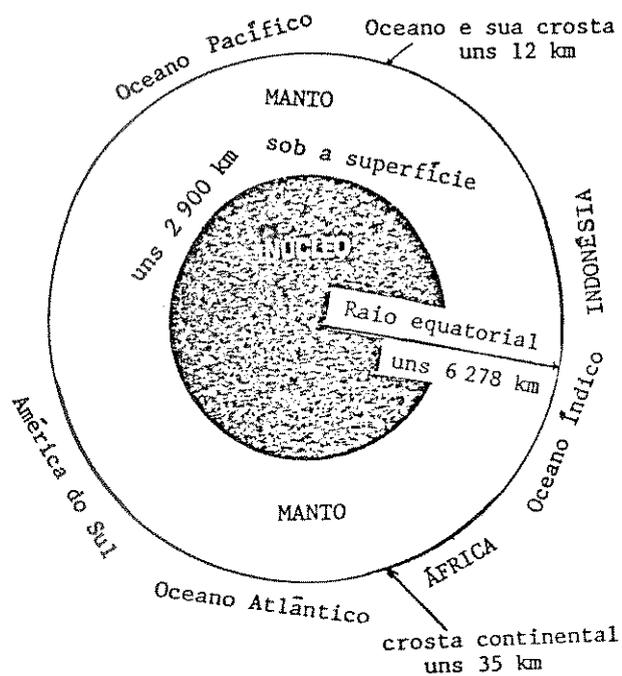


FIGURA 1 - "Seção equatorial da Terra, onde se indica a crosta (continental e oceânica), o manto e o núcleo". (Extraída de HOLMES & HOLMES, 1980, p. 12).

CONDIE (1984), divide a crosta em três "níveis sísmicos", estabelecendo, apesar de nomenclatura diferente, concordância geral com JAIN (1973). Este designa três camadas principais: sedimentar, granítica e basáltica — correspondendo aos referidos níveis sísmicos.

A camada sedimentar cobre a maior parte da crosta terrestre (depositando-se sobre as duas outras camadas), nela a velocidade das ondas sísmicas longitudinais varia de 2,0 a 5,0 km/s, sua espessura máxima oscila em torno de 10 a 15 km na crosta continental ou na de transição. Nas partes centrais dos oceanos sua espessura é de 300 a 400 m (JAIN, 1973).

A segunda camada da crosta terrestre é denominada granítica (ou granítica-metamórfica, ou granítica-gnáissica); nela as velocidades das ondas sísmicas longitudinais variam de 5,5 a 6,5 km/s (similares às obtidas experimentalmente com granitos), esta camada aparece em superfície nos escudos continentais e em núcleos de cadeias montanhosas dobradas (onde se constata que ela não é composta somente por granitos, também possui gnaisses e outras rochas metamórficas). A espessura máxima chega a 40 km nas cadeias montanhosas dobradas, diminuindo bastante nos oceanos, onde perde a identidade que comumente possui nas regiões continentais (JAIN, 1973).

A terceira camada da crosta terrestre é denominada basáltica em virtude da composição das rochas do fundo oceânico e da velocidade das ondas sísmicas longitudinais (cerca de 6,5 a 7,1 km/s), e o total de sua composição é controversa, provavelmente é formada por um complexo de rochas metamórficas sob os continentes, e por um complexo de rochas magmáticas básicas sob os oceanos. A espessura oscila de 10 a 15 km nos continentes e seus valores mínimos ocorrem em depressões oceânicas (cerca de 7 km), (JAIN, 1973).

O limite inferior da crosta terrestre é definido pela descontinuidade sísmica de Mohorovicic, onde a velocidade das ondas longitudinais saltam de 7,1 a 7,4 km/s, para 8,1 a 8,9 km/s. Interpreta-se esta mudança de velocidade como sendo a passagem para um material rochoso mais denso que o material que compõe a crosta terrestre — aquele que compõe o manto da Terra (ver Fig. 2), (JAIN, 1973).

A Figura 2 mostra a associação da delimitação das "esferas" (*) do interior da Terra com as variações (evidên-

(*) Nos limites deste trabalho, considera-se a Terra como constituída por um conjunto de sucessivos envoltórios esféricos (alguns dos quais se interdigitam) daí a designação "esferas", que correspondem à sua disposição espacial e ao seu material predominante, a

cias indiretas) de velocidade e comportamento das ondas sísmicas.

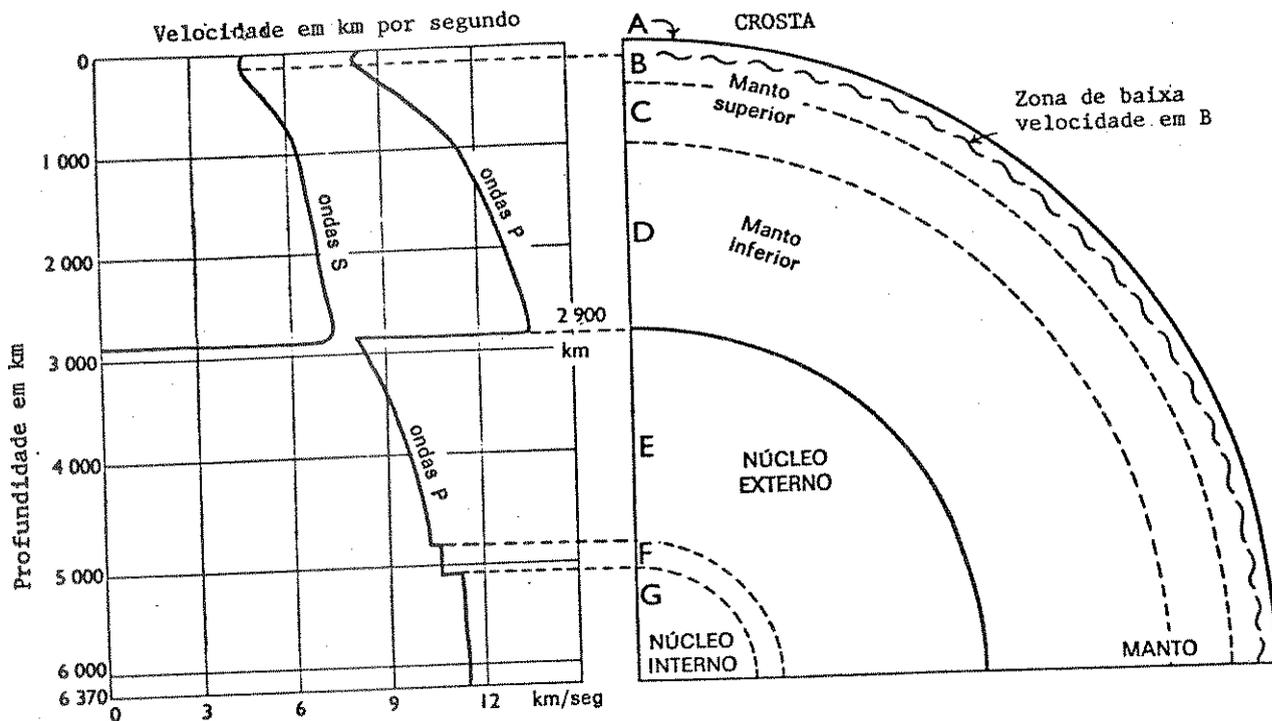


FIGURA 2 - "Diagrama que representa as variações de velocidade das ondas P (Longitudinais) e S (Transversais) desde a superfície até o centro da Terra; e estrutura deduzida em uma seção terrestre de acordo com a classificação de K. E. Bullen". (Extraída de HOLMES & HOLMES, 1980, p. 652).

Usa-se indiscriminadamente o termo litosfera como sinônimo de crosta terrestre, porém vale a pena distinguir os dois conceitos. Devido a enormes variações da profundidade da descontinuidade de Mohorovicic, assim como às novas interpretações tectônicas, supõem-se que a parte superior do manto é mais solidária com a crosta terrestre. Este conjunto crosta mais a parte do manto superior é denominada litosfera possuindo espessura média de 150 km. A litosfera repousa sobre outra camada do manto onde o aumento da velocidade das ondas sísmicas é menor, denominada astenosfera. JAIN (1973), ressalta a

(...) saber: atmosfera (material gasoso), hidrosfera (material líquido), biosfera (matéria viva), noosfera (organização social), crosta (material sólido na superfície), manto (material sólido sob a crosta) e núcleo (material mais interior da Terra). (Adaptado de POTAPOVA, 1968).

diferença entre crosta e litosfera:

"(...) os conceitos da crosta terrestre e de manto são geológicos enquanto os de litosfera e astenosfera são puramente geofísicos." (p. 49)

Segundo a Área de Educação Aplicada à Geociências^(*) do Instituto de Geociências da UNICAMP, crosta terrestre:

"(...) é a 'esfera' em que a matéria sólida do planeta está reunida junto à superfície terrestre. Possui uma disposição espacial tal em relação às demais esferas materiais, bem como possui determinadas características físico-químicas, oriundas principalmente do seu estado físico, que a torna uma espécie de 'superfície' de repercussão das dinâmicas interna e externa terrestres (...)."

Uma camada proporcionalmente muito fina, como a crosta terrestre, é extremamente suscetível, isto é, as transformações que ocorrem nas camadas interiores da Terra, particularmente no manto, se propagam modificando estruturas e feições da crosta, por exemplo, uma mudança de fase com aumento ou diminuição de volume num trecho do manto altera a região da crosta próxima da transformação.

Não são apenas as transformações produzidas no interior da Terra que modificam a crosta, agentes superficiais como a água e o vento permanentemente modificam a superfície (na ação desses agentes a energia solar tem um papel fundamental). Assim, a crosta terrestre se comporta como uma interface sólida entre a energia do interior da Terra e a ener

(*) Relatório interno, mimeografado, 1984.

gia que o planeta recebe do universo. Destaca-se que na mudança das características da crosta um papel relativamente pequeno é desempenhado pela energia produzida na própria crosta, as principais características que ela possui decorrem das interações dos processos internos e externos, por exemplo: a erosão fluvial é a principal responsável pelo rebaixamento do relevo, esta erosão é acionada pela gravidade e pelo calor solar. À medida que o relevo de um continente é rebaixado a crosta recebe um impulso ascendente do manto (como se ela "flutuasse" sobre o manto). Este impulso é acionado pela gravidade e pela menor densidade da crosta em relação ao manto^(*). O exemplo mostra como a crosta é principalmente uma zona de repercussão de processos internos e externos.

POTAPOVA (1968) caracteriza o papel da crosta terrestre para a Geologia:

"(...) a crosta é uma fonte de conhecimento histórico sobre a natureza. O diagrama (ver Fig. 3) é baseado no conceito de crosta terrestre como domínio de processos naturais irregulares e comparativamente de longa duração, no qual certo número de circunstâncias e especialmente o curso relativamente não violento dos processos físico-químicos, proporcionam as condições para a impressão e preservação em forma 'fixada' (refletida) de fenômenos que ocorreram no passado geológico; portanto, a história da evolução da Terra está impressa de uma maneira codificada, refletida, nas peculiaridades da estrutura e composição da crosta. O estudo da crosta fornece dados diretos e indiretos que jogam luz sobre a história dos processos naturais contemporâneos. Assim, no presente, sabemos a muito custo algo sobre o estado, estrutura e composição do manto e núcleo da Terra. No futuro, pela aplicação de métodos geofísicos

(*) Este fenômeno ascensional é denominado isostasia.

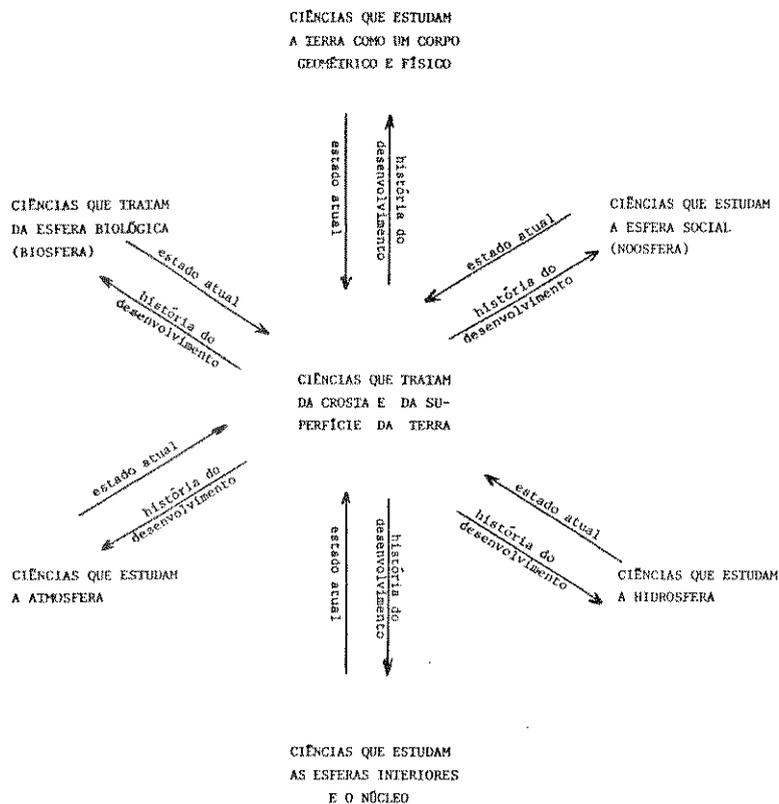


FIGURA 3 - (Extraída de POTAPOVA, 1968, p. 122).

cos, obteremos sem dúvida uma grande quantidade de informações sobre eles, mas (esses dados) se referirão ao presente estado e, até que aprendamos a ver traços da sua evolução em formações geológicas comuns, provavelmente estaremos construindo teorias mais ou menos autênticas concernentes à sua história.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado a outras camadas da Terra e à sua superfície, e a diversos fenômenos naturais comparativamente de longa duração (...)." (p. 121)

"A figura [Fig. 3] apresenta grandes grupos de ciências que tratam de vários aspectos da evolução de nosso planeta. As considerações antes estabelecidas, relativas à importância epistemológica da crosta terrestre no estudo da evolução de nosso planeta como um todo, bem como as suas várias partes, estão expressas no diagrama de forma a revelar a relação das ciências que tratam da crosta terrestre como uma fonte de informações sobre a evolução da Terra com

as ciências que tratam de parte ou aspectos individuais do planeta. Estudando a evolução das entidades que caem sob seu escrutínio, estas últimas retiram informações a partir da crônica geológica evidentes na crosta; isto é mostrado na figura [Fig. 3] pelas setas dirigidas para fora do centro. Por outro lado, as ciências que tratam da crosta terrestre empregam dados de todas as outras ciências que estudam várias regiões e propriedades do planeta com o propósito duplo de conseguir um melhor entendimento dos fenômenos contemporâneos e aperfeiçoar métodos de identificação da história geológica impressa na crosta (setas dirigidas em direção ao centro) (...)." (POTAPOVA, 1968, pp. 122-123)

A história da composição, estrutura e movimentos da atmosfera, por exemplo, não pode ser obtida na própria atmosfera; os estudos que são realizados fornecem as atuais características da atmosfera e, no máximo, registros históricos de período extremamente recente se comparado com os bilhões de anos de existência da atmosfera. Os processos atmosféricos, devido às suas condições físico-químicas, não ficam preservados na atmosfera, portanto sua história não pode ser aí reconstituída. Ela só pode ser reconstituída à medida que se descobrem suas "marcas" ("formas fixadas") na crosta terrestre, por outro lado, a descoberta destas formas depende do estudo da atmosfera atual para caracterizar os produtos de seus processos que ficam registrados na crosta. Por exemplo: para saber quando começou a existir oxigênio livre na atmosfera foi necessário identificar os "red beds" (camadas arenosas oxidadas).

A história da Terra e de todos os processos naturais pode ser reconstituída porque a crosta terrestre mantém no sincrônico a anacronia, e a reconstituição histórica se

estabelece pela comparação (de semelhanças e diferenças) entre o sincrônico e o anacrônico.

A crosta terrestre e seus constituintes (as rochas) podem ser entendidas como objeto de investigação da Geologia, pois sendo as rochas produtos históricos dos processos naturais indicam as condições físico-químicas do ambiente e do momento em que se formaram.

Nas citações a seguir é melhor caracterizado o papel da crosta e das rochas.

"(...) a crosta e sua superfície (...) são (...) os principais e imediatos objetos de investigação (...). A geologia é a única das ciências naturais que estuda os processos naturais numa forma refletida, "fixada": assim representados pelas estruturas geológicas; a composição, estrutura e textura de rochas locais; assim representados por minerais e restos fósilíferos de organismos vegetais e animais, o homem e suas ferramentas." (POTAPOVA, 1968, pp. 118-119; aspas no original).

"(...) para o geólogo uma rocha é mais do que um agregado de minerais; é uma página da autobiografia da Terra com uma história a ser desvendada, onde só ele pode ler a linguagem com a qual o registro foi escrito (...)." (HOLMES & HOLMES, 1980, p. 8)

Cabe à Geologia interpretar os registros deixados ("fixados") na crosta e nas rochas, de tal modo a recompor a história da Terra. Para tanto é necessário desenvolver um conjunto de métodos capaz de transformar os registros em informações que permitam recompor essa história. O binômio rochas/crosta pode ser entendido, portanto, como objeto de investigação da Geologia.

Note-se que os verbetes, citados no início deste sub-item, não refletem os papéis metodológicos e dinâmico desempenhados pela crosta terrestre. Além disso parecem desatualizados em relação às controvérsias da caracterização geológica dos termos crosta terrestre e litosfera.

ATUALISMO

Uniformitarismo, uniformidade dos processos e atualismo são várias denominações correspondendo a diversas interpretações para o método de trabalho mais geral em Geologia. Sua formulação mais simples, e que eu diria mais simplória, é: "o presente é a chave do passado". O Hallam acredita que é o mesmo que reduzir a Teoria da Evolução à frase: "a sobrevivência do mais forte". Acredito que chave, sem fechadura correspondente, serve prá muito pouca coisa. Qualquer ciência histórica não pode deixar de considerar o presente, quando mais não seja porque elas são interpretadas por seres humanos que se localizam em tempos e lugares determinados. Daí ...



IV.2 - Atualismo (*)

Atualismo - I. uniformitarianism, actualism - A. Aktualismus - F. actualisme.

Princípio básico da geologia formulado por K. A. V. Hoff e depois por Ch. Lyell, segundo o qual os processos geológicos do passado deviam ter-se dado essencialmente com a mesma intensidade dos de hoje. As modificações da superfície terrestre resultariam de forças análogas às que agem presentemente, ao contrário do que postulou a teoria dos 'cataclismos' [...]. O atualismo é hoje menos ortodoxo que inicialmente. É provável que no passado os fenômenos geológicos se regessem por condições diferentes das atuais. A decomposição das rochas antes da ocupação da terra firme por vegetais poderia ter sido diversa da ulterior e, conseqüentemente, também a formação dos sedimentos. A admissão de fenômenos cíclicos, principalmente tectônicos, não se coaduna bem com o 'atualismo'. Os críticos mais radicais opõem-se a esta doutrina, aceitando-a apenas como método de trabalho. (LEINZ & LEONARDOS, 1977); (grifos no original)

Atualismo. [De atual + ismo] S. m. Geol. Doutrina pela qual os fenômenos realizados no presente se teriam realizado de modo análogo nas épocas geológicas passadas. (FERREIRA, 1975); (grifos no original)

O conjunto de métodos utilizados em Geologia passou por uma caracterização complexa, repleta de controvérsias e confusões; suas mudanças são associadas às próprias mudanças nessa ciência e em seu objeto de estudo. Procura-se aqui fornecer um painel desse desenrolar.

HUTTON (1788), citado por HALLAM (1985), afirma:

"Se examinarmos as coisas atuais, teremos dados a partir dos quais poderemos raciocinar sobre o que foi, e, a partir do que já foi, teremos dados para tirar conclusões sobre o que ocorrerá mais adiante. Por conseguinte, partindo da suposição de que o trabalho da natureza é uniforme e constante, encontramos nas ocorrências naturais um meio para saber o que transcorreu em uma determinada porção de tem-

(*) A estrutura básica deste sub-item toma como referência o trabalho de KULAIFF, Y., denominado "A Geologia do ponto de vista do PEGI - algumas questões metodológicas", 1984, Programa de Pós-graduação do Instituto de Geociências/UNICAMP, 53 p., mimeografado.

po para produzir aqueles acontecimentos dos quais hoje temos os efeitos." (p. 30, grifos no original).

Na citação de HUTTON encontram-se duas concepções sobre os processos naturais.

A primeira, que representa sua maior contribuição, e que foi, de certo modo, relegada nas polêmicas iniciais, dá importância à observação dos processos atuais como ponto de partida no estudo da reconstituição dos processos passados. Note-se também que HUTTON já se referia à possibilidade de, a partir desses estudos, antever o futuro, aspecto este pouco valorizado posteriormente.

A segunda, como será visto adiante, foi origem de toda a polêmica sobre o estudo de desenvolvimento de processos naturais, por interpretar a ação da natureza como sendo regida por processos uniformes e constantes.

HALLAM (1985) sustenta que durante o século XVIII os métodos atualistas foram esporadicamente utilizados até que as idéias de HUTTON fossem melhor explicitadas por LYELL (1832) conseguindo, então, firmar posição nos meios geológicos (HALLAM, 1985; HOOYKAAS, 1970; GOULD, 1965).

Segundo GOULD (1965), foi ARCHIBALD GEIKIE quem, na segunda metade do século XIX, sintetizou as idéias uniformitaristas, como também foram denominadas as formulações de HUTTON, no enunciado:

"O presente é a chave do passado."

Esta simplificação foi entendida como: as leis da natureza são imutáveis no tempo, e os eventos geológicos ocorreram a velocidades uniformes originados pelos mesmos processos atuais. Amplamente difundida, a idéia provocou uma série

de contestações ao princípio do Uniformitarismo e à própria Ciência Geológica — que, na metade do século XIX, nele se baseava.

No fim daquele século, muitos geólogos, concluindo que uma uniformidade de taxas de velocidade e ocorrências de processos eram insustentáveis, passaram a utilizar o uniformitarismo em sentido metodológico. DAWSON, citado por GOULD (1965), afirma em 1894 a necessidade de cautela (sic) com a suposição de que as operações regidas pelas leis da natureza tenham sido uniformes em taxa.

Em 1895, DAVIS, também citado por GOULD (1965), acrescentava:

"O Uniformitarismo, razoavelmente compreendido não é uma rígida limitação dos processos do passado à velocidade dos processos atuais, mas sim uma associação racional de efeitos observados, com suas causas competentes." (p. 225)

O reconhecimento da existência de mudanças radicais nas condições ambientais da Terra (atmosfera primitiva, aparecimento e diversificação da vida etc.), responsáveis tanto pela extinção quanto pelo surgimento de processos, resultando novos efeitos, possibilitou novas críticas ao princípio do uniformitarismo.

GOULD (1965), analisando as proposições de LYELL, classificou-as como uniformitarismo substantivo e uniformitarismo metodológico. Segundo esse autor, quando LYELL reafirmou a necessidade de se reconhecer a imutabilidade das leis naturais como base fundamental para o princípio do uniformitarismo, pôs fim à dicotomia entre um mundo contemporâneo regido por leis naturais constantes e verificáveis, e um passa

do incapaz de explicação puramente científica. Para GOULD (1965), o uniformitarismo substantivo é

"(...) uma teoria testável de mudança geológica que postula uniformidade de taxas ou condições materiais." (p. 226)

E o uniformitarismo metodológico

"(...) é um princípio de procedimento que afirma a invariância espacial e temporal das leis naturais; pertencente à definição da ciência e não é exclusivo da Geologia." (p. 226)

O uniformitarismo substantivo foi refutado e o uniformitarismo metodológico passou a ser incorporado, embora por vezes de maneira não precisa, aos compêndios de Geologia. A título de exemplo: HOLMES & HOLMES (1980), ao se referirem à polêmica em torno do uniformitarismo, afirmam que o termo em si, nunca foi muito incorporado na Europa, sendo gradualmente substituído pelo termo "atualismo", pelo próprio fato dele

"(...) sugerir uniformidade de velocidade, ao passo que ele deve significar uniformidade de leis naturais (...)." (p. 32; grifos no original)

Para esses autores, o termo atualismo, representa muito mais adequadamente o princípio segundo o qual

"(...) no passado prevaleceram os mesmos processos e leis naturais que podemos observar atualmente ou deduzir a partir de observações." (p. 32)

GRUZA & ROMANOVSKIY (1975), parecem ter abandonado definitivamente o uso do termo uniformitarismo pois, em sua discussão sobre os métodos de investigação do passado da Terra, referem-se à compreensão do "princípio do atualismo".

Esses autores situam em novos termos a polêmica sobre o atualismo. Segundo eles, para melhor entendimento desta questão é necessário distinguir princípio ontológico de princípio gnoseológico.

Adotando-se princípio, para designar uma certa origem básica (ponto de partida), princípio ontológico pode ser caracterizado como aquele que parte de uma teoria explicativa para o mundo circundante, por outro lado, princípio gnoseológico é aquele que define uma abordagem para o estudo deste mundo.

Assim, pode-se sintetizar o Princípio Gnoseológico do Atualismo como

"(...) toda a explicação do passado só pode ser feita com base nos conhecimentos do presente." (p. 168)

Esta formulação, aparentemente óbvia, é essencial em Geologia ou em qualquer outra ciência histórica. Deve-se notar que ela é profundamente diferente das formulações anteriores sobre o uniformitarismo. Nesta nova abordagem reflete-se um aspecto particular: a possibilidade de se usar como protótipos, durante a inferência por analogia, os fenômenos do passado, e como modelos os fenômenos do presente. Assim, esta compreensão do atualismo se funda nos conhecimentos e não nos processos ou mesmo leis da natureza.

Com os conhecimentos teóricos e práticos do presente, pode-se interpretar o passado. Os dados geológicos só con

seguem atingir este "status", quando o conhecimento fornece significado às estruturas, unidades rochosas etc., usadas como tal; por exemplo: a textura "spinifex" só se tornou dado geológico há cerca de 15 anos, quando se desenvolveu o conceito de "Greenstones Belts", apesar destes terem existido durante bilhões de anos.

Assim, todos os métodos e/ou princípios usados pelos geólogos podem ser deduzidos a partir do Princípio Gnoseológico do Atualismo. Todo o trabalho em Geologia, em última instância, se fundamenta neste princípio.

O atualismo pode ser entendido como o sistema de procedimentos que torna possível a transferência presente-passado, ou a transferência presente-futuro. GRUZA & ROMANOVSKIY (1965), ressaltam questões limitantes, que não podem deixar de ser consideradas no emprego do atualismo:

"As premissas utilizadas pelo método teórico têm que necessariamente estar baseadas no conhecimento que se tem dos processos geológicos modernos. E isto faz com que, sem invalidar o Método Atualista, já que não existe outra forma de enfrentar o problema nas ciências históricas, obrigatoriamente estas premissas sejam restritas." (p. 168)

"(...) O fato da irreversibilidade dos processos geológicos, que atualmente se considera indiscutível, é mais um fator de dúvida quanto às conclusões obtidas durante a extrapolação para o passado com base nos dados existentes de processos modernos." (p. 168)

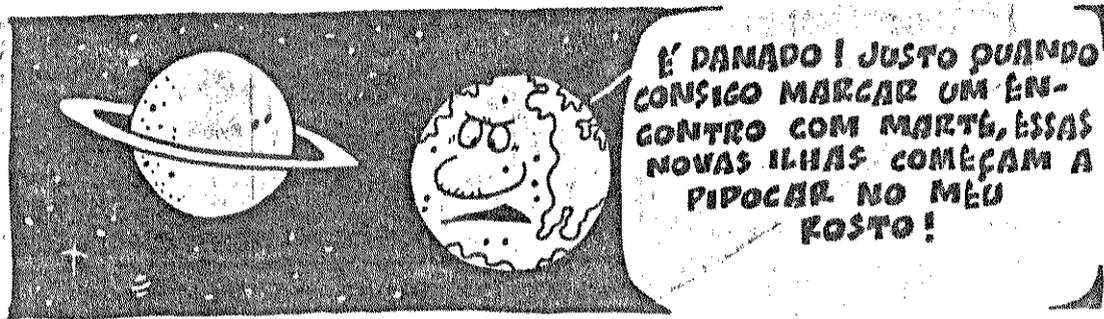
Pode-se concluir que a expressão mais global e mais precisa para o método geral da Geologia é: um conjunto de procedimentos de base fundamentalmente analógica, capazes de transferir informações do presente para o passado e do pre-

sente para o futuro, dentro de certos limites (a transferência sempre será hipotética, o grau de verificabilidade da conclusão depende da correção na assunção das hipóteses aceitas). A este conjunto de procedimentos de transferência de informações o nome que parece mais adequado é atualismo, pois indica que não se pode reconstituir a história, ou fazer previsões, sem a utilização dos conhecimentos do presente.

Nota-se nos verbetes, no início deste sub-item, que LEINZ & LEONARDOS (1977) definem "atualismo" de modo confuso, não deixando claro se o mesmo é método ou doutrina. FERREIRA (1975) afirma a postulação de LYELL, caracterizando um princípio ontológico. Portanto, ambas são definições restritas.

TRANSFORMAÇÕES

Caso a palavra "transformações" correspondesse à "contradições" seria fácil buscar as contribuições dos antigos sábios alemães e mostrar suas (dela) leis, universalidade etc ... Porém não é bem assim, apesar de que não me considero convencido que assim não seja. Entretanto, desde as escalas menores de movimentos nos átomos até as miríades de galáxias, nada parece estático. A Terra em que vivemos possui pelo menos duas fontes básicas de energia: uma externa (patrocinada pelo Sol) e outra em seu interior - aqui destaca-se o papel da gravidade, marcada pela própria massa da Terra. Enquanto essas fontes permanecerem atuando ...



Transformação. [Do lat. transformatione.] S. F. 1. Ato ou efeito de transformar(-se); metamorfose. 2. Mat. Qualquer operação em que se modifica um ente matemático, ou em que se mapeia uma configuração em outra. 3. Fís. Modificação do estado de um sistema. **Transformação adiabática.** Fís. Aquela em que não há troca de calor entre o sistema e o exterior. **Transformação afim.** Álg. Mod. Aquela em que se mapeia um espaço em outro mediante relações lineares entre as coordenadas. **Transformação colinear.** Geom. Colinação. **Transformação contínua.** Mat. Transformação de um conjunto em outro, realizada por uma correspondência que conserva as vizinhanças de cada ponto; correspondência contínua. **Transformação de calibre.** Fís. Transformação de um espaço na qual as grandezas de um campo eletromagnético, sujeitas a medição e observação, permanecem invariantes. **Transformação de Galileu.** Fís. Transformação das coordenadas com que se passa, na física não relativista, de um referencial inercial para outro. (...) (FERREIRA, 1975); grifos no original.

A assunção das transformações são, via de regra, identificadas nas definições de Geologia, assim como nas caracterizações de suas diversas partes, mais ainda, é uma noção indissolúvelmente ligada ao surgimento da Ciência Geológica. Entretanto, essa noção ocorre principalmente sob formas implícitas, embutidas em variadas manifestações de autores. Neste sub-item, optou-se por mostrar as posições de alguns autores onde as transformações são melhor apresentadas, inclusive com o próprio uso do termo, ou de termos que lhe correspondem mais diretamente.

A definição clássica de Geologia, foi formulada por LYELL (1832):

"Geologia é a ciência que investiga as sucessivas transformações ocorridas nos reinos orgânico e inorgânico da natureza, pergunta acerca das causas dessas transformações e acerca da influência que elas exercem na modificação das estruturas internas e externas do nosso planeta." (p. 1)

No "Principles of Geology", LYELL (1832), procura caracterizar a Geologia como ciência rompendo ligações com a cosmologia teológica; esta preocupação é explícita na própria formulação do autor quando insiste que "(...) é a ciência (...)".

A definição indica que o objeto de estudo da Geologia, isto é, os fenômenos do mundo material que devem ser investigados pela ciência, são: "(...) as sucessivas transformações (...) causas (...) influências (...)". LYELL (1832) assume que a transformação é inerente à natureza e que a história desta deve ser esclarecida pela Geologia. Note-se que o autor utiliza por duas vezes a palavra transformação em sua clássica formulação.

Ele extrapola as transformações para o planeta in teiro: "(...) nos reinos orgânico e inorgânico (...) " e "(...) estruturas internas e externas (...)", nessa visão nada é imutável, mesmo as "estruturas" do planeta, apontadas muitas vezes como estáticas, para LYELL (1832), estão se modificando.

LYELL (1832), estava ligado a uma visão fundamentalmente mecânica de natureza: a ciência deve buscar as relações de causa e efeito dos fenômenos. Assim, cabe à Geologia estabelecer seqüências contingentes de fenômenos afins, ligados por relações de causa e efeito. O impacto provocado pelas idéias de LYELL foi tão profundo que, segundo diversos autores, se tornou a visão clássica de Geologia (SIMPSON, 1963; HOOYKAAS, 1970; HALLAM, 1985).

HOLMES & HOLMES (1980), em sua clássica obra didática, denominada "Geologia Física", subdividem a Ciência Geológica em "ramos" cujas palavras chaves caracterizadoras são: materiais, suas disposições e os processos geológicos. Estes últimos caracterizados como:

"(...) mecanismos da Terra, significando os tipos de mudanças que possam ser produzidas." (p. 7)

Esses autores também expressam uma visão clássica da Geologia. Eles articulam os "materiais, suas disposições e os processos", compondo uma visão em que os materiais terrestres e sua disposição não são estáticos pois que são ligados aos processos.

O objeto de estudo da Geologia, para HOLMES & HOLMES, são os materiais, disposições e os processos, abrangendo as mudanças.

Para THUILLIER (1985):

"(...) etimologicamente a palavra 'geologia' não tem nada de misterioso. Formada a partir do grego significa 'discurso sobre a Terra'. Hoje todo mundo sabe o que é geologia.

O Petit Larousse a define assim: a ciência que tem por objeto a descrição dos materiais constituintes do globo terrestre; estudo das transformações atuais e passadas, sofridas pela Terra e estudo dos fósseis." (p. 942)

Ao assumir a posição de Petit Larousse, THUILLIER caracteriza que o "discurso sobre a Terra" engloba a "descrição dos materiais", as "transformações atuais e passadas (...) [da] Terra" e os "fósseis". Assim, para esse autor, as transformações são um dos componentes do objeto da Geologia.

Segundo POTAPOVA (1968):

"Obviamente, no estudo de um sistema natural integrado tal como a Terra, deveria haver uma ciência que sintetizaria conhecimentos sobre todas as formas de movimento da matéria que tomam parte na evolução do sistema. Esta ciência é a geologia, to-

mada no seu sentido mais amplo como a mais geral e ampla ciência do planeta. (...) A geologia apresenta-se como uma ciência que trata da história e evolução da Terra, e seu assunto é o processo histórico-geológico. (...) A tarefa da geologia é estudar a história da Terra como um todo e suas várias esferas, camadas ou estratos e o núcleo." (p. 118/119).

Inicialmente é necessário esclarecer o que POTAPOVA (1968) entende por "forma de movimento da matéria". KEDROV (1968), que possui a mesma formação científica da citada autora, assim se refere:

"Por forma de movimento da matéria entende-se um modo específico de existência de toda a entidade material qualitativamente definida. Forma de movimento expressa precisamente a determinância qualitativa da entidade material correspondente, conhecida como seu suporte material, substrato material ou conteúdo material. Sua relação a esta entidade ou qualquer aspecto dela é a característica determinante de qualquer forma de movimento.

Tal como toda entidade material possui uma estrutura interna característica, assim a forma de movimento inerente a ela reflete aquela estrutura. Em certo sentido a forma de movimento é a entidade da estrutura, na medida em que representa as inter-relações de suas partes componentes. Daí, a forma de movimento pode ser definida como um tipo de interação dos elementos estruturais constituindo uma dada entidade." (p. 127; grifos no original)

No mesmo trabalho, o autor ainda especifica:

"Os suportes da forma geológica de movimento não são somente secções individuais da Terra tomadas localmente ou regionalmente, não são somente rochas individuais etc., mas também toda a matéria da

Terra, constituindo um sistema global integrado. Tal sistema integrado presume, em primeiro lugar, a unidade e interação das partes básicas de todo o planeta: o núcleo, manto e crosta; em segundo lugar, a unidade e interação das principais esferas nas quais a matéria da crosta diferenciou-se, principalmente de acordo com o estado físico (atmo-, hidro- e litosfera); em terceiro lugar, a interação de fatores físico-geográficos e biológicos à sua superfície, e, portanto, da natureza inorgânica e orgânica.

A natureza global dos processos ocorrendo no planeta, bem como as inter-relações dos vários participantes integrais nele (o núcleo, manto e crosta) revelam a natureza sintética dos movimentos geológicos (...)." (p. 134)

Para KEDROV (1968) e POTAPOVA (1968), a Terra, "um sistema natural é integrado", possui um enorme conjunto de formas de movimento inter-relacionadas compondo o processo geral de desenvolvimento do planeta, sintetizados em uma única forma de movimento: a "evolução geral do sistema" ou "a história da Terra como um todo". A partir da caracterização desta forma de movimento, os autores, mais explicitamente POTAPOVA, argumentam que deveria haver uma ciência que estudasse essa forma de movimento sintética: a Geologia.

POTAPOVA (1968), entende que o objeto de estudo da Geologia é o "processo histórico-geológico", isto é, o conjunto de todas as transformações da história do planeta. Note-se que os termos empregados pela autora são impregnados de perspectiva dinâmica.

Pode-se concluir que o "processo histórico-geológico" é deduzido da universalidade da transformação (pelo menos da transformação do planeta e daquelas que interferem no planeta), portanto, infere-se que, para POTAPOVA (1968), o objeto de estudo da Geologia são as transformações.

Note-se que KEDROV (1968) e POTAPOVA (1968) manifestam-se de forma semelhante a LYELL (1932) sobre a idéia da Geologia incluir os reinos orgânico e inorgânico da natureza. Esses três autores são claros e enfáticos a esse respeito. Entretanto, a clareza acima referida, que enfatiza uma noção controvertida, qual seja, o englobamento do reino orgânico pela Geologia, não é identificada em inúmeros autores, que se referem apenas ao reino inorgânico.

O termo mais comumente utilizado em Geologia e que mais se aproxima do conceito de transformação é "processo"; a referência anterior a HOLMES & HOLMES (1980) ilustra essa consideração.

Nos limites deste trabalho, as transformações podem ser identificadas a partir das referências a processos (no âmbito do planeta ou a ele relacionados) ou a fases (ou etapas) que, em seu conjunto, compoñham um processo (ou processos).

Note-se que o verbete ao início deste sub-item se atém à Física e à Matemática, e tampouco é suficientemente abrangente para englobar noções correlatas a objeto de estudo. Em LEINZ & LEONARDOS (1977) não há verbete correspondente a transformações, tampouco a processos.

Apresenta-se, a seguir, breve revisão sobre "Geossinclinais/Geossinclíneos" visando facilitar a análise dos mesmos nas obras didáticas examinadas.

CAPÍTULO 4

Nunca pensei que soubesse tão pouco sobre geossinclinais. Agora desconheço-os menos. Mas esse conhecimento é suficiente para considerá-lo como a mais poética idéia formulada em Geologia. A idéia do sonho. Sonhar que as orgulhosas cadeias montanhosas formaram-se no fundo dos mares, a partir do confronto destes com as áreas emersas. Ao se recusar ser soterrado, o mar devolve para a superfície todo o material que lhe foi impingido por milhões de anos. O revanchismo das áreas emersas transforma essa devolução em portentosas cordilheiras. A luta continua e seu fim ainda não se vislumbra. Terá fim?!



CAPÍTULO 4

GEOSSINCLINAIS/GEOSSINCLÍNEOS

Geossinclíneo - I. Geosyncline - A. Geosynklinale - F. géosynclinal. Depressão alongada, situada nas bordas continentais, cujo fundo está sujeito à subsidência por tempo geológico relativamente largo, permitindo a acumulação de grandes espessuras de sedimentos que posteriormente se dobram e se elevam originando cadeias de montanhas. O termo foi proposto por DANA em 1873, embora o conceito seja anterior (...)

Certos autores admitem que os geossinclinais não se limitam às áreas continentais. Os G. correspondem a zonas tectônicas instáveis, sujeitas a dobramentos e vulcanismos (...). (LEINZ & LEONARDOS, 1977); grifos no original.

Geossinclinal - (De ge(o) + sinclinal). S. M. Geol. Vasta depressão alongada, situada nos bordos dos continentes e cujo fundo vai deprimindo-se ao peso dos sedimentos que se vão depositando. (FERREIRA, 1975); grifos no original.

O termo "geossinclíneo" foi usado pela primeira vez por DANA em meados do século passado. Com o passar do tempo o conceito foi adquirindo importância crescente e se transformou em teoria geral norteadora da ciência geológica, abordada em praticamente todos os livros de Geologia, especialmente os que apresentam uma visão global dessa ciência.

Com o intuito de subsidiar a análise do conceito de geossinclíneo nos livros didáticos, é feita aqui uma breve exposição acerca das modificações ocorridas com a utilização do conceito e respectiva teoria.

O conceito e a Teoria Geossinclinal possuem uma trajetória relativamente conturbada, sofrendo diversas mudanças, com diferenças de um país para outro, criando dificuldades

para generalização do conceito e emprego da teoria. Apesar disso a teoria gerou inúmeras pesquisas devido seu caráter sintético e abrangente.

Por ocasião do centenário da formulação do conceito, em 1959, foram elaboradas reflexões essenciais para reconstrução de sua história e caracterização. KHAIN & SHEINMANN (1962), por exemplo, comparam a Teoria Geossinclinal com a Teoria da Evolução de Darwin, destacando que a "A Origem das Espécies", de Darwin, foi também publicada em 1859:

"A teoria geossinclinal se modificou durante um complicado caminho desde o momento em que surgiu. (...) esta teoria se desenvolveu a partir de uma questão relativamente específica para uma concepção universal. Por generalização, aponta-se que as estruturas mais importantes da crosta terrestre são os geossinclíneos e as plataformas (estas na crosta continental). Tais concepções propiciam a rejeição de conteúdos especulativos na teoria tectônica. Por isso, a teoria geossinclinal é mais do que uma teoria tectônica. Deste ponto de vista, a teoria dos geossinclíneos e plataformas, ocupa uma posição análoga à teoria da evolução na biologia: o fato de que o desenvolvimento do mundo orgânico, e as leis que regem este desenvolvimento, não decorrem de uma teoria, mas a teoria é, em grande parte, um conjunto de generalizações baseadas neste desenvolvimento." (p. 190)

"(...) o aparecimento da teoria de desenvolvimento dos geossinclíneos, significou a incorporação da teoria evolucionária na geologia, esta última teoria vinha, na época (Século XIX), sucessivamente ganhando espaço em todos os campos das ciências naturais." (p. 172)

PYNE (1978) indica que James D. DANA, um dos princí

pais formuladores do conceito de geossinclíneo, era membro de um grupo de cientistas e filósofos norte-americanos (Thomas C. Chamberlin, John W. Powell, Joseph LeConte, Charles S. Peirce), que buscava introduzir a Teoria da Evolução em todos os campos do conhecimento.

AUBOIN (1965), por sua vez, dedica toda uma obra para explicitar a Teoria Geossinclinal. Logo no início, afirma:

"(...) Poucos conceitos geológicos têm alcançado tanta popularidade e poucos têm sintetizado e coordenado conceitos estratigráficos, paleogeográficos e tectônicos." (p. 1)

I - Geossinclinais/Geossinclíneos - um pouco de história

O trabalho de James HALL (1859), mapa geológico do Estado de Nova York, é considerado por diversos autores (KHAIN & SHEYNMANN, 1962; AUBOIN, 1965; GLAESSNER & TEICHERT, 1947; DOTT, 1974), o precursor da teoria geossinclinal (apesar de não generalizar suas idéias para outras regiões), pois: (a) afirmou que a região dos Apalaches era constituída por uma seqüência sedimentar marinha, de águas rasas, com cerca de 12 000 m de espessura e (b) para explicar a origem da região, postulou o abaixamento do fundo do mar (subsidência) acompanhado pela acumulação dos sedimentos em mar raso, bem como seu dobramento e soerguimento (levantamento) originando a cadeia montanhosa.

O trabalho de HALL foi retomado e modificado por DA NA (1866 e 1873), que pela primeira vez usou o termo "geosyncline" (traduzido em português como geossinclinal ou geos

sinclíneo) para esta bacia marinha subsidente. As principais diferenças com o primeiro modelo se referem às causas da subsidência e dobramento do pacote sedimentar. Segundo HALL, o fundo oceânico baixava devido o peso dos sedimentos e o do-
bramento seria provocado por esta mesma carga. DANA relacionou o geossinclinal à hipótese de contração da Terra: atra-
vés de forças compressivas ocorreria a subsidência e a con-
comitante sedimentação; a manutenção destas forças compres-
sivas seria responsável pelo dobramento (posterior à sedimen
tação), levantamento do geossinclíneo e formação da cadeia
montanhosa. DANA também tomou a região dos Apalaches como re
ferência, mas generalizou o conceito para todas as cadeias
montanhosas (KHAIN & SHEYNMANN, 1962; AUBOIN, 1965).

Detalha-se, a seguir, a formulação do conceito se-
gundo HALL e DANA.

HALL observou que na região dos Apalaches a espessu-
ra dos sedimentos marinhos de ambiente raso chegava a quase
12 000 m e que seqüências sedimentares a Oeste eram similares
às de Leste, porém possuíam espessura menor. Afirmou, em con
seqüência destas observações, que houve subsidência do fundo
oceânico acompanhado pela sedimentação, e que a linha de cos
ta naquele momento estava mais a Leste. Postulou que esta sub
sidência era decorrente do peso dos sedimentos na bacia. Ob-
servou também que onde a espessura dos sedimentos era maior,
as seqüências encontravam-se dobradas; postulou que este do-
bramento teria sido provocado pela compressão no núcleo da ba
cia sedimentar e associou o dobramento à elevação da cadeia
montanhosa. Finalmente, observou um certo metamorfismo em par
tes da seqüência sedimentar; considerou que este era um as-
pecto secundário relacionado ao incremento de temperatura de
corrente do aumento de profundidade (AUBOIN, 1965; KHAIN &

CAPÍTULO 4

Nunca pensei que soubesse tão pouco sobre geossinclinais. Agora desconheço-os menos. Mas esse conhecimento é suficiente para considerá-lo como a mais poética idéia formulada em Geologia. A idéia do sonho. Sonhar que as orgulhosas cadeias montanhosas formaram-se no fundo dos mares, a partir do confronto destes com as áreas emersas. Ao se recusar ser soterrado, o mar devolve para a superfície todo o material que lhe foi impingido por milhões de anos. O revanchismo das áreas emersas transforma essa devolução em portentosas cordilheiras. A luta continua e seu fim ainda não se vislumbra. Terá fim?!



SHEYNMANN, 1962). Esta explicação produziu amplos debates nos Estados Unidos que resultaram na concepção de DANA.

DANA (1866 e 1873) formulou que as montanhas Apalachianas e as cadeias montanhosas em geral tiveram uma história comum, registrada em suas feições. A origem de todas as cadeias montanhosas teria ocorrido pela deposição de grande espessura de sedimentos em ambiente marinho raso. A grande espessura seria produzida por subsidência do fundo oceânico associada à acumulação de sedimentos. Até aqui há concordância geral com a teoria de HALL (1859), as divergências essenciais aparecem quanto às causas desse movimento subsidente e do mecanismo de dobramento.

DANA utilizou a hipótese global de contração da Terra em sua formulação do conceito geossinclinal. Considerou o movimento da crosta resultado de forças compressivas tangenciais geradas pela contração e negou que o peso dos sedimentos poderia provocar o rebaixamento do fundo oceânico. A zona de subsidência, chamada por HALL de "eixo sinclinal", foi denominada geossinclinal por DANA, e em oposição ao geossinclíneo, denominou de geoanticlíneo as extensas zonas de levantamento — provocado pelas mesmas forças compressivas que produzem o geossinclíneo.

DANA opôs-se à simultaneidade de subsidência e dobramento, afirmando que nos Apalaches houve alternância de períodos de inatividade e dobramento, o que o levou a adotar uma noção cíclica para o processo. Relacionou o metamorfismo e a atividade magmática a fenômenos secundários no desenvolvimento geossinclinal, ligados à alta energia que causa a mobilização da crosta. Postulou que os geossinclíneos ocupam posição periférica em relação aos continentes, admitindo um processo de 'acrecção' continental: cada período de dobramento e

formação de montanhas acrescenta uma faixa de origem geossinclinal ao continente. Tais são os elementos básicos da proposta de DANA, segundo AUBOIN (1965); KHAIN & SHEYNMANN (1962) e DOTT (1974).

Os trabalhos de HALL e DANA não foram reconhecidos fora dos Estados Unidos até a divulgação do trabalho de HAUG (1900). A partir daí, o conceito passou a ter reconhecimento internacional e a dirigir as interpretações geológicas. O período em que a teoria esteve circunscrita aos Estados Unidos foi denominado por KHAIN & SHEYNMANN (1962) como "Primeiro período de desenvolvimento da Teoria Geossinclinal", caracterizado pelo pré-reconhecimento da teoria. Segundo esses autores, o segundo período se inicia no momento em que a teoria é universalizada e passa a orientar os trabalhos de pesquisa e a elaboração de mapas paleogeográficos em todo o mundo.

Não obstante tenha promovido o reconhecimento internacional da Teoria Geossinclinal, HAUG manifestou divergências com HALL e DANA. Adotando a cadeia montanhosa dos Alpes como referência, postulou que a sedimentação teria ocorrido em ambiente marinho de águas profundas e não de águas rasas. Discordou também que o geossinclíneo se disporia na periferia ou borda dos continentes, postulando que se formaria entre duas massas continentais.

O dobramento foi melhor desenvolvido por HAUG, porém os aspectos ligados ao metamorfismo e atividade magmática foram abordados somente em 1907 em seu "Traité de Géologie", onde relacionou o desenvolvimento do geossinclíneo ao metamorfismo e propôs diversos mecanismos para explicar a formação de granitos. Também procurou estabelecer uma classificação de diferentes tipos de geossinclíneos e definir o processo de transgressão-regressão marinha sobre áreas continentes

tais, associando-o ao geossinclíneo. Foi, ainda, o primeiro autor a associar geossinclíneo e região continental como zonas estruturais básicas da crosta terrestre; esta distinção fundamental orientou os trabalhos metalogenéticos posteriores e caminhou para uma teoria geral de evolução da crosta. Estes são os principais aspectos da teoria elaborada por HAUG, segundo KHAYN & SHEYNMANN (1962) e AUBOIN (1965).

BERTRAND (1887) reconheceu quatro épocas de dobramentos na Europa (Huroniana, Caledoniana, Herciliana e Alpina) o que contribuiu para melhorar a compreensão da natureza cíclica do processo geossinclinal; diferenciou três fases em cada uma dessas épocas ("schistes lustrés", "flysch" e molassa). Note-se que HAUG também postulou a natureza cíclica deste processo e admitiu fases em cada ciclo (KHAIN & SHEYNMANN, 1962).

TIKHOMIROV & MALAKHOVA (1974) apresentam um painel da aceitação da teoria entre os geólogos:

"A XI sessão de Geologia Geral e Tectônica, reunida em Estocolmo - 1910, tem grande participação dos geólogos. Nesta reunião internacional, presidida pelo geólogo suíço A. Heim, os trabalhos apresentados foram claramente influenciados pela teoria dos geossinclíneos que ganhou grande popularidade nos círculos geológicos. H. Stille, da Alemanha, apresentou comunicação sobre 'Subsidência, sedimentação e dobramento marginal'; outros apresentadores procuraram estabelecer relações entre dobramentos e terremotos; alterações de camadas do nordeste do continente europeu e dobramento; e, tectônica de nappes nos Alpes. W. Hobbs, dos Estados Unidos, discutiu um trabalho sobre 'O Sistema de Falhas Crustais' que deu origem à International Commission for the Study of Faults; o trabalho de Hobbs iniciou o estudo de falha profunda e pela primeira vez usou o conceito de 'lineamento'." (p. 2)

Até meados da década de 1920 a Teoria Geossinclinal foi predominantemente tratada dentro de duas hipóteses explicativas do desenvolvimento da crosta terrestre: a hipótese da contração da Terra e a da deriva continental. A teoria foi se desenvolvendo e tornando-se cada vez mais complexa à medida que aumentaram as extensões em áreas dos estudos geológicos e se introduziram novos métodos de estudo (análise de espessura de camadas e elaboração de mapas de isópacas). Com isso a teoria foi conquistando autonomia em relação às duas hipóteses (contração da Terra e deriva continental), acabando por se constituir numa teoria sobre a estrutura e evolução da própria crosta terrestre. BELOUSSOV (1939), POPOV (1938) e VAN BEMMELEN (1933) estudaram a evolução de geossinclinais com base no método da espessura de camadas, esclarecendo deste modo o processo de inversão (passagem da subsidência ao soerguimento) e valorizando os movimentos verticais como principais fatores do desenvolvimento dos geossinclinais (KHAIN & SHEYNMANN, 1962).

Na década de 40 novas classificações foram introduzidas para as regiões geossinclinais e houve refinamento sobre os conceitos de fases de um ciclo geossinclinal, estes aparecem em trabalhos de MURATOV (1949), STILLE (1945) e KAY (1945). Este período também é movido pelos debates sobre o processo magmático em geossinclinais e pelo aprofundamento dos estudos sobre sedimentação (KHAIN & SHEYNMANN, 1962).

O processo sedimentar foi pesquisado por BAILEY (1930) que distinguiu arenitos estratificados de sedimentos clásticos depositados por gravidade em ambientes marinhos profundos; JONES (1938) associou a sedimentação de grauvacas (*) depositadas a grandes profundidades com estruturas em

(*) Grauvaca é um arenito argiloso composto de minerais instáveis e fragmentos de rocha em matriz argilosa; indicam processos de rápida deposição. (Adaptado de LAPEDES, 1978).

"slump" (*); trabalhos de TERCIER (1947) e STRAKHOV (1948) elucidaram problemas sobre "flysch" e molassa. Nota-se nestas pesquisas a transferência de informações do presente para o passado. Quando se compreendem processos atuais de sedimentação (e seus produtos), usam-se estas informações para explicar a origem de formações geológicas que se depositaram no passado (KHAIN & SHEYNMANN, 1962).

KHAIN & SHEYNMANN (1962) esclarecem:

"De enorme importância para o entendimento de regiões geossinclinais foi a introdução do conceito de falhas profundas que determinam descontinuidades na região geossinclinal, assim como nas relações desta com os blocos ascendentes. O interesse destas falhas foi destacado pela descoberta de sua associação com focos de terremotos profundos em certas zonas, notadamente ao longo das margens do Pacífico. (...) PEYVE (1945) foi o primeiro autor a mostrar que estas falhas controlam a distribuição de fácies e espessura dos sedimentos, atividade magmática, dobramento e metamorfismo, isto é, todos os elementos básicos da estrutura e desenvolvimento da região geossinclinal." (p. 170)

Na mesma década de 40 ocorre mudança significativa na Teoria Geossinclinal no que tange à explicação das causas do processo. A hipótese de contração da Terra é abandonada e duas hipóteses são levantadas: correntes subcrustais (KRAUSS, 1927; MEINESZ, 1940; HESS, 1938) e diferenciação da matéria nas falhas profundas (BELOUSOV, 1940; VAN BEMMELEN, 1933) (KHAIN & SHEYNMANN, 1962).

(*) "Slump" é um tipo de deslizamento de rochas sedimentares não consolidadas, em locais com alta inclinação. (Adaptado de LAPEDES, 1978).

No 31º Congresso Internacional de Geologia (Moscou, 1937) ficou clara uma faceta do desenvolvimento do conhecimento geológico: o conflito de teorias explicativas para o mesmo fenômeno. Segundo TIKHOMIROV & MALAKHOVA (1974), a Teoria Geossinclinal disputava a organização e orientação dos dados geológicos com outras teorias tectônicas: compressão tangencial, pulsação, hipótese da ondulação, tectônica de "nappes".

A passagem do conceito de geossinclíneo para teoria é caracterizada pela tentativa da montagem de uma explicação geral para a evolução da crosta terrestre. Um elemento importante nesta transição é que a teoria, especialmente na URSS, não se limita às regiões geossinclinais propriamente ditas, mas se expande às plataformas. ARKHANGEL'SKIY (1937 e 1941) e VON BUBNOFF (1931) postulam uma inter-relação de geossinclíneo e plataforma, segundo a qual o primeiro se transforma na segunda ocorrendo a estabilização do geossinclíneo ou plataforma (KHAIN & SHEYNMANN, 1962).

A passagem de conceito para Teoria Geossinclinal é acompanhada pelo desenvolvimento da aplicação da mesma. A teoria dos geossinclíneos e plataformas possibilita a elaboração de classificação das províncias metalogenéticas. Aprofunda-se o conhecimento das fases geossinclinais, e sua relação com o magmatismo, devido ao interesse pela descoberta de novos depósitos minerais, possivelmente a eles associados (KHAIN & SHEYNMANN, 1962).

Segundo BELOUSOV (1971):

"Geossinclinal (...) é um conceito histórico que se refere a uma sucessão e combinação definida

de movimentos tectônicos intensos que tiverem lugar em uma área determinada." (pp. 326-327)

Ao detalhar o conceito o autor diferencia e define "zona dobrada" ou "faixa dobrada":

"A expressão zona dobrada é um conceito estrutural e morfológico que designa a estrutura complexa que aparece como resultado do desenvolvimento do geossinclinal em uma região determinada." (p. 327, grifo no original).

KHAIN & SHEYNMANN (1962) buscaram caracterizar em linhas gerais, para a Teoria Geossinclinal, as opiniões dos geólogos soviéticos:

"(...) geossinclíneos são principalmente regiões de máxima mobilidade da crosta da Terra. Esta definição é reforçada pelo estabelecimento de uma relação orgânica entre geossinclíneos e falhas profundas." (p. 171)

As duas últimas citações expressam uma teoria geral de evolução da crosta continental sem incorporar a crosta oceânica. A concepção de uma "área de máxima mobilidade" implica na existência de áreas de menor mobilidade (plataformas), as duas áreas são separadas por falhas profundas; quando diminui a mobilidade seu produto fica registrado na crosta, através da faixa dobrada agora incorporada à área de menor mobilidade.

O aprofundamento dos conhecimentos geofísicos (particularmente os sísmicos); os novos estudos sobre acumulação de sedimentos e sua ligação com tipos de correntes subaquáticas

cas; o aparecimento de novos dados sobre o assoalho oceânico e o manto superior, contribuíram para o aumento da complexidade da teoria e simultaneamente expuseram um conjunto de problemas não resolvidos que facilitaram a emergência de uma nova teoria: a Teoria da Tectônica de Placas^(*) (DOTT, 1974).

A generalização do uso da Teoria Geossinclinal de forma mais ou menos aleatória, incluindo exageros classificatórios e taxionômicos, configurou a contradição que permitiu a formulação de nova teoria tectônica.

DOTT (1974) se refere a problemas não resolvidos pela Teoria Geossinclinal, os quais parecem estar convenientemente equacionados pela Teoria da Tectônica de Placas. A intensa classificação gerada pela Teoria Geossinclinal criou dificuldades para sua própria utilização tal a variedade de tipos de geossinclíneos que surgiram. Esse problema aparece particularmente quando se comparam as faixas dobradas antigas com as faixas móveis atuais e estas não são convenientemente explicadas pela teoria. Outra questão não resolvida é a existência de bacias sedimentares caracterizadas como mio-geossinclíneos na ausência de eugeossinclíneos correlacionáveis, como, por exemplo, a margem atlântica da América do Sul.

A Tectônica de Placas forneceu explicação para as bacias sedimentares da margem atlântica. O ponto crucial dessa teoria foi distinguir processos sedimentares orogênicos e não orogênicos e postular que eles não representam uma sucessão evolucionária e contínua, mas uma associação coincidente (DOTT, 1974).

(*) A Teoria da Tectônica de Placas passou a ser largamente difundida nos meios científicos a partir dos trabalhos de: DIETZ (1961, 1963); HESS (1962); VINE & MATTHEWS (1963) e WILSON (1965), entre outros. (Segundo LE PICHON et al, 1973).

Os proponentes da Tectônica de Placas procuraram apresentar a teoria explicitamente como um paradigma revolucionário (na conceituação de KUHN, 1962) capaz de reorganizar todos os conhecimentos geológicos e abrir nova orientação de pesquisas. Esta posição é defendida por DOTT (1974).

DOTT (1974), compara a Teoria da Tectônica de Placas com a Teoria da Evolução de DARWIN, afirmando que a primeira teria para a Geologia o mesmo papel que a segunda teve para a Biologia.

A emergência da Teoria da Tectônica de Placas provocou novos posicionamentos dos geólogos em relação à Teoria e ao conceito de geossinclíneo. KNAUER (1986) fornece um quadro simplificado das posições existentes, alinhando-as em quatro correntes.

"A primeira destas correntes simplesmente não aceita a tectônica de placas, conservando o desenvolvimento geossinclinal como fixista e, especialmente, verticalista (...). Para esta corrente, não existe a necessidade de movimentos horizontais para explicar a atual configuração terrestre, apresentando uma proposta de evolução algo similar à de BELOUSOV (1962)." (p. 4)

A primeira corrente é a única que mantém o "status" de teoria para o termo geossinclíneo, as demais reduzem-no a conceito ou o eliminam. Neste debate o termo "fixista" usualmente identifica os partidários da Teoria Geossinclinal e o termo "mobilista" identifica os partidários da ocorrência de grandes movimentos tangenciais na crosta terrestre.

"Uma segunda corrente, que aceita integralmente os conceitos da tectônica de placas, acha impos-

sível a compatibilização entre teorias fixistas e mobilistas. Para seus seguidores (...) os termos definidos pela teoria geossinclinal devem ser abandonados, já que apresentariam uma forte conotação genética." (KNAUER, 1986, p. 4)

A terceira corrente

"(...) defende a idéia de que os processos da tectônica de placas são os responsáveis pela formação e desenvolvimento dos geossinclinais, (...). Neste caso, o início do processo seria marcado por riftea -
mento e abertura de uma bacia com o afastamento das placas, e finalizaria com uma inversão no sentido do movimento e conseqüente colisão e subducção. O resultado final seria a formação de uma cadeia de montanhas." (KNAUER, 1986, p. 4)

A quarta e última defende a manutenção da nomenclatura produzida pela Teoria Geossinclinal e postula que o termo "geossinclíneo" deve ser usado descritivamente (KNAUER, 1986).

As correntes apresentadas não são absolutamente cristalinas, existindo amplo leque de posições intermediárias. O quadro simplificado, no entanto, indica a importância do termo "geossinclíneo" e a atual controvérsia sobre o mesmo.

Diante deste breve histórico pode-se explicitar uma das quatro posições acima referidas para fornecer seu entendimento atual do termo geossinclíneo.

II - Um Geossinclíneo - um pouco da Faixa Damara

Com o intuito de fornecer um quadro mais atual so-

bre o conhecimento dos geossinclíneos, optou-se por apresentar trabalhos que envolvam apenas um deles. Essa opção, por um lado, leva em consideração a regionalização do conceito de geossinclinal — que dificulta sua generalização —, por outro lado reflete uma das abordagens citadas por KNAUER (1986), qual seja: a "Tectônica de Placas" engloba o processo geossinclinal, porém admite especificidades desse processo.

Apresentar-se-á a Faixa de Dobramento Damara (Namíbia-África), objeto de amplo programa de pesquisas iniciado em 1969 por divesas entidades internacionais. Será tomado como referência básica a obra "Intracontinental Fold Belts - Case Studies in the Variscan Belt of Europe and the Damara Belt in Namibia", editada por MARTIN & EDER, em 1983, e mais especificamente os trabalhos de MARTIN e PORADA, contidos nessa obra. A partir dessas referências elaborou-se uma adaptação livre dos principais conteúdos desenvolvidos pelos autores. Apresenta-se, também, uma síntese dos procedimentos metodológicos do referido programa de pesquisas, a partir de MARTIN & EDER (1983).

II.1 - ELEMENTOS NORTEADORES

A hipótese de trabalho que norteou o programa é que a Faixa de Dobramento Damara foi originada por uma colisão continente x continente, coerente com a Tectônica de Placas. A partir dessa hipótese foram formuladas as seguintes questões:

- A seqüência Damara é um geossinclíneo intracontinental ou uma margem continental?
- Qual é a relação entre o metamorfismo e a deformação?

- Quais foram os estágios de desenvolvimento do geossinclíneo?
- Qual foi a natureza dos fluxos térmicos responsáveis pelo metamorfismo?
- Quando e quais foram os processos de geração das rochas graníticas?
- Qual seria a história térmica da faixa dobrada e quanto tempo levou o seu desenvolvimento?
- Qual é a presente estrutura crustal, levando-se em conta o movimento isostático pós-erosivo?

II.2 - A FAIXA DAMARA

A Faixa Damara é uma parte do sistema de faixas móveis Pan-Africanas que contorna, mas também transcende (adentra o Oceano Atlântico), o continente africano. Dois tipos estruturais principais são aí reconhecidos: (1) partes semelhantes às faixas Moçambique e Zambezi que consistem de velhos embasamentos pré-cambrianos e que têm sido tectonicamente e termalmente remobilizados, e (2) partes que passaram por um processo geossinclinal de subsidência e acumulação de sedimentos. A Faixa Damara encontra-se nesta segunda categoria. É diferenciada de outras partes do sistema Pan-Africano, por exemplo, o geossinclíneo do Oeste do Congo, por ter sido sujeita a elevado metamorfismo e intenso plutonismo granítico (ver fig. 4, p.117). Ela consiste de uma área intracontinental e uma área costeira conectadas estrutural e estratigraficamente. A área intracontinental é bem exposta por 300 a 400 km; suas zonas estruturais podem ser bem observadas (ver fig. 5, p.118). Os trabalhos de pesquisa foram concentrados na área intracontinental, pois a área costeira é parcialmente coberta pelo Oceano Atlântico.

A seqüência Damara mostra diferentes desenvolvimentos em várias partes da faixa dobrada. As zonas com diferentes histórias geológicas aqui indicadas, são observadas na figura 5, p.118: Zona Norte, Zona Central e Zona Sul. A correlação entre essas diferentes zonas estruturais pode ser satisfatoriamente estabelecida pela Formação^(*) Chuos, permitindo a construção de um modelo para a seqüência geral de desenvolvimento da região estudada. Assim,

"Segundo os aspectos geodinâmicos e sedimentares, o desenvolvimento deposicional da Faixa Damara pode ser subdividido em quatro fases sucessivas, chamadas: fase de graben, fase de subsidência, fase sinorogênica, fase tardi-orogênica." (PORADA, 1983, p. 503)

II.2A - Fase de Graben ou Rifteamento^(**)

O modelo geodinâmico proposto para toda a área da Faixa Damara caracteriza o início do desenvolvimento do processo tectônico por um sistema de três rifts radiais entre 1000 e 900 Ma (Milhões de anos) atrás; e assinala que a atividade, ou inatividade, não sincrônica desses rifts controlou o processo deposicional e igualmente o condicionamento estrutural, tectônico e termal (ver fig. 6, p.119).

O rifteamento da área intracratônica da Faixa Damara começou com a formação do graben norte (fig. 6), este sistema permaneceu ativo até cerca de 840 Ma atrás. O ambiente

(*) As formações podem ser entendidas como unidades lito-estratigráficas, com características litológicas comuns e uma certa expressão espacial, ou seja, podem ser mapeadas. (Adaptado de LAPEDES, 1978).

(**) Rifteamento é o processo pelo qual há rebaixamento e elevação de blocos alongados da crosta terrestre, delimitados por falhas verticais. As regiões abatidas (rebaixadas) são denominadas "grabens" e as regiões sobrelevadas são denominadas "horsts"; um conjunto de graben e horst é denominado rift. Normalmente os horsts fornecem sedimentos (agem como "área fonte") que são depositados nos grabens (área deposicional). (Adaptado de LOCZY & LADEIRA, 1976).

te deposicional do graben foi terrestre associado à atividade ígnea alcalina e ácida (formando o Grupo Nosib). A formação do graben sul (fig. 6) deve ter-se iniciado pouco depois do graben norte, a deposição se deu predominantemente em ambiente terrestre, porém, localmente, desenvolveram-se praias e lagos (marinhos). Concomitante à formação do graben sul deve ter ocorrido estiramento da crosta terrestre (por esforços tangenciais de caráter tensional), assim como a formação do hipotético Rift de Khomas (fig. 6), evidenciados pelo vulcanismo máfico — indicador de estiramento, afinamento e aquecimento da crosta terrestre pelo material do manto —; a persistente atividade do Rift de Khomas (até aproximadamente 750 Ma atrás) provavelmente controlou o processo geral de desenvolvimento sedimentar e estrutural da Faixa Damara.

Com o desenvolvimento dos rifts houve a primeira transgressão marinha sobre os grabens. O ambiente deposicional terrestre foi coberto pelos depósitos marinhos, esta alteração no ambiente sedimentar é indicadora de mudança no ambiente tectônico: indica o início do rebaixamento geossinclinal.

A primeira transgressão marinha se restringiu às regiões de rift. Na área intracontinental o processo foi mais intenso no graben norte e na área costeira no graben de Sesfontein. A deposição foi iniciada por sedimentos terrígenos (indicadores de alta velocidade de rebaixamento) que gradam para sedimentos carbonáticos (indicadores de baixa velocidade de rebaixamento). A transgressão é responsável pela deposição das rochas dos Subgrupos Ugab e Abenab.

Nessa transgressão marinha, evidenciada pela disposição das rochas, destacam-se os seguintes aspectos (que podem ser acompanhados na figura 7 (p.120):

- a) o mar invadiu regiões separadas por elevações: isto permite concluir que este rebaixamento pode ser parcialmente associado ao estágio de rifteamento;
- b) o rebaixamento pode ter sido diferencial, isto é, a velocidade e o desnível de uma zona estrutural para a outra podem ter sido diferentes: isto é evidenciado pela não invasão do mar a Este, daí supõe-se que a região Este não subsidiou ou a atividade vulcânica bloqueou o mar;
- c) a transgressão ocorreu de Oeste para Este;
- d) enquanto o mar avançou para Este, a deposição carbonática também avançou para Este (indicando pouca profundidade do mar), e a deposição terrígena foi deslocando-se para Oeste (indicando o aumento da profundidade do mar);
- e) assumindo-se que a transgressão marinha ocorreu de Oeste para Este pode-se supor que se formou um extenso mar a Sul e Sudoeste, possivelmente um oceano (o Proto Atlântico Sul?);
- f) na área costeira, o graben de Sesfontein talvez tenha iniciado um processo de subsidência mais intenso (um micro geossinclíneo): isto é indicado pela espessura do Subgrupo Abenab que atinge nesta região 500 a 700 m de espessura (enquanto nos flancos desse graben a espessura fica em torno de 30 m), porém esta conclusão é questionável pois não se conhece a extensão horizontal total do Subgrupo Abenab (parcialmente coberto pelo Oceano Atlântico dos tempos atuais).

II.2B - Fase de Subsidência Diferencial

A sucessão de depósitos sedimentares marinhos da Faixa Damara contém mixtitos e xistos com seixos (Formação Chuos) que ocorrem em todos os rifts. Estes depósitos indicam:

- a) o início do processo geral de subsidência geossinclinal;
- b) essas rochas, pelas suas características petrológicas,

foram interpretadas como sendo massas de fluxo, isto é, sedimentos terrígenos de ambiente subaquático depositados rapidamente, indicando alta velocidade de subsidência em todos os grabens;

- c) como a espessura da Formação Chuos é pequena, e seu espalhamento horizontal é amplo, esta formação é utilizada como unidade cronoestratigráfica (para ser possível essa utilização a seqüência deve ter sido depositada num mesmo período de tempo em toda a região);
- d) como o mar invadiu praticamente toda a região, a Formação Chuos marca o início da segunda transgressão marinha.

Acredita-se que o início da subsidência geral tenha se dado pelo Rift de Khomas, e a partir desta região se estendeu para todas as áreas da Faixa Dobrada.

Após período bastante curto e intenso de subsidência (na qual se depositou a Formação Chuos), esta subsidência passa para uma fase diferencial: a velocidade de rebaixamento das zonas estruturais Central e Norte diminui, e elas passam a agir como uma só plataforma, sendo uma das "áreas fonte" de sedimentos para a Depressão Khomas. Sobre as Zonas Norte e Central depositam-se os carbonatos das Formações Karibib e Maieberg, indicando ambiente marinho de águas rasas; por este motivo, nesta fase de subsidência diferencial, denomina-se essa área de Plataforma Karibib (ver fig. 8, p.121). A Depressão Khomas (fig. 8) aparece como o elemento estrutural mais ativo (mais móvel) desta fase. Nela destaca-se a deposição dos espessos arenitos, posteriores quartzitos da Formação Auas, que atingem uma espessura provável de 3 000 m. O final da intensa atividade da Depressão Khomas, e também da subsidência diferencial, ocorre quando há a intrusão, cerca de 750 Ma atrás, das rochas vulcânicas máficas que compõem o Anfibolito Matchless, cortando os sedimentos depositados na

referida depressão.

A subsidência diferencial foi seguida por uma acelerada subsidência regional que afetou as zonas estruturais Central e Norte. A Plataforma Karibib foi ativada pela subsidência e suas rochas carbonáticas foram cobertas por sedimentos terrígenos finos (indicando aumento de profundidade do mar e alta velocidade de subsidência) que compuseram a Formação Kuiseb. Nesta fase a subsidência foi mais intensa na Zona Norte do que na Zona Central. Isto é evidenciado pela espessura máxima da Formação Kuiseb, estimada em 3 000 m na Zona Central e em 10 000 m na Zona Norte.

A Formação Kuiseb pode ser acompanhada espacialmente até o Lineamento de Okahandja (ver fig. 5, p.118), indicando que ele foi nessa fase uma região topograficamente elevada e provavelmente agiu como uma área fonte de sedimentos, ou seja, o Lineamento de Okahandja comportou-se como uma ampla flexura. Pode-se concluir daí, que na região da Depressão Khomas, houve um rejuvenescimento do relevo (elevação da topografia).

II.2C - Fase Sinorogênica

Sedimentos terrígenos marinhos depositados na primeira fase de deformação (dobramento) de um geossinclíneo são denominados "flysch". Na Faixa Damara, as partes da Formação Kuiseb compostas de xistos e quartzitos micáceos, próximos à região da Depressão Khomas, são interpretadas como "flysch". Estas rochas correspondem à metamorfização de sedimentos terrigenos grosseiros, depositados rapidamente em mar profundo, em região com alta velocidade de subsidência. Esta interpretação de partes da seqüência Kuiseb indica o início da fase si

norogênica da Faixa Damara (primeira fase de deformação, metamorfismo dínamo-termal e formação de rochas magmáticas plutônicas).

Determinações de idades por radiocronologia absoluta indicam que houve um aquecimento da região da Faixa Damara a aproximadamente 750 Ma atrás (esta elevação de temperatura decorre do aumento do fluxo térmico ascendente do manto). A idade absoluta foi obtida nas rochas de um complexo diorítico intrudido nos xistos da Formação Kuiseb; esta intrusão magmática é evidência da elevação de temperatura regional. Associada a este aumento de temperatura houve mudança no comportamento tectônico na Faixa Dobrada: entre 750 e 650 Ma a região foi submetida a esforço de deformação compressivo. A reunião destes dois aspectos (elevação da temperatura e compressão) produziu o metamorfismo dínamo-termal (também denominado metamorfismo regional) que transformou as rochas sedimentares em metamórficas, dobrou os estratos sedimentares e produziu rochas plutônicas por fusão das rochas existentes.

O cálculo das condições de pressão e temperatura (P & T) indicam diferenças das condições do metamorfismo dínamo-termal nas zonas estruturais. A Zona Central foi transformada por baixas P e altas T, enquanto a Zona Sul foi submetida a altas P e baixas T; estas diferenças de temperatura são inferidas pelas associações mineralógicas de cada zona (os minerais se transformam conforme condições de P & T reinantes no ambiente, servindo assim como "termômetros ambientais"). As assembléias mineralógicas da Zona Central são de alto grau metamórfico, na Zona Sul são de médio grau metamórfico. As diferenças de pressão são inferidas pelo estilo das dobras e estruturas formadas em cada zona (o aumento da pres

são compressional produz maior deformação nas rochas), as dobras da zona Sul são mais "apertadas" que as da Zona Central, além disso ocorreu a formação de "nappes" na Zona Sul (ver fig. 5, p.118). Estes dois ambientes metamórficos são separados pelo Lineamento de Okahandja indicando o papel ativo da flexura nessa compartimentação.

Caso MARTIN e PORADA fossem adeptos da Teoria Geossinclinal, eles provavelmente denominariam a Zona Central de miogeossinclíneo; a Zona Sul de eugeossinclíneo e a Zona Norte de plataforma, da fase sinorogênica da Faixa Damara.

Houve intensa formação de rochas magmáticas plutônicas na Faixa Damara durante a fase sinorogênica. Ao longo de cerca de 300 Ma houve intrusões de plutons na região (entre 750 a 460 Ma atrás). Petrologicamente e geoquimicamente essas rochas foram subdivididas em dois tipos (indicando diferentes origens genéticas): rochas plutônicas pré-560 Ma e pós-560 (até 450 Ma atrás). O primeiro tipo é composto por sienitos, granodioritos e dioritos, do complexo anteriormente citado, que por sua composição foram interpretados como sendo originados da fusão e mistura de materiais do manto e da crosta terrestre (a fusão teria ocorrido na interface manto-crosta e posteriormente teria sido injetada nas camadas superiores). O segundo tipo é composto de granitos que por sua composição e pelo estudo do tamanho de raios atômicos de alguns elementos químicos, foram interpretados como fusão e mistura das rochas sedimentares depositadas na própria Faixa Dobrada, no período pré-tectônico (antes da fase sinorogênica).

A datação absoluta das rochas plutônicas permitiu a caracterização dos pulsos térmicos regionais, isto é, a determinação dos picos de máximo aquecimento, responsáveis pelo metamorfismo regional. Na história térmica da região re-

gistraram-se três picos: 550 a 580, 510 a 520 e 450 a 480 Ma atrás, isto indica que houve pelo menos três fases de metamorfismo dínamo-termal na Faixa Damara. Estes dados são associados à história deformacional, onde igualmente se indica três fases deformacionais (ver figs. 9 e 10, p.122 e 123).

O metamorfismo dínamo-termal (incluindo as fases de deformação) é concomitante ao soerguimento (rejuvenescimento do relevo). Os esforços compressionais estreitaram a área anteriormente ocupada pelo processo deposicional (pré-tectônico), forçando o enrugamento das rochas e elevação da topografia. Na Faixa Damara os esforços compressivos se deram em duas direções diferentes: uma orientou a deformação na direção Norte-Sul (aproximadamente paralela à atual costa da Namíbia), outra orientou a deformação transversalmente à primeira (dirigindo-se para o interior do continente em direção ao Congo). Isso indica a mudança do comportamento tectônico da região durante a fase sinorogênica; tal mudança é evidenciada pela orientação de micro e macroestruturas das rochas.

II.2D - Fase Tardi-Tectônica

O final da fase sinorogênica é marcado pela deposição em ambiente terrestre de sedimentos grosseiros, que indicam grande desnível entre a área fonte e a área deposicional. Estes sedimentos são denominados molassas e marcam o início da fase tardi-tectônica. Na Faixa Damara, os conglomerados e areias arcossianas depositados na Zona Norte e adjacências, em bacia situada na plataforma norte, foram interpretados como depósitos de molassa, estas rochas compõem o Grupo Mulden (possivelmente correlacionado ao Grupo Nama depositado na Zona Sul). O Grupo Mulden indica os últimos grandes movimentos

do geossinclíneo (ele atinge uma espessura máxima provável de 5 000 m (ver fig. 11, p.124).

Após a fase tardi-tectônica a energia decresce praticamente cessando o movimento: o relevo, rejuvenescido durante o processo geossinclinal, vai sendo aplainado pela erosão (estabilização ou plataformização). Com o alívio de peso do continente, decorrente da denudação erosiva, inicia-se o processo isostático de levantamento e acomodação da região.

II.3 - RESUMO DE PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ADOTADOS NO PROGRAMA DE PESQUISAS DA FAIXA DOBRADA DAMARA

A sustentação das conclusões obtidas encontra-se em conjunto de pesquisas de campo desenvolvidas na região, assim como na aprendizagem com trabalhos em outras regiões do planeta, e em experiências de laboratório a partir de diversos tipos de modelos. Apresenta-se aqui alguns traços dessa sustentação de maneira a facilitar o entendimento de seus aspectos metodológicos, com base na "Introdução" (p. VII e XX) da obra de referência (ver p.102).

II.3A - Reconhecimento de seqüências turbidíticas

Depósitos turbidíticos são sedimentos formados por correntes de turbidez, isto é, correntes aquosas de alta densidade, que ocorrem em locais de alto gradiente topográfico e depositam enormes quantidades de material em curtos intervalos de tempo. Elas foram observadas em taludes continentais dos oceanos atuais e a partir daí modeladas em laboratório. Na Faixa Damara esse elemento teórico permitiu a reinterpretação da gênese da Formação Chuos, anteriormente carac

terizada como depósito glacial, ao mesmo tempo que a ela foi atribuído o papel de unidade cronoestratigráfica. Conseqüentemente, houve revisão do esquema anterior do empilhamento da seqüência de deposição das rochas e reinterpretação de processos. O novo papel da Formação Chuos colaborou decisivamente para a elaboração do novo modelo paleogeográfico para uma fase tectônica, caracterizando a subsidência diferencial. Esta, por sua vez, tornou mais compreensivo o modelo de evolução geodinâmica para toda a Faixa Damara.

II.3B - Inclusões fluidas

Inclusões fluidas são pequenos volumes de fluidos (H_2O ; H_2O + sais; CO_2 ; $H_2O - CO_2$ - sais; etc.) que ficam aprisionados nas irregularidades de um mineral durante a sua cristalização, ou retidos por processos que ocorreram posteriormente à sua formação. Nesse contexto, o estudo em laboratório do conteúdo fluido dessas inclusões pode — dentro de certos limites — fornecer importantes evidências complementares a respeito do ambiente onde se formou o mineral. Na Faixa Damara, as características dos fluidos das inclusões colaboraram para identificar as paleo-praias e paleo-lagos marinhos do Grupo Nosib.

II.3C - Mudanças químicas em função do gradiente topográfico

A partir de observações em geossinclíneos europeus percebeu-se que os minerais sofrem mudanças químicas durante o transporte até a bacia deposicional. Essas mudanças são relacionadas ao percurso que se inicia na área fonte. Tais observações permitiram elaboração de modelo em laboratório, cu

ja aplicação na Faixa Damara colaborou nas interpretações do processo de rifteamento.

II.3D - Calor produzido por minerais radiativos

A transformação do potássio em argônio libera certa quantidade de calor, especialmente a partir dos granitos. Es se elemento teórico, aplicado aos granitos da Faixa Damara, permite compreender melhor a história térmica da região.

II.3E - Mapas de detalhe sobre equilíbrio de reações minerais

Com investigações petrológicas pode-se reconhecer o equilíbrio de reações entre os minerais assim como estimar, a partir de modelos experimentais, as condições de P & T em que tal equilíbrio foi atingido. Na Faixa Damara o mapeamento detalhado dessas reações deu caráter mais compreensivo ao processo metamórfico regional, e permitiu distinguir as rochas da Faixa, daquelas que compõem seu embasamento (Pré-Damara).

II.3F - Dados geocronológicos absolutos

A geocronologia absoluta em rochas magmáticas e metamórficas permite datar eventos térmicos (elevação de temperatura), através da identificação do decaimento radiativo de alguns elementos químicos. O aumento do número de datações, por potássio-argônio (K-Ar) e rubídio-estrôncio (Rb-Sr), efetuados na Faixa Damara, permitiu caracterizar as idades dos picos de metamorfismo.

II.3G - Modelos geodinâmicos de laboratório

O estudo de resistência de materiais e feições que se formam em situações controladas de laboratório, permitem elaboração de modelos que, aplicados à Faixa Damara, identificaram microestruturas, contribuindo para a reconstrução da história deformacional.

II.3H - Dados geofísicos

A partir de modelamentos em laboratório e observações de processos naturais do presente são elaboradas relações entre resultados sísmicos, magnéticos e gravimétricos e estruturas da crosta. Aplicados na Faixa Damara esses modelos permitiram compreender as relações das grandes estruturas com a isostasia, contribuindo na elaboração do modelo geodinâmico.

II.4 - OBSERVAÇÕES GERAIS

O programa de pesquisas na Faixa Damara teve suas publicações centralizadas na obra de referência e da qual quatro trabalhos foram utilizados nesta adaptação. O conjunto dos trabalhos trata das questões norteadoras das pesquisas, de certo modo aqui também apresentadas. Restaria comentar sobre os resultados alcançados em relação à hipótese de trabalho que orientou as referidas questões.

O estágio atual das pesquisas não permite, ainda, posição conclusiva sobre a possibilidade da Faixa Damara ser produto de choque entre duas massas continentais. Permitiu, porém, melhor equacionamento para conclusões posteriores e

prosseguimento dos trabalhos. Assim, MARTIN (1983b) propõe um refinamento nas pesquisas destacando, inclusive, que em função dos novos dados, outros modelos geodinâmicos poderão ser propostos. Em linhas gerais esse refinamento procurará obter: dados adicionais de geocronologia absoluta com métodos diferentes daqueles já utilizados; execução de análise estrutural em áreas selecionadas; estudo de grau metamórfico e detalhamento de perfis sísmicos. Esses estudos dariam maior precisão à correlação estratigráfica, definiriam melhor as fases de metamorfismo e erosão e conectariam os trabalhos sísmicos aos gravimétricos.

Atualmente encontram-se formulados dois modelos (continente x continente e margem continental) que prosseguirão em convivência por algum tempo.

Observa-se que os verbetes de LEINZ & LEONARDOS (1977) e FERREIRA (1975) pouco refletem a amplitude e complexidade do tema.

Após esta revisão sobre geossinclíneo — teoria e conceito — e apresentação de um geossinclíneo específico, passa-se a verificar a utilização (ou não) dos parâmetros binômio rochas/crosta, atualismo e transformações no tema geossinclinal presente nos livros didáticos.

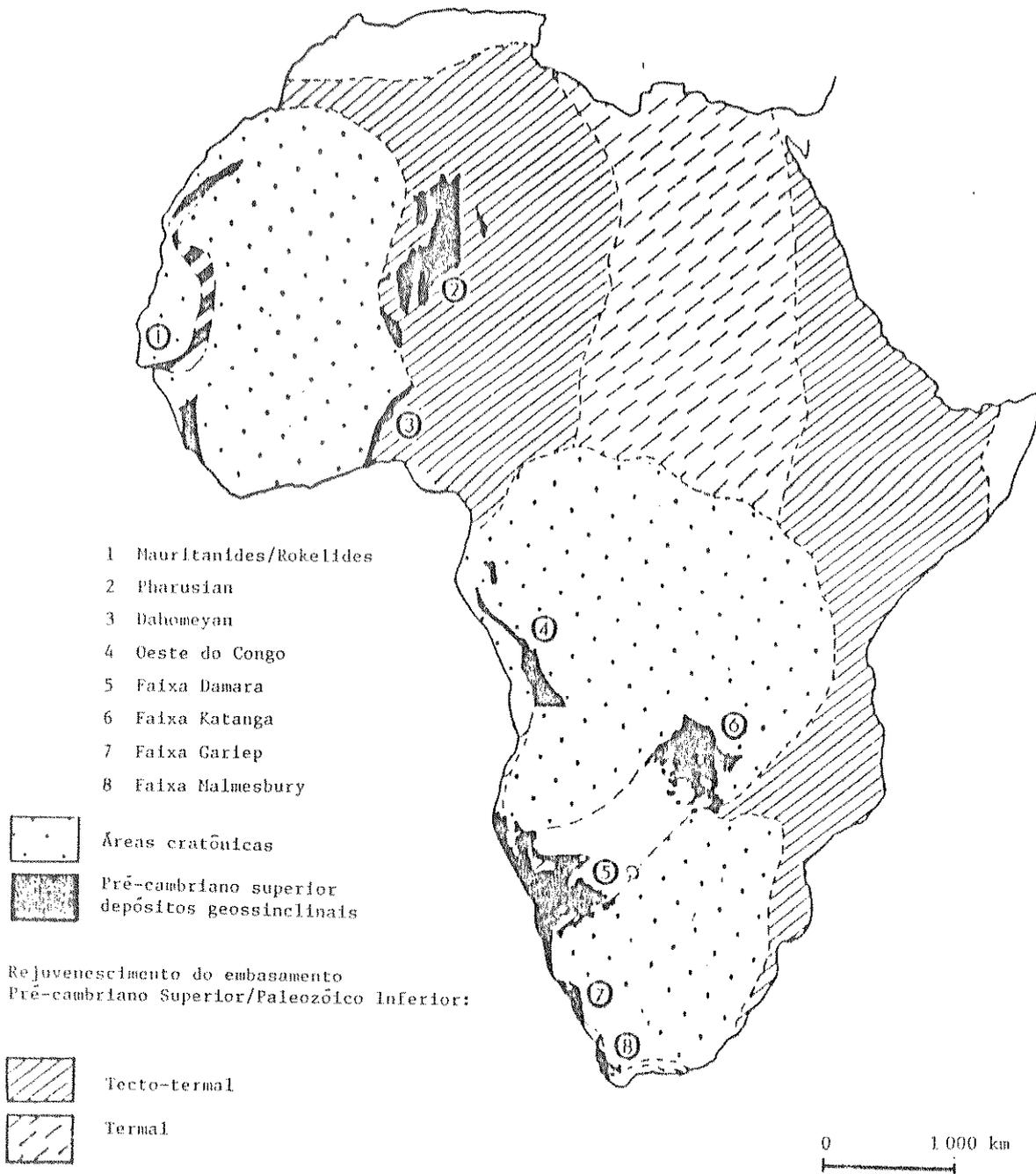


FIGURA 4 - "Faixas Pan-Africanas e áreas de rejuvenescimento termal e tecto-termal durante o evento Pan-Africano." (PORADA, 1983, p. 506).

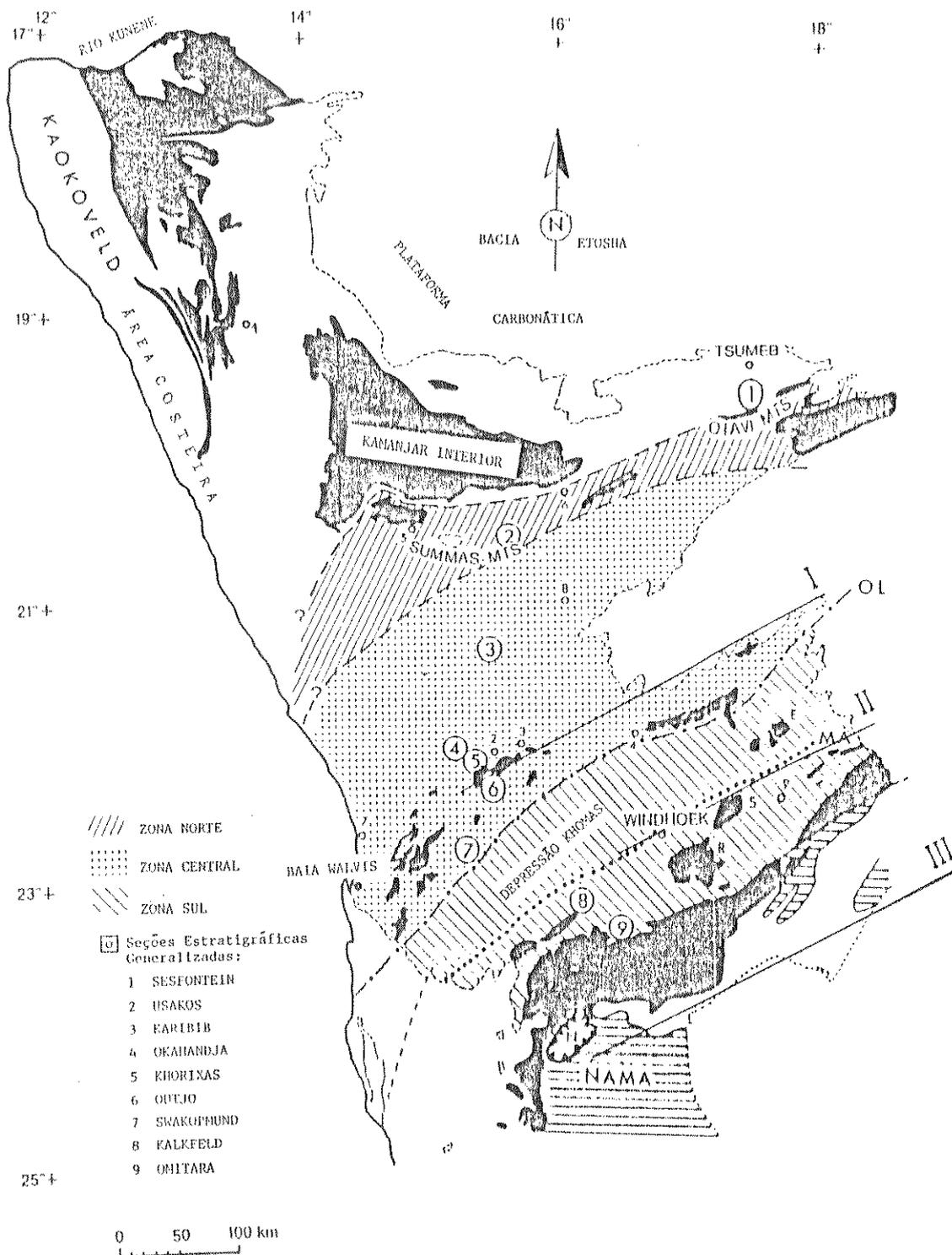


FIGURA 5 - "Principais zonas estruturais da área intracontinental da Orogenia Damara (as zonas estruturais da área costeira do Kaokoveld não são mostradas). Áreas em negro = embasamento pré-Damara; OL = Lineamento Okahandja; MA = Anfíbolito Matchless; N = Complexo de nappes de Naukluft. Os números no interior dos círculos indicam a posição aproximada das seções estratigráficas generalizadas [de outras figuras da obra original]; I-III = linhas de perfis sísmicos (BAIER et al, 1983)." (MARTIN, 1983, p. 475).

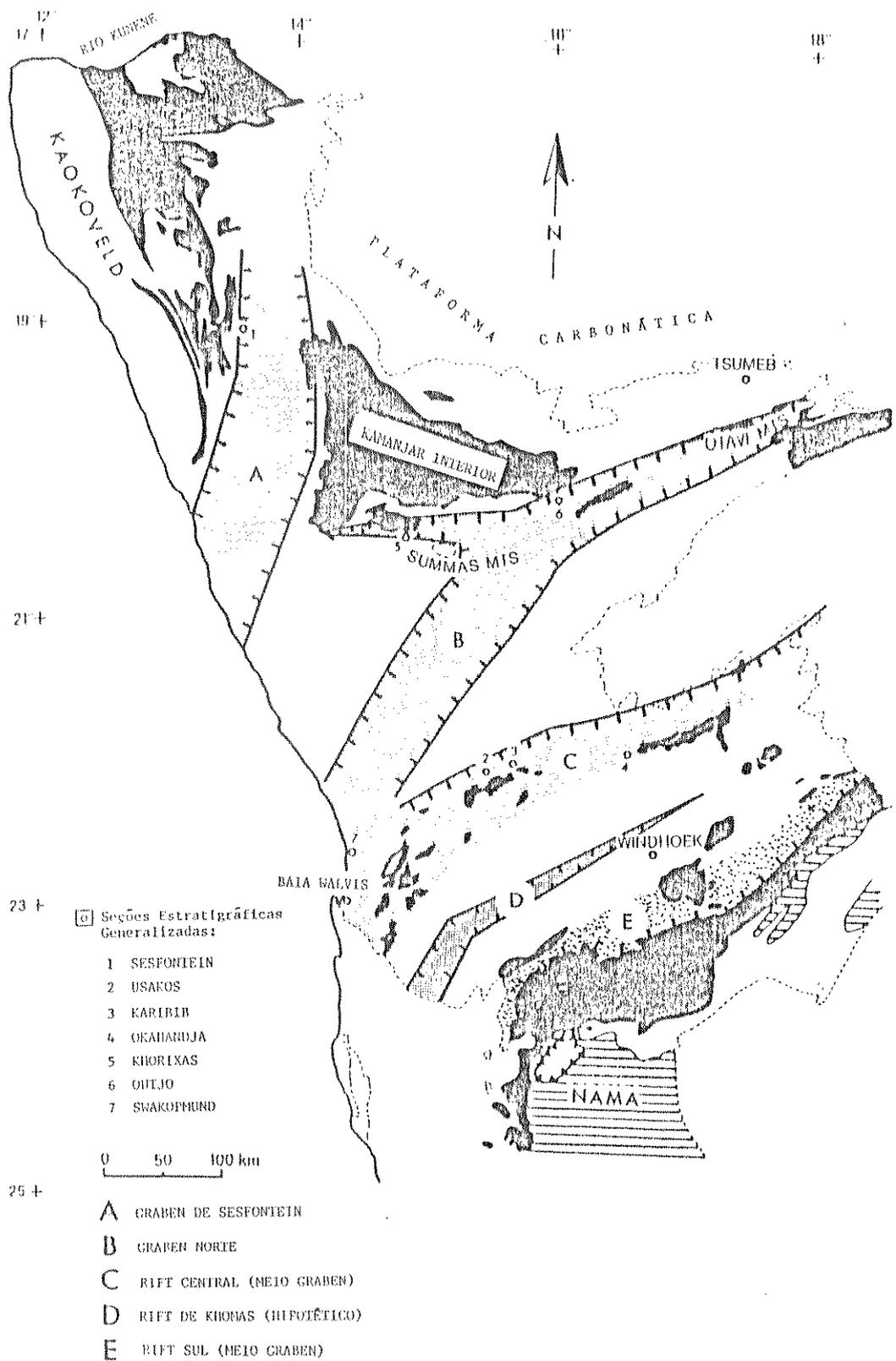


FIGURA 6 - "Posições supostas para o sistema de rifts do desenvolvimento inicial do geossinclíneo da Faixa Damara." (PORADA, 1983, p. 509).

As áreas em negro indicam o embasamento prê-Damara. Os pequenos traços junto ao contorno dos rifts indicam a região rebaixada. Observa-se a caracterização das principais regiões da faixa Damara: Costeira (A), Norte (B), Central (C) e Sul (D e E).

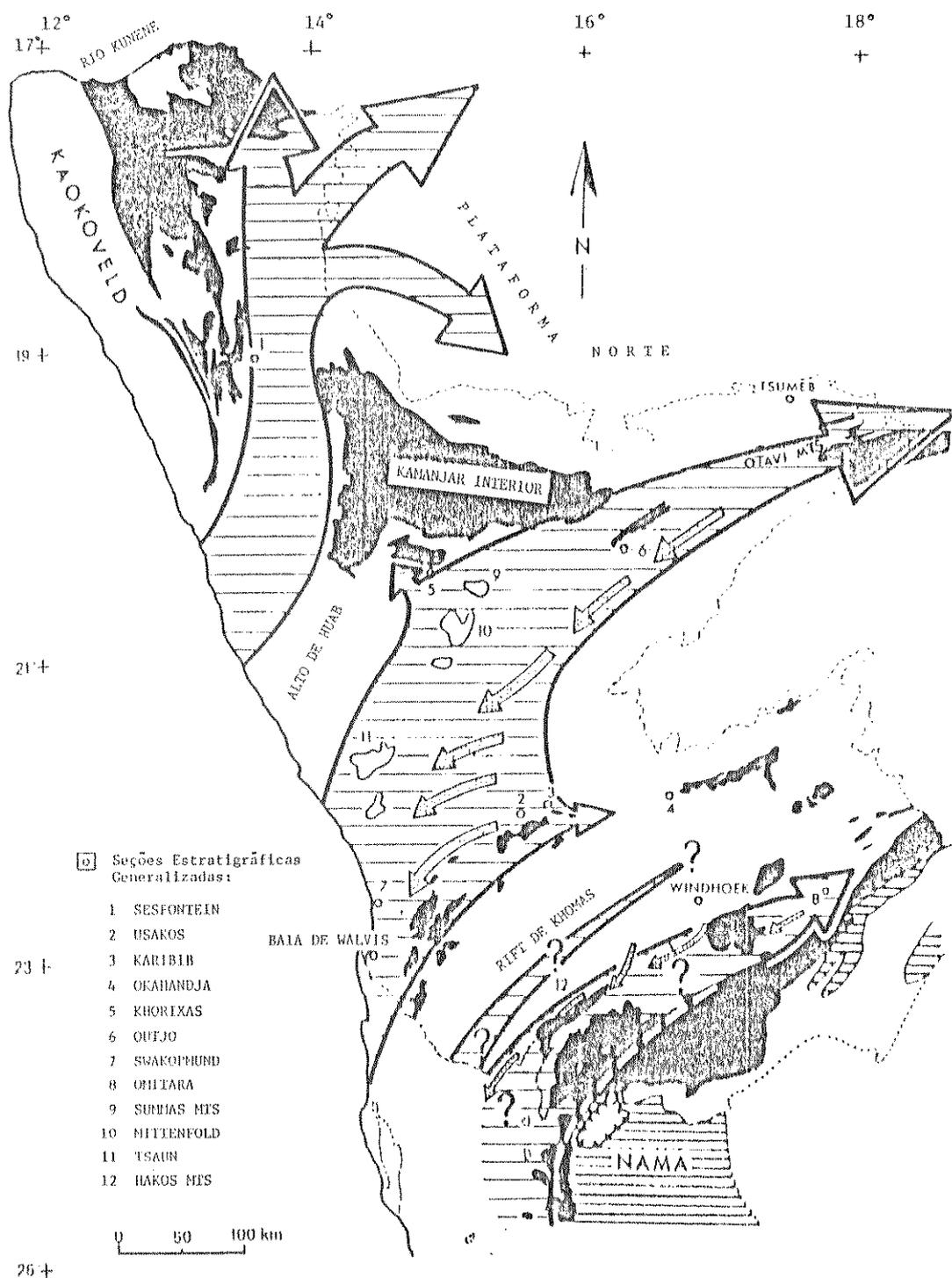


FIGURA 7 - "Distribuição de sedimentos marinhos depositados durante a primeira transgressão marinha na Faixa Damara (Formações: Khan, Kudis e Subgrupo Ugab; cobertura horizontal). A direção do avanço do mar é indicada pelas setas grandes. O transporte dos sedimentos clásticos (argilas e siltes), para oeste, é indicado pelas setas pequenas." (PORADA, 1983, p. 517). Os pontos de interrogação (?) mostram que o rift de Khomas é hipotético. As áreas em negro indicam o embasamento pré-Damara.

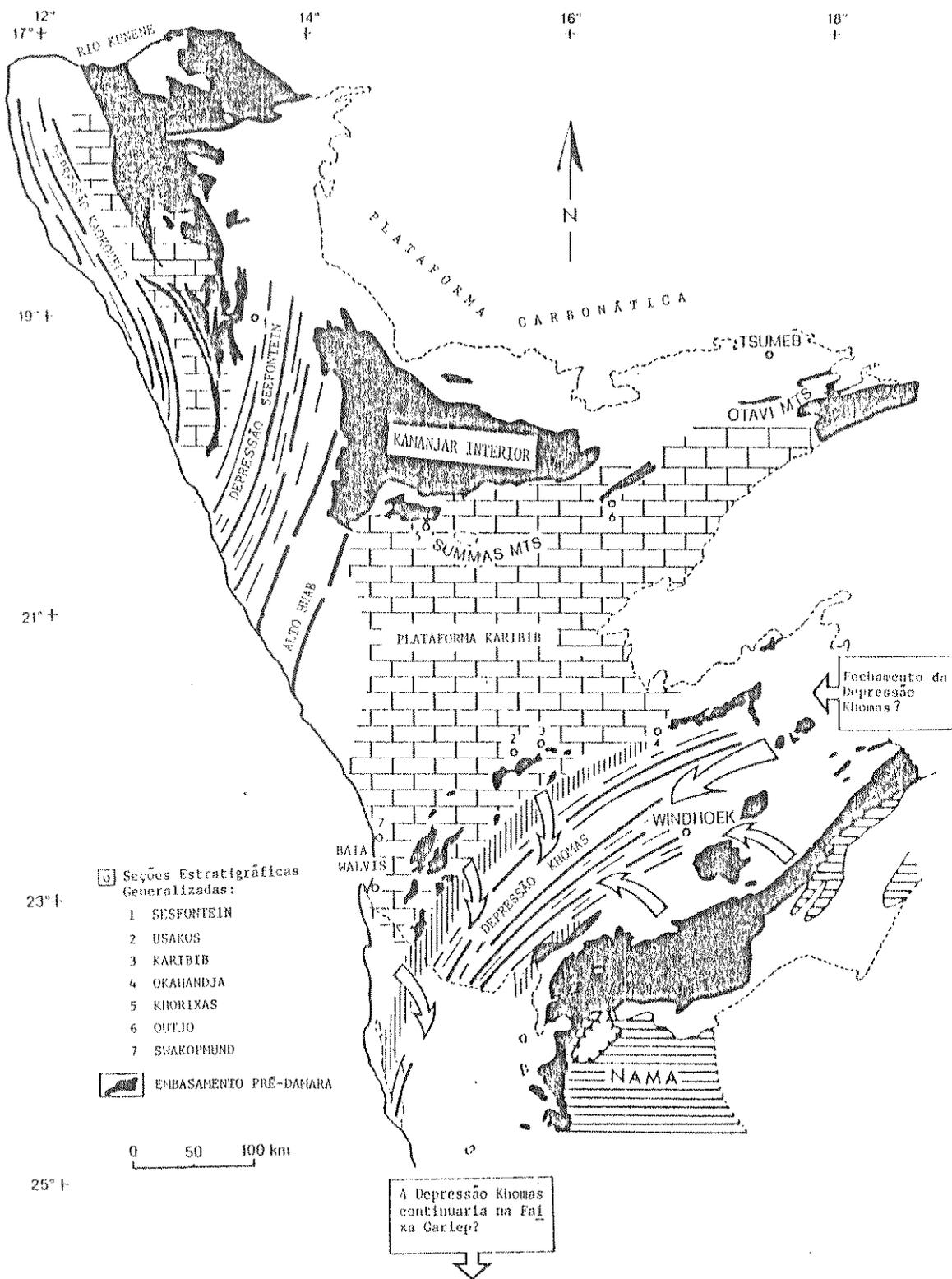


FIGURA 8 - "Mapa paleogeográfico do geossinclíneo Damara para a época da deposição da sequência do turbidito Tinkas." (PORADA, 1983, p. 526).
 As setas indicam o transporte dos sedimentos para a área da Depressão Khomas.

N O R T E

C E N T R A L

S U L

GRUPO	SUBGRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA (espessura máxima)	GRUPO	SUBGRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA (espessura máxima)	GRUPO	SUBGRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA (espessura máxima)	
MULDEN		OWAMBO	argila, margá, siltito, arenito (1000 m)									
		KOMBAT	argila com lentes de dolomito									
		TSCHUDI	quartzito, conglomerado, arcócio, argilito (3000 m)									
	DESCONTINUIDADE EM NW											
OTAVI	TSUMEB	HÜTTENBERG	dolomito com chert e argila, argilito, estromatólito (900 m)	SWAKOP	KHOMAS	KUISEB	quartzito-biotita-xisto, biotita-granada-xisto, anfíbolo-xisto, quartzito, mármore, calcossilicatada (3000 m)	SWAKOP	KHOMAS	KUISEB	biotita-xisto, biotita-quartzito-graftítico-xisto, calcossilicatada, anfíbolo (membro Matchless) (10000 m)	
		ELANDSHOEK	dolomito com estromatólitos (1100 m)			KARIBIB	mármore, biotita-xisto, quartzito-xisto, calcossilicatada (700 m)			AUJAS	quartzito, xisto, mármore, anfíbolo, itabirito (1800 m)	
		MAIEBERG	dolomito, argilito, brecha (950 m)			CHUOS	mixtito, mármore, quartzito (700 m)			CHUOS	xisto-conglomerático, mixtito, quartzito, xisto, itabirito, anfíbolo, calcossilicatada (1650 m)	
		CHUOS	mixtito, dolomito, argilito, arenito, itabirito (700 m)			DISCORDÂNCIA LOCAL				DISCORDÂNCIA LOCAL		
	ABENAB	AUROS	dolomito, argilito, margá, argila (450 m), estromatólitos		UGAB	ROSSING	mármore, quartzito, conglomerado, biotita-xisto, biotita hornblenda-xisto, calcossilicatada (700 m)		KUDIS	BLAU-KRANS	grafita-xisto, quartzito, quartzito-mica-xisto, conglomerado, itabirito (1700 m)	
		GAUSE	dolomito, argilito, arenito (750 m)							? HAKOS	quartzito-xisto (2000 m)	
		BERG AUKAS	dolomito, argilito, estromatólitos, arcócio, grauvasca (525 m)							CORONA	dolomito-xisto, conglomerado (400 m)	
	DISCORDÂNCIA LOCAL				DISCORDÂNCIA LOCAL				DISCORDÂNCIA LOCAL			
	NOSIB		VARIANTO		mixtito, tufo, itabirito	NOSIB	KHAN		calcossilicatada, anfíbolo-piroxênio gnaisse e quartzito (1100 m)	NOSIB	DURU-CHAUS	filito, quartzito, conglomerado, argilito (5000 m)
			ASKEVOLD + NAAUW-POORT		riolito, tufo, aglomerados, andesito (6000 m)							
		NABIS	quartzito, arcócio, conglomerado									

FIGURA 10 - "Litoestratigrafia da Faixa Damara." (MARTIN, 1983, p. 477); ver página seguinte.

A figura 10 mostra as formações definidas, sua idade relativa (mais baixo → mais antiga) e a tentativa de correlação entre as três zonas (Norte, Central e Sul). Indica ainda os tipos de rocha de cada formação ("Litologia") e sua espessura máxima estimada em metros.

Dolomitos são rochas calcáreas sedimentares que podem conter fósseis (estromatólitos), quando metamorfizadas transformam-se em mármore; margas são rochas sedimentares calcáreas com argilas, quando metamorfizadas podem se transformar em calcos silicatadas ou mármore impuro; argilas, argilitos, siltitos, conglomerados, grauvacas são materiais sedimentares, quando submetidos a metamorfismo regional podem formar filitos e diversos tipos de xistos; arenitos são rochas sedimentares que metamorfizadas podem se transformar em diferentes tipos de quartzitos; mixtitos são rochas sedimentares que, por vezes, indicam um ambiente glacial e/ou um ambiente de grande gradiente gravitacional, quando metamorfizados podem formar meta-conglomerados (por exemplo: xisto conglomerático); itabiritos são rochas metamórficas com níveis ferríferos e quartzíticos; tufos, riólitos, são rochas magmáticas.

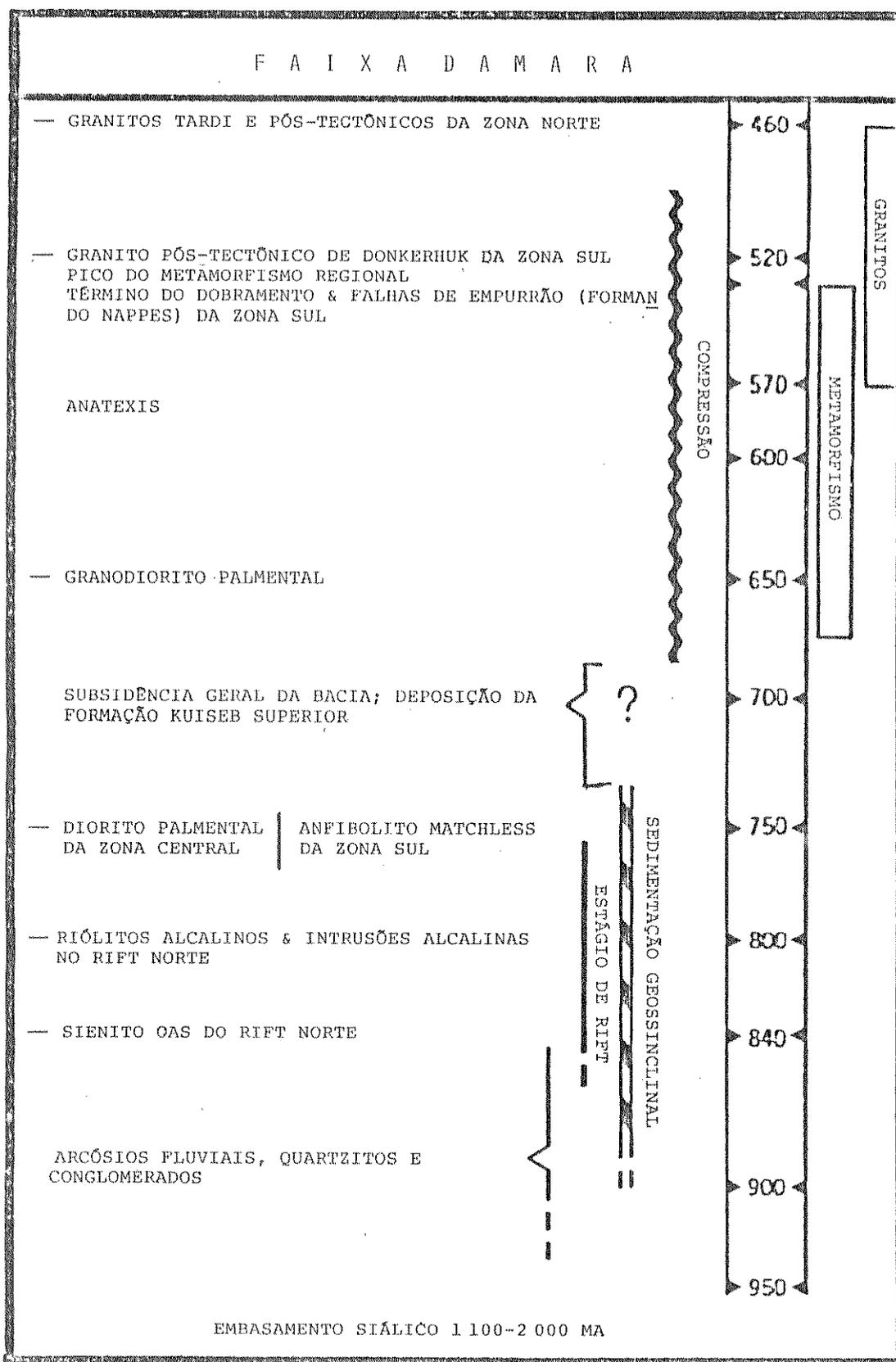


FIGURA 11 - Diagrama generalizado da evolução da Faixa Damara indicando seus principais eventos. As idades são indicadas em milhões de anos. A anatexis indicada corresponde a fusão dos materiais sedimentares que formam os granitos mais jovens (tardi e pós-TECTÔNICOS). O ponto de interrogação (?) mostra uma interpretação hipotética; as linhas tracejadas indicam interpretações hipotéticas; riólitos e intrusões alcalinas indicam processos magmáticos. Note-se que neste diagrama os autores associam a deposição geosinclinal com o estágio de rift. (Extraída de MARTIN & EDER, 1983, p. 2).

CAPÍTULO 5

Chegando ao interior dos livros didáticos há que ter muito cuidado e muita paciência. Há que ler com calma. Tentar entender o que não foi explicitado. Perceber as sutilezas. Entrever. Enfim, ler nas entrelinhas.



CAPÍTULO 5

OS GEOSINCLINAIS NOS LIVROS DIDÁTICOS (a coerência interna e as comparações das obras)

Este capítulo apresenta o estudo dos livros didáticos e suas comparações entre si a partir do desenvolvimento do conceito de geossinclinal neles contido. Para tanto são necessários alguns passos, aqui organizados em itens, a saber:

- a) o primeiro item do capítulo apresenta uma visão geral de cada obra;
- b) o segundo item apresenta descrições sumárias do desenvolvimento do conteúdo geossinclinal conforme cada obra;
- c) o terceiro item apresenta as obras de acordo com a seguinte seqüência para cada uma delas: 1) descrição comentada e contextualização das unidades que tratam dos geossinclinais, 2) identificação da utilização dos parâmetros, 3) comparação das unidades introdutórias com o interior do texto a partir, respectivamente, da caracterização e uso dos parâmetros no conceito de geossinclinal;
- d) o quarto item apresenta a comparação das obras entre si.

Apresenta-se sinteticamente, a seguir, os autores das obras, na mesma seqüência em que elas são examinadas:

a) LEINZ & AMARAL - autores da obra GEOLOGIA GERAL.

. LEINZ, Viktor - geólogo de nacionalidade e formação alemãs, catedrático da antiga Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, foi um dos criadores da graduação em Geologia nessa Universidade.

. AMARAL, Sergio Estanislau do - naturalista, um dos pri-

meiros docentes da graduação em Geologia na Universidade de São Paulo — instituição à qual dedicou longos anos de trabalho.

b) ESCP (Earth Science Curriculum Project) - autores da obra INVESTIGANDO A TERRA.

- . trata-se de projeto norte-americano que envolveu quarenta pesquisadores de várias formações na elaboração da primeira versão da obra. Data de 1966 a terceira e última versão. A Versão Brasileira foi desenvolvida pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC) sob a supervisão geral de Nabor Ricardo Rüegg - geólogo, integrante da primeira turma formada pela Universidade de São Paulo e posteriormente docente dessa instituição.

c) CHIOSSI - autor de GEOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA

- . CHIOSSI, Nivaldo José - geólogo formado pela Universidade de São Paulo, docente da Escola de Engenharia de Lins (SP), e técnico da Companhia do Metropolitano de São Paulo - Metrô.

d) POPP - autor de GEOLOGIA GERAL

- . POPP, José Henrique - docente do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Paraná.

I - Visão Geral das Obras

Apresenta-se aqui uma primeira aproximação com as obras destacando-se para cada uma delas: características da edição; grandes subdivisões; ilustrações; público a que se destina; caracterização como livro didático e organização em capítulos (macro organização) com respectivo número de páginas.

I.1 - LEINZ & AMARAL

GEOLOGIA GERAL, de Viktor Leinz e Sérgio Estanislau do Amaral, Companhia Nacional (Biblioteca Universitária, Série 3ª - Ciências Puras) se constitui de um único volume e é aqui analisado em sua oitava edição, 1980, 397 páginas.

Apresenta três grandes subdivisões:

- . 3 capítulos introdutórios com total de 47 páginas;
- . 7 capítulos sobre Dinâmica Externa, total de 175 páginas;
- . 7 capítulos sobre Dinâmica Interna, total de 146 páginas.

Os capítulos introdutórios desenvolvem noções sobre objeto, subdivisão e histórico da Geologia, apresentam a Terra como um todo em termos de constituição química e mineralógica, além de suas propriedades físicas e o tempo geológico.

A Dinâmica Externa inicia pelos fenômenos intempéricos, seguindo-se o estudo da água continental, vento, gelo, mar e organismos, ou seja, os diversos agentes erosivos e intempéricos.

A Dinâmica Interna inicia pelos fenômenos magmáticos, seguindo-se o estudo dos terremotos, dos movimentos verticais da crosta terrestre e das estruturas originadas por estes fenômenos; culmina com orogênese e tectonismo.

Em cada capítulo há uma introdução com generalidades, certa preocupação em relacionar os fenômenos geológicos com o homem, e os exemplos — sempre que possível — referem-se à realidade brasileira; as ilustrações são de qualidade variada e há listagem de referências bibliográficas.

Relacionam-se a seguir alguns trechos de prefácios de duas edições diferentes que caracterizam a opinião dos autores sobre o público a que a obra se destina:

"A elaboração deste trabalho teve a finalidade de preencher, pelo menos parcialmente, uma lacuna que se vem observando de há muito em nosso meio." (Prefácio da 1ª edição, 1961).

"O que se tem escrito, entre nós, sobre Geologia Geral, com o fim de se difundirem noções fundamentais, é muito pouco. Neste século somente quatro compêndios foram publicados, todos de difícil aquisição por já estarem esgotados." (Prefácio da 1ª edição).

"A Geologia Geral que ora apresentamos, além de proporcionar conhecimentos fundamentais aos interessados e estudiosos, vem ampliar os conhecimentos (...) com contribuições mais atualizadas. Os estudantes brasileiros têm sido obrigados até agora a aprender em livros de língua estrangeira e, principalmente de termos não específicos do Brasil." (Prefácio da 1ª edição).

"(...) Assim sendo esta nova edição da Geologia Geral vem mostrar que o estudo das ciências geológicas em nosso País prossegue num ritmo intenso, tal a rapidez com que se esgotaram as edições anteriores. Este fato é altamente auspicioso para aqueles que se interessam pelo amadurecimento intelectual do nosso povo, pois reflete a curiosidade científica da juventude universitária, seja por parte dos futuros geólogos, seja estudantes para os quais a Geologia representa uma ciência auxiliar." (Prefácio da 8ª edição).

Segundo os autores, portanto, o texto se destina a preencher uma lacuna existente na literatura científica no País e visa prioritariamente os estudantes, mas pode também ser usado por aqueles que se interessam pela Geologia.

A caracterização da obra como livro didático baseia-se em três evidências principais:

- a) intenção dos autores em atender o estudante brasileiro em área carente de literatura em língua portuguesa;
- b) ter sido a obra mais citada no Levantamento livro didáti-

co (ver Capítulo 2);

- c) AMARAL (1981) que, frise-se, não se trata de um dos autores da obra, a inclui em seu trabalho de análise de quarenta obras didáticas de G.I.

A macro organização dessa obra é apresentada a seguir, com o respectivo número de páginas por capítulo.

Capítulo	Nº de páginas
Introdução	07
I - A Terra em Conjunto com a Litosfera ...	21
II - Minerais e Rochas	19
DINÂMICA EXTERNA	
III - Intemperismo	19
IV - Água Continental no Sub-solo	20
V - Águas Continentais de Superfície	27
VI - Atividades Geológicas do Vento	15
VII - Atividades Geológicas do Gelo	27
VIII - Atividades Geológicas do Mar	37
IX - Atividades Geológicas dos Organismos ..	30
DINÂMICA INTERNA	
X - O Magma	11
XI - Vulcanismo	41
XII - Plutonismo	11
XIII - Terremotos	29
XIV - Epirogênese	09
XV - Perturbações das Rochas	22
XVI - A Origem das Montanhas e Teorias Geotectônicas	23

I.2 - ESCP

INVESTIGANDO A TERRA, do Earth Science Curriculum Project (ESCP), é aqui analisado na Versão Brasileira, Editora McGraw-Hill do Brasil, e se constitui de dois volumes para o aluno e dois volumes correspondentes ao Guia do Profes-

sor. A Versão Brasileira foi desenvolvida pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), sob a seguinte apresentação:

- . volume 1 - livro do aluno, 447 páginas - 1ª edição, 1973
- . volume 2 - livro do aluno, 251 páginas - 1ª edição, 1976
- . volume 1 - Guia do Professor, 573 páginas, 1ª edição, 1978
- . volume 2 - Guia do Professor, 317 páginas, 1ª edição, 1978

A "Apresentação" da obra, contida no volume 1 do livro do aluno, explicita a organização geral da obra. Transcrevem-se, a seguir, os trechos que se reportam a essa organização, dado que são sintéticos e espelham fielmente o que ocorre na obra:

"O primeiro volume engloba as duas primeiras unidades — A Terra Dinâmica e Os Ciclos Terrestres — e o segundo as duas últimas — A Biografia da Terra e A Terra no Espaço.

A Unidade I é uma espécie de apresentação do nosso planeta. Funciona como um alicerce para os temas desenvolvidos nas demais unidades. Caracteriza a Terra como um planeta em constante transformação e fornece as bases dos mecanismos que propulsionam essas transformações.

A Unidade II passa a tratar diretamente da dinâmica terrestre apoiada basicamente nos dois grandes ciclos terrestres: o da água e o das rochas. Com esta abordagem, reúne praticamente todos os principais fenômenos físicos que estão ocorrendo junto à superfície terrestre ou próximo a ela.

A Unidade III, após discutir o significado do tempo geológico e as maneiras utilizadas para medi-lo, trata das transformações, tanto no aspecto físico quanto no biológico, por que passou a Terra no decorrer do seu passado partindo das evidências indicativas daquelas transformações.

A Unidade IV procura situar a Terra dentro do

contexto Universo, tanto em termos de espaço quanto tempo, partindo de suas relações com a Lua, ampliando gradativamente para o Sistema Solar, Via Láctea e, finalmente, o próprio Universo."

As Unidades são organizadas do seguinte modo: a primeira é composta por seis capítulos, com um total de 160 páginas; a segunda por dez capítulos e 270 páginas; a terceira, cinco capítulos e 120 páginas; a quarta, cinco capítulos e 111 páginas. O volume 1 possui cinco apêndices, ao passo que o segundo volume possui apenas um apêndice.

Os capítulos apresentam pequena variação no número de páginas (máximo de 30 e mínimo de 20), com média em torno de 24. Tomando-se o número de páginas como critério para aferir a importância relativa conferida pelos autores a cada capítulo, verifica-se, portanto, pequena variação nesse aspecto.

Transcrevem-se, a seguir, algumas características do livro do aluno, conforme a "Introdução" do Guia do Professor, que revelam as preocupações educacionais da elaboração da obra.

"O 'Investigando a Terra' está organizado em 26 capítulos reunidos em 4 unidades. Além dos temas do ESCP, que se interligam através das unidades, o ciclo hidrológico (da água) e o petrológico (das rochas) servem como nova armação estrutural para a apresentação das geociências. As investigações de laboratório estão integradas no texto de acordo com uma seqüência cuidadosamente planejada.

Fez-se uma tentativa de organizar e apresentar cada capítulo do livro de uma maneira ativa, interessante e didática. Os autores tentaram manter um vocabulário simples e funcional. Terminologia nova só foi definida quando se notou que seria preciso

utilizá-la várias vezes no decorrer do curso. O livro não enfatiza a denominação e a classificação, pelo contrário, dá ênfase à compreensão dos conceitos e à experimentação dos fenômenos e processos das geociências (...).

A 'introdução do capítulo' pretende estimular o interesse e a curiosidade acerca do conteúdo do capítulo. Ela liga o assunto aos capítulos anteriores e posteriores e introduz o aluno na primeira sessão do capítulo abordado.

Cada capítulo foi dividido em várias partes principais indicadas pelos 'cabecinhos' situados nas margens das páginas, em letras maiúsculas e em negrito. Subordinados a esses cabecinhos há 'subcabecinhos' em letras minúsculas e em negrito, numerados em seqüência, referentes ao conteúdo do capítulo e também às investigações. Os números dos subcabecinhos são usados como pontos de referência dentro do próprio capítulo e entre os vários capítulos do livro do aluno. São usados também no guia do professor. (...)

Aparecem freqüentemente no livro do aluno 'vignetas biográficas' e 'históricas' que salientam pessoas, eventos e as suas influências nas geociências. (...)

As questões que aparecem no fim de cada tópico importante, agrupadas sob o título REFLEXÃO E DISCUSSÃO, disposto na margem da página, têm por finalidade ajudar o estudante a assimilar e integrar a matéria.

No fim de cada capítulo são apresentados um ou mais PROBLEMAS NÃO SOLUCIONADOS relevantes, para indicar que os geocientistas ainda estão buscando respostas. (...)

O item REVISÃO DO CAPÍTULO se inicia com um Resumo dos conceitos e princípios mais significativos apresentados no capítulo.

Seguem-se 'Questões e Problemas' agrupados de acordo com o nível de dificuldade.

As LEITURAS SUGERIDAS oferecem ao estudante oportunidade de ampliar seus conhecimentos consultando livros e revistas." (pp. 5 e 6; grifos no original)

Destaque-se, como particularidade, a forma não usual de desenvolvimento do texto do ESCP, que difere bastante dos compêndios. Ressalta-se nessa forma:

- o tratamento coloquial, utilizando o termo "você" para se dirigir ao leitor;
- a utilização de perguntas e questões como componentes do próprio texto, solicitando a participação do leitor;
- o movimento de vaivém na construção dos conceitos, sempre retomando conteúdos anteriormente tratados, e articulando os que vêm a seguir.

Relacionam-se, a seguir, alguns trechos da "Apresentação" (volume 1 do livro do aluno) que explicitam a que público a obra se destina:

"(...) Entretanto, sempre que necessário e possível, as situações e ilustrações foram transpostas para o Brasil ou, então, para o Hemisfério Sul, tornando-o mais adequado e interessante para o estudante brasileiro (...) Nos meios universitários, ele atendeu a uma necessidade premente de renovação na área de Geologia Introdutória. Tem sido aplicado com sucesso tanto em cursos e licenciatura de 1º e 2º graus como cursos que visam a formação profissional no próprio campo da geologia.

Com um enfoque adequado não só à própria área de conhecimento a que se refere como também ajustado aos problemas ambientais emergentes de nossa época, o Investigando a Terra passou a constituir um instrumento extremamente valioso a todos que pretendam compreender tanto as idéias e princípios básicos das Geociências como os mecanismos que regem a dinâmica da natureza."

Segundo os responsáveis pela Versão Brasileira, portanto, a obra vem renovar o material didático na área de G.I., destina-se a todos que se interessam pelas Geociências e suas adaptações visam adequá-la ao estudante brasileiro.

A transcrição, a seguir, de parte do "Prefácio da edição norte-americana" do Guia do Professor, permite compreender melhor o papel do referido Guia.

"Durante a elaboração do programa texto-laboratório, interdisciplinarmente integrado, esteve bem gravada no espírito do grupo do ESCP e dos escritores a necessidade de um guia do professor que fosse ao mesmo tempo um complemento do livro do aluno e um manual de auto-aprendizagem do professor. (...)

Ao fazer o guia, os autores focalizaram as necessidades dos professores que: (1) ensinam relativamente isolados de outros professores de geociências; (2) são inexperientes no ensino de geociências; (3) carecem de maiores conhecimentos de geociências (não são formados nessa matéria); (4) têm pouco equipamento científico e dificuldade de obtenção de material; (5) trabalham com alunos muito diversificados quanto a interesses e habilidades; (6) têm pouca experiência no ensino de ciência sob o método de investigação. A maioria das idéias deste guia do professor servirá também para o professor de geociências experiente.

Este volume contém sugestões de 'como fazer', exemplos, analogias, demonstrações, auxílio para as investigações de laboratório, notas sobre estratégia do ensino, respostas para as questões e problemas, ajuda quanto à abordagem de pesquisa e leituras sugeridas. Além disso, cada capítulo contém uma seção denominada Complemento do Capítulo que serve para ampliar os conhecimentos do professor."

É patente a preocupação dos autores com as finalida

des didáticas da obra. Trata-se também da quarta obra mais citada no Levantamento livro didático (ver Capítulo 2) e foi incluída por AMARAL (1981) em seu trabalho de análise de quarenta obras didáticas de GI. Todos esses fatores permitem caracterizá-la como livro didático.

A macro organização dessa obra é apresentada a seguir, com o respectivo número de páginas por capítulo.

Volume 1	
Capítulos	nº de páginas
Prólogo	10
UNIDADE I - A TERRA DINÂMICA	
01 - A Terra em Transformação	24
02 - Os Materiais Terrestres	27
03 - Medindo a Terra	27
04 - Os Movimentos da Terra	28
05 - Campos e Forças Terrestres	26
06 - Fluxos de Energia	28
UNIDADE II - OS CICLOS TERRESTRES	
07 - A Energia e os Movimentos do Ar	28
08 - A Água no Ar	30
09 - A Água no Continente	24
10 - A Água no Mar	23
11 - Energia, Umidade e Clima	27
12 - A Denudação dos Continentes	25
13 - Os Sedimentos no Mar	20
14 - Montanhas Surgidas do Mar	24
15 - As Rochas do Interior das Montanhas	20
16 - O Interior da Terra	26
5 Apêndices	23

Volume 2	
Capítulos	nº de páginas
UNIDADE III - A BIOGRAFIA DA TERRA	
17 - O Tempo e sua Medição	24
18 - O Registro nas Rochas	22
19 - Vida - Presente e Passado	29
20 - Evolução de um Continente	21
21 - Evolução do Relevo	24
UNIDADE IV - O AMBIENTE DA TERRA NO ESPAÇO	
22 - Explorando a Lua	20
23 - O Sistema Solar	26
24 - As Estrelas, Outros Sóis	21
25 - Evolução Estrelar e Galáxias	22
26 - O Universo e sua Origem	22
1 Apêndice	02

I.3 - CHIOSSI

GEOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA, de Nivaldo José Chiossi, Grêmio Politécnico, se constitui de um único volume e é aqui analisado em sua primeira edição, 1975, 427 páginas.

A obra não apresenta grandes subdivisões em seus dezenove capítulos. É possível admitir que seus quatro primeiros capítulos são introdutórios, uma vez que tratam de unidades de conteúdo (crosta, minerais, rochas) que servem de base para o posterior desenvolvimento da obra.

Observando-se o enfoque dos capítulos, individualmente, pode-se notar que doze deles são geológicos, três dizem respeito a técnicas voltadas para engenharia, e quatro são mistos.

Há enorme discrepância na quantidade de páginas que compõe cada capítulo; alguns com 70, 49, 42 e outros com 14,

10, 4 páginas, o que, tomado como critério para aferir a importância relativa, significa que alguns capítulos são bem mais importantes que outros. Nota-se, então, predominância dos capítulos técnicos e mistos sobre os geológicos.

A obra possui muitas ilustrações, devendo-se destacar as fotografias, todas elas de situações observadas no Brasil.

Relacionam-se, a seguir, trechos da "Introdução", de modo a caracterizar a posição do autor sobre o público a que a obra se destina:

"Durante a realização do II Congresso de Geologia de Engenharia, em agosto de 1974, em São Paulo, um dos temas discutidos foi o do ensino dessa especialidade. Ficou demonstrado, na ocasião, a necessidade de ser desenvolvida uma linguagem comum entre o Geólogo e o Engenheiro.

Dentro desse espírito publiquei em 1971 uma apostila na qual se baseia o presente livro. A sua filosofia era a de apresentar em uma linguagem simples e objetiva, ao estudante de engenharia e ao engenheiro, as numerosas aplicações da Geologia em projetos de Engenharia Civil (...).

Foram publicadas três edições da referida apostila. Esse fato levou-me a proceder a uma revisão do texto inicial, para publicá-lo agora na forma de um livro-texto (...).

Alguns capítulos poderão parecer aos geólogos como extremamente simplificados, porém o objetivo foi o de tentar um meio de comunicação simples e prático entre geólogos e engenheiros." (pp. 1 e 2).

Para o autor, portanto, a obra se destina a desenvolver uma linguagem comum entre o geólogo e o engenheiro, e é dirigida especialmente ao estudante de engenharia e ao engenheiro.

Além de ter sido a terceira obra mais citada no Levantamento livro didático (ver Capítulo 2), é definida pelo próprio autor como livro didático, estando, portanto, perfeitamente caracterizada como tal.

A macro organização dessa obra é apresentada a seguir, com o respectivo número de páginas por capítulo.

Capítulos	nº de páginas
01 - Introdução e Posição da Geologia Aplicada	03
02 - A Crosta da Terra	04
03 - Minerais	15
04 - Rochas	03
05 - Rochas Magmáticas	10
06 - Rochas Sedimentares	13
07 - Rochas Metamórficas	14
08 - Tabela Resumida para Identificação Macroscópica dos Principais Tipos de Rochas	19
09 - Elementos sobre Rochas	18
10 - A Utilização das Rochas e dos Solos como Material de Construção e Material Industrial	13
11 - Elementos Estruturais das Rochas	22
12 - Noções de Geologia do Estado de São Paulo	09
13 - Investigação do Sub-solo	49
14 - Noções sobre Fotografias Aéreas	31
15 - Água Subterrânea	70
16 - Água Superficial	13
17 - Geologia de Barragens	42
18 - Geologia de Túneis	33
19 - Geologia Prática	37

I.4 - POPP

GEOLOGIA GERAL, de José Henrique Popp, Livros Técnicos e Científicos Editora, se constitui de um único volume e é aqui analisado em sua primeira edição, 1979, 220 páginas.

A obra apresenta sete grandes unidades (ver p.141); exame mais detalhado revela que elas podem ser reduzidas a apenas cinco, a saber:

- . 3 capítulos introdutórios, com um total de 32 páginas;
- . 4 capítulos sobre as rochas, com um total de 54 páginas;
- . 3 capítulos sobre os processos externos e seus efeitos, com um total de 42 páginas;
- . 4 capítulos sobre os processos internos e seus efeitos, com um total de 46 páginas;
- . 2 capítulos complementares com um total de 22 páginas.

Os capítulos introdutórios apresentam uma visão geral da obra, alguns dados sobre as ciências geológicas, alguns conceitos e informações sobre a Terra e os minerais.

A segunda unidade trata essencialmente do ciclo das rochas.

A terceira e quarta unidades tratam dos processos geológicos (externos e internos) e seus efeitos — principalmente nas estruturas geológicas e relevo terrestre.

A última unidade reúne dois conteúdos distintos (em basamento brasileiro e energia) cuja única afinidade é complementar os assuntos já tratados.

Os capítulos não possuem introdução. A quantidade de páginas varia bastante de um capítulo para outro, o que significa, tomando por base esse critério, que alguns deles são mais importantes que outros. Os exemplos, sempre que possível, referem-se à realidade geológica brasileira. Até a segunda unidade (referente às rochas) são listados exercícios ao final de cada capítulo, o que não ocorre da terceira unidade em diante. Não se registra qualquer justificativa, por parte do autor, para essa mudança de procedimento.

As ilustrações são abundantes e sua qualidade é variada. Há casos de capítulos em que o espaço dedicado às ilus

trações é maior que o dedicado ao texto. Cada capítulo da obra, à exceção de dois, possui relação bibliográfica complementar.

Alinham-se, a seguir, alguns trechos do "Prefácio", onde o autor expõe sua posição sobre o público a que a obra se destina:

"Recentemente, no Brasil, o estudo da geologia foi incluído como disciplina curricular de diversos cursos da área de ciências além daqueles que tradicionalmente tratavam dessa matéria, como os cursos de engenharia, geografia, biologia e o próprio curso de geologia.

Enquanto o campo da geologia geral ganha novos estudantes, as fontes de consultas não têm acompanhado esse crescimento, notadamente no que se refere ao livro didático, pois permanece como único compêndio de geologia geral feito no Brasil a obra dos eminentes professores Viktor Leinz e Sérgio Estanislau do Amaral, agora em sua 7ª edição.

Os similares disponíveis no mercado são de origem estrangeira e, por isso, traduzem uma realidade distinta e que nem sempre pode ser constatada em nosso meio, uma vez que utilizam naturalmente, exemplos dos países de origem, sendo estes, por conseguinte, inadequados aos iniciantes no estudo das ciências geológicas.

(...) Em contraste com os tradicionais compêndios, neste, a extensão da matéria se limita aos programas usualmente exigidos pelos cursos brasileiros."

Para o autor, portanto, o texto se caracteriza como compêndio, sendo destinado aos estudantes de todos os cursos que possuem geologia geral — os iniciantes nos estudos das ciências geológicas. Além disso, foi a segunda obra mais ci-

tada no Levantamento livro didático (ver Capítulo 2) e também foi incluída na análise de AMARAL (1981), o que permite caracterizá-la plenamente como livro didático.

A macro organização dessa obra é apresentada a seguir, com o respectivo número de páginas por capítulo.

Capítulos	nº de páginas
Introdução	03
A TERRA	
01 - O Estudo da Terra	08
MINERAIS	
02 - Os Minerais	21
AS ROCHAS	
03 - Processos Endógenos e Exógenos	19
04 - Meteorização das Rochas. Os Solos.	09
05 - Rochas Sedimentares	19
06 - Rochas Metamórficas	07
PROCESSOS EXTERNOS E SEUS EFEITOS	
07 - Ação Geológica das Águas	22
08 - Ação Geológica do Vento	08
09 - Ação Geológica do Gelo	12
PROCESSOS INTERNOS E SEUS EFEITOS	
10 - Vulcanismo e Terremotos	15
11 - Falhamentos	12
12 - Dobramentos - O Uso da Bússola, do Clinômetro e a Atitude das Camadas	12
13 - Epirogênese e Orogênese - As Origens das Montanhas	07
ASPECTOS DA GEOLOGIA DO BRASIL	
14 - O Embasamento Brasileiro	07
RECURSOS ENERGÉTICOS	
15 - Energia	15

II - A Apresentação do Conceito - Uma Visão

Apresenta-se aqui uma aproximação de maior detalhe que o item anterior.

Os conteúdos relativos aos geossinclinais são descritos sumariamente de modo a permitir uma visão de conjunto sobre como eles são desenvolvidos em cada obra. Acredita-se, também, que possa facilitar o entendimento dos itens subsequentes.

A íntegra dos conteúdos dos geossinclinais de cada obra está apresentada nos seguintes anexos:

- . ANEXO 7 - LEINZ & AMARAL
- . ANEXO 8 - ESCP
- . ANEXO 9 - CHIOSSI
- . ANEXO 10 - POPP

II.1 - LEINZ & AMARAL

"Geossinclinal" é o título do sexto item, de um total de oito, do capítulo dezesseis, denominado "A origem das montanhas e teorias geotectônicas".

O termo geossinclinal já é usado no quinto item — "Montanhas produzidas por dobramentos" — sem qualquer explicação de seu significado.

A primeira parte do sexto item é a mais extensa e inclui todas as ilustrações. A segunda parte é constituída por um sub-item, sem ilustrações, denominado "Velocidade de formação de um geossinclinal".

O item "Geossinclinal" inicia com inter-relações de características dos geossinclinais acompanhadas de datas e citações de pesquisadores que observaram essas característi-

cas. Prossegue com o processo de desenvolvimento do geossinclinal onde chama atenção para o afundamento (subsidência), características da sedimentação, fragmentação (de vários tipos) e estabilização. Fornece exemplos de geossinclinais antigos quando trata do processo de cicatrização e comenta sobre a impossibilidade desses geossinclinais serem datados e correlacionados.

O sub-item, de início, se refere ao afundamento e subida do geossinclinal durante o processo, assim como à espessura das camadas, fácies, e características estruturais. Aparece o termo "geossinclíneo", sendo que até então vinha sendo usada a palavra "geossinclinal". Em seguida, o texto se reporta ao tempo de evolução do geossinclinal, ilustrado por um exemplo concreto. O passo seguinte discrimina as fases orogenéticas de evolução, em número de quatro, havendo ligeira caracterização de cada uma delas, à exceção da segunda, onde os autores se detêm um pouco mais.

Por último, os autores endossam explicitamente a conceituação de geossinclinal formulada por outro autor. Este distingue subdivisões dos geossinclinais.

As ilustrações são adaptadas de outros autores.

II.2 - ESCP

O conteúdo relativo aos geossinclinais está organizado em quatro itens, além de uma introdução e da "Revisão do Capítulo", de um total de oito itens que compõem o capítulo catorze, denominado "Montanhas surgidas do mar". Os quatro itens praticamente se equivalem em espaço de texto; todos eles possuem ilustrações, e seus títulos são os seguintes:

- 14.1 - Desenvolvimento de uma idéia - Uma excursão de James Hall ao campo
- 14.2 - Como se formam os geossinclinais?
- 14.3 - Estão se formando geossinclinais atualmente?
- 14.4 - No interior dos geossinclinais ocorrem deformações

A introdução descreve uma descoberta que forneceu evidências sobre a origem das Montanhas Rochosas. São levantadas questões a partir dessa descoberta e estabelecidas relações com capítulos anteriores. Ao final, explicita o que o capítulo procura alcançar.

O item 14.1 descreve algumas características do trabalho do geólogo James Hall no campo, quando estudou a cadeia montanhosa dos Apalaches. Propõe uma atividade prática, nomeando-a similar ao trabalho do citado pesquisador, para a qual fornece: orientações, o trajeto para elaboração de perfil geológico, tabela e fotos. Quatro perguntas encerram a atividade e finalizam o item.

O item 14.2 esclarece que os estudos de Hall levaram-no à formulação de conceitos de geossinclinal, apresenta um conceito e indaga sobre semelhanças deste com os resultados da atividade do item anterior. Segue chamando atenção para a importância do conceito formulado por Hall e desenvolve aspectos relativos ao conceito, dando destaque para as camadas sedimentares. Apresenta um exemplo no Brasil ilustrado por uma figura. Propõe duas alternativas de desenvolvimento para a formação de grandes espessuras de sedimentos, questionando ambas. Apresenta mais uma figura onde estão plotados os locais da Terra em que depósitos sedimentares fazem parte, atualmente, de cadeias montanhosas.

A seguir, propõe a atividade — "Onde estão os geossinclinais atuais?" — em que deve ser utilizada uma figura

apresentada no capítulo anterior e um mapa apresentado em apêndice ao final do livro. A atividade encerra esse item.

O item 14.3 discute a formação de geossinclinais atualmente, ao mesmo tempo que formula algumas questões; sugere duas regras a serem observadas quando do debate desse tema. Esclarece sobre possibilidades de utilização do conceito de geossinclinal. Incrustado nesse item há uma vinheta sobre a vida e o trabalho de James Hall.

O item 14.4 se refere às deformações nos geossinclinais, recuperando alguns pontos da atividade prática do item 14.1. Apresenta uma ilustração onde aparece o termo "geossinclíneo", quando até então vinha sendo usada a palavra "geossinclinal". Dedicou extenso parágrafo para discutir deformação, onde predominam exemplos não-geológicos que se reportam a uma figura do capítulo 1. Retoma as deformações nos geossinclinais especificando alguns de seus tipos e apresenta três fotos de rochas sedimentares deformadas.

Propõe mais uma atividade que se inclui em outra já proposta no capítulo 3. Encerra esse item com uma relação de sete questões sob o título: "Reflexão e Discussão". Essas questões retomam aspectos desenvolvidos até aí nesse capítulo, e uma delas é relacionada também a capítulo anterior.

A "Revisão do Capítulo" é composta de um "Resumo" e "Questões e Problemas", sendo que esta segunda parte possui três sub-itens com um total de 29 questões e problemas. Dos seis parágrafos que compõem o "Resumo", quatro tratam de geossinclinal, chamando atenção para os seguintes aspectos: o formulador do conceito, importância do conceito, características e processos de desenvolvimento dos geossinclinais, possível formação dos geossinclinais na época atual. Entre as questões e problemas, 17 se referem aos geossinclinais.

II.3 - CHIOSSI

O conteúdo relativo aos geossinclinais é identificado no sub-item "Montanhas de origem tectônica", terceiro e último do item "Orogênese", sendo este o sexto e último item do capítulo onze, denominado "Elementos estruturais das rochas".

Verifica-se que os itens, ao serem comparados, apresentam extensão equivalente, o mesmo ocorrendo com os sub-itens.

Após citar que as grandes cadeias montanhosas se originam por dobramentos e/ou falhamentos, o autor comenta sobre a idade de sua formação, assim como sobre aquelas formadas em épocas geológicas antigas.

Chama atenção para o fato de todas as cadeias formadas por dobramento possuírem características comuns e relaciona cinco características destacando: espessura, caráter marinho de águas rasas, dobramentos, fraturamentos e elevação, magmatismo e dimensões atuais.

A seguir desenvolve alguns aspectos dessas cadeias e esclarece que essas áreas foram denominadas, por Dana, de geossinclinais. Chama atenção para a sedimentação; prossegue discorrendo sobre a velocidade de afundamento e se refere ao movimento tectônico responsável pela formação de algumas cadeias montanhosas, fornecendo exemplos.

Não há ilustrações nesse sub-item relativo aos geossinclinais.

II.4 - POPP

"Geossinclinal" e "Desenvolvimento de um Geossinclinal", correspondem, respectivamente, ao quinto e sexto item,

de um total de seis, do capítulo treze, denominado "Epirogênese e Orogênese - As Origens das Montanhas".

Alguns elementos que fazem parte do conceito de geossinclinal já são usados no primeiro parágrafo do item 13.3 - "Orogênese". O termo geossinclinal aparece ao final desse item, assim como no primeiro parágrafo do item 13.4 - "Origens das Montanhas" - sem qualquer ligação com os elementos que se referem ao conceito.

A extensão dos itens do capítulo, quando comparadas, é equivalente, à exceção do item cinco, ligeiramente maior. Há ilustrações referentes ao item seis.

O item "Geossinclinal" inicia com um parágrafo dedicado às "cadeias de montanhas no seu sentido técnico" relacionando-as com a intensidade das forças necessárias para sua formação, seguindo-se citações de exemplos e idade geológica do tectonismo. Há, ainda, exemplos de situações nos primórdios do tempo geológico. Prossegue relacionando seis "analogias significativas" entre as cadeias de montanhas, em sentido técnico. Somente a sexta é explícita ao assinalar que elas derivam de um geossinclinal. Após esclarecer que "o geossinclinal é um conceito complexo" (sic), desenvolve, em dois parágrafos, algumas de suas características, realçando sedimentação, subsidência e magmatismo.

O item "Desenvolvimento de um Geossinclinal" resume-se a um parágrafo com referência à subsidência e à sedimentação, e uma síntese explicitando quatro fases do desenvolvimento do geossinclinal, cada uma contendo duas a três frases curtas. As ilustrações dizem respeito a esse item, porém estão inseridas no item anterior. Essas ilustrações são adaptadas de outros autores.

III - A Visão sobre Geossinclinais Conforme cada Obra

Apresentam-se aqui as comparações, em cada obra, das caracterizações dos parâmetros conforme registrados nas unidades introdutórias dessas obras, com suas respectivas utilizações durante o desenvolvimento do conteúdo geossinclinal. Apresentam-se também, as comparações das obras entre si, a partir do citado conteúdo. Desenvolve-se neste item uma aproximação de maior detalhe que as apresentadas nos itens anteriores.

Essa aproximação maior necessita ser contextualizada de modo que a identificação da utilização dos parâmetros não se transforme em relato de atividade eminentemente técnica e árida, desligada, portanto, da situação maior em que se localiza, ou seja, do próprio desenvolvimento dos itens e/ou sub-itens de cada obra.

Assim, organizou-se o presente item, para cada uma das obras examinadas, sob a seguinte forma:

- a) comentam-se os itens e/ou sub-itens considerando-se: sua inserção no capítulo; seu número de páginas; páginas de ilustrações; adequação ao conteúdo geral do capítulo; importância relativa no capítulo; ilustrações e seu uso; forma de desenvolvimento do conteúdo; uso de termos técnicos; explicitação de relações com demais unidades da obra; referências a aspectos históricos ligados à evolução do conceito, ou à teoria.

Os elementos acima citados foram extraídos de exame preliminar das próprias obras e não seguem necessariamente, no exame de cada uma delas, a ordem em que foram listados, dadas as especificidades da organização com que cada autor desenvolveu seu texto.

- b) a utilização (ou não) dos parâmetros (binômio rochas/
/crosta, atualismo e transformações) é identificada em

cada obra, chamando-se a atenção para a utilização isolada ou conjunta dos mesmos.

Nos limites deste trabalho, a identificação toma como referência o conteúdo dos parâmetros conforme apresentado no Capítulo 3 (ver p.65 a 87). Assim, pode-se identificar o uso de cada parâmetro do seguinte modo:

- . binômio rochas/crosta - menção explícita a cada um deles, ou referências à gênese das rochas assim como processos e/ou feições existentes nas rochas e na crosta. Considera-se o limite físico inferior da crosta conforme JAIN (1973);
 - . atualismo - caracterização de processo(s) e/ou produto(s) do presente de modo a estabelecer ligações, implicando conclusões e/ou formulações, com o passado e/ou futuro. Não são consideradas as especificidades que os autores das obras utilizam para o estabelecimento da citada ligação, pois isso implica entrar em considerações sobre a forma utilizada pelo próprio autor;
 - . transformações - caracterizações ou citações explícitas de processos naturais; referências a diversas fases ou etapas cuja associação entre si permita remontar processo(s).
- c) compara-se a caracterização (ou não) dos parâmetros com a respectiva utilização (ou não) de modo a verificar a coerência interna de cada obra.

A coerência é dada pela assunção do parâmetro nas unidades introdutórias e sua respectiva utilização nos itens e/ou sub-itens examinados, ou pela inexistência respectivamente de assunção e utilização.

Não há coerência com assunção sem respectiva utilização, assim como não há, sem assunção com respectiva utilização.

III.1 - LEINZ & AMARAL

III.1A - Quadro Geral do Desenvolvimento do Conceito

Em LEINZ & AMARAL o item "Geossinclinal" ocupa 3,5 páginas (1 de ilustrações^(*)), de um total de 23 (11 de ilustrações) que compõem o capítulo dezesseis, denominado "A origem das montanhas e teorias geotectônicas".

Considerando-se o capítulo divisível em duas partes, exatamente aquelas indicadas no título: "A origem das montanhas" e "Teorias Geotectônicas", o item em questão está situado ao final da primeira parte e, de certa maneira, serve de elemento de ligação com a segunda, que trata inclusive de forças supostamente responsáveis pela compressão e soergimento dos geossinclíneos.

Em decorrência, pode-se afirmar que o item "Geossinclinal" se encontra bem situado no capítulo e perfeitamente adequado ao tema do mesmo. Ocupa 20% do espaço destinado ao texto do capítulo, o que registra a importância conferida pelos autores.

As ilustrações (2 conjuntos) são compiladas de outros autores, o que parece acarretar alguns problemas, entre os quais a ligação insatisfatória com o texto. A primeira (Fig. 16-4, p. 372 - ver Anexo 7), é identificada pela legenda como "Secção E-W do geossinclinal apalachiano, antes da perturbação orogenética". Em momento algum explicita tratar-se de uma reconstituição aproximada de paleoambiente, nem destaca que a secção é estimada. Acrescente-se que não há menção de escala (horizontal ou vertical), nem indicação de que

(*) A referência diz respeito ao espaço total ocupado pelas ilustrações. Procedimento esse adotado daqui em diante.

o perfil apresenta sobrelevação (exagero vertical).

A segunda ilustração (Fig. 16-5, p. 373 - ver Anexo 7), também não apresenta escala e sua legenda inclui um termo técnico ('undação') que somente aí é definido.

O fato do item se encontrar no último capítulo do livro permite que os autores se utilizem de inúmeros termos técnicos já definidos anteriormente. Mas não há referências de capítulos ou itens a que o leitor deva recorrer para aclarar determinado conceito ou encontrar alguma definição. Não há explicitação de relações com demais unidades da obra. O texto a seguir ilustra essas considerações:

"O afundamento contínuo da base do geossinclinal e sua grande mobilidade são intimamente ligados a atividades magmáticas.

São elas normalmente de caráter básico. Lavas e tufo basálticos ocorrem como intercalações nos sedimentos. Mas também gabros e serpentinitos (peridotitos hidratados) são freqüentes. Interessante é que o magmatismo básico na fase de geossinclinal muda para atividades ácidas no princípio do processo orogenético [fig. 16.5]. Estes magmas 'sinorogenéticos' têm a composição de granitos e de seus derivados. São rochas sílico-aluminosas que aparecem bruscamente, substituindo os derivados das atividades básicas iniciais." (p. 374)

Entre os termos técnicos, poderiam requerer consulta os seguintes: tufo basáltico, serpentinito (peridotitos hidratados), atividades ácidas, magmas sinorogenéticos, atividades básicas.

As observações anteriores remetem à questão dos cuidados com a construção do texto em livros didáticos. Assim, é utilizado uma única vez nesse item (ao final da página 374 - ver Anexo 7), o termo "geossinclíneo", induzindo o leitor

a entendê-lo como sinônimo de geossinclinal. O texto não esclarece que eles podem ser usados como sinônimos. Ainda em relação à construção do texto, destaca-se a forma expositiva linear com que os autores descrevem os aspectos relativos ao conceito de geossinclíneo. Nos limites deste trabalho, entende-se como "forma expositiva linear" a descrição onde os elementos sucedem-se, em seqüência, sem retomar o que já foi anteriormente descrito. Esta forma é característica de toda a obra.

No item examinado essa descrição começa relacionando pesquisadores que propuseram novas contribuições ao conceito de geossinclinal, alinhando as respectivas contribuições. Porém, não se pode dizer que se trata de uma reconstituição histórica, uma vez que não insere as formulações nas discussões científicas das respectivas épocas; tampouco chama atenção para o fato de que a evolução das pesquisas sobre cadeias montanhosas dobradas levou à formulação da "Teoria Geossinclinal", que redirecionou os trabalhos científicos em Geologia. Assim, as referências a aspectos históricos se limitam a citar autores, datas e algumas contribuições ao conceito em questão, não atribuindo, portanto, significado a esses aspectos.

Ao se referir a processos de subsidência, sedimentação, magmatismo e estabilização, apesar da utilização de numerosos termos técnicos (ver trecho anteriormente transcrito) a descrição é melhor desenvolvida que até então, e esclarece os pontos apresentados. No entanto o processo de sedimentação fica parcialmente caracterizado pois, adiante, ao apresentar uma descrição esquemática dos geossinclinais em quatro fases orogenéticas, os autores citam aspectos específicos da sedimentação, que não haviam esclarecido anterior -

mente. Nota-se que na exposição das quatro fases orogenéticas, duas apresentam descrições alongadas prejudicando, de certa maneira, o resumo pretendido pelos autores (ver transcrição das fases na p.157 e 158).

Ao encerrar o item comentando sobre a recente (*) ampliação do conceito, os autores não esclarecem porque consideram mais "conveniente" (sic) citar, como síntese, um trabalho de 1936.

III.1B - Identificação da Utilização dos Parâmetros

O binômio rochas/crosta se constitui na única referência explícita dos autores às esferas de materiais sólidos da Terra. Outra esfera material citada é a hidrosfera. Há, ainda, uma referência indireta à biosfera; essa referência é indireta porque os autores mencionam os fósseis, que fazem parte da crosta apesar de anteriormente ao processo de fossilização, de maneira geral, terem pertencido à biosfera.

Quer se referindo especificamente aos tipos de rochas ou genericamente ao geossinclinal, o ponto de partida no desenvolvimento do conceito é o binômio rochas/crosta, onde se desenvolvem os fenômenos descritos pelos autores. Além da caracterização genética, há várias referências às características estruturais em (nas) rochas/crosta, assim como ao seu comportamento espaço-temporal. Os trechos a seguir, assim como os adiante, utilizados para a identificação do uso dos demais parâmetros, ilustram essas considerações.

(*) Note-se que a primeira edição da obra de LEINZ & AMARAL é de 1961, e a edição aqui analisada (8ª) é de 1980.

"Há muito tempo verificou-se que as grandes e altas cadeias montanhosas são em parte constituídas por sedimentos marinhos, em boa parte deformados." (p. 372)

"Admite-se hoje que o peso dos sedimentos não é suficiente para deformar a crosta. A subsidência é um fenômeno próprio do geossinclinal, provocado por fenômenos tectônicos, e a sedimentação espessa é consequência, mas não causa do afundamento." (p. 374)

Nos dois trechos destacam-se: os sedimentos e sua de formação; a crosta e sua deformação; assim como as referências a processos (subsidência e sedimentação) que ocorrem na crosta.

A utilização do atualismo é identificada em três situações distintas, a seguir transcritas:

"Foi J. HALL que em 1857 enunciou claramente este fenômeno por ele estudado nas montanhas apalachianas, tendo verificado que sedimentos típicos de mares rasos podem atingir na parte central cerca de 12 000 m de espessura, diminuindo sensivelmente nas bordas [Fig. 16.4]. Nestas, embora seja menor a espessura, os sedimentos são típicos de mares profundos. Foi assim conduzido a admitir que a zona central dos Apalaches se situa numa parte da crosta, sujeita à maior descensão, acumulando-se nela sedimentos das maiores espessuras conhecidas." (p. 372)

"Característica importante é que a maioria dos sedimentos é de caráter nerítico, indicando que as velocidades de subsidência e de sedimentação andaram equilibradas, mantendo-se uma profundidade pequena, apesar do afundamento contínuo." (p. 374)

"O afundamento é extremamente lento e muito irregular. As variações da velocidade refletem nas 'fácies' e na espessura da sedimentação. Os caracteres

estruturais dos sedimentos denotam a existência de hiatos e erosão, tudo indicando a ocorrência de um movimento de sobe e desce, um vaivém contínuo, onde é mais pronunciado o movimento para baixo, resultando da subsidência geral da bacia." (p. 374)

Inicialmente observa-se que o atualismo não aparece ao longo de todo o texto, mas ocorre somente nos três momentos acima transcritos. Examinar-se-á uma citação de cada vez já que, em princípio, não se relacionam entre si e situam-se em locais distintos no desenvolvimento do item.

Na primeira, a caracterização do presente é feita pela referência às montanhas apalachianas, associada aos "sedimentos típicos de mares rasos" e "sedimentos típicos de mares profundos". A caracterização dos sedimentos, em primeiro lugar, pode ser associada à situação presente (montanhas apalachianas) e posteriormente, associada à situação passada, já que se refere às características da deposição. Apesar da caracterização incompleta das especificidades daqueles tipos de sedimentos, estabeleceram-se ligações presente/passado, permitindo conclusão sobre o passado, ou seja, a localização de região da crosta sujeita a maior descensão, apesar dos autores terem formulado redação em que utilizam o verbo no tempo presente:

"(...) a zona central dos apalaches se situa numa parte da crosta, sujeita a maior descensão (...)."

Nessa primeira situação ocorre, portanto, a utilização do atualismo.

No segundo caso tem-se melhor especificação do elemento do presente:

"(...) a maioria dos sedimentos é de caráter nerític^(*)o (...)." .

inclusive implicando em caracterização técnica, o que difere da formulação da primeira citação ("(...) sedimentos típicos de mares (...)"). O restante da citação discorre acerca do processo que deve ter se desenvolvido utilizando, assim, o atualismo, uma vez que foi feita conclusão sobre situação do passado, ou seja, sobre a relação de equilíbrio da sedimentação e subsidência.

No terceiro caso ocorre a situação do presente:

"(...) 'fácies' e na espessura da sedimentação. Os caracteres estruturais dos sedimentos denotam a existência de hiatos e erosão (...)." .

segundo-se a conclusão sobre o processo ocorrido no passado que se encontram registrados nas formas citadas. Neste caso há necessidade de se entrar no mérito da conclusão obtida a partir daqueles dados. A existência de hiatos e erosão permite, para os autores, caracterizar a ocorrência de movimentos (lentos e irregulares) ascendentes e descendentes, sendo os últimos os mais pronunciados. Entretanto, hiatos e erosão podem ocorrer em movimentos unicamente descendentes ou unicamente ascendentes, descaracterizando assim a demonstração de que, segundo os autores, eles ocorreriam pela alternância dos sentidos do movimento. Assim, há uma incorreção no procedimento pelo qual os autores chegaram à conclusão sobre o passado, apesar da mesma ser correta: há um movimento de sobe/ /desce, prevalecendo a subsidência (descida). Conclui-se que

(*) Nerítica (região) - Região marinha compreendida entre a linha do litoral e a isóbata de cerca de 200 metros (LEINZ & LEONARDOS, 1977, p. 133).

houve utilização do atualismo, havendo, porém, incorreção nos procedimentos utilizados pelos autores.

Há, porém, a possibilidade dos autores, quando se referem a hiatos e erosão, estarem adotando a perspectiva de que essas manifestações dar-se-iam acima do nível do mar, o que, efetivamente, demonstraria o sentido ascendente do movimento que, associado a existência de deposição de sedimentos superposta aos hiatos e marcas de erosão, demonstraria o sentido ascendente do movimento, assim como a predominância do aspecto descendente desse mesmo movimento. Haveria, então, necessidade dos autores explicitarem a caracterização da fase "acima do nível do mar" pois, como já foi esclarecido, hiatos e erosão também ocorrem abaixo desse nível.

Em suma, observa-se que o atualismo não é utilizado ao longo de todo o texto, mas somente em três momentos isolados, sendo que em um deles há incorreção na forma de utilização.

No que diz respeito à idéia de transformação nota-se que ela aparece em todo o item, quer sob a forma de caracterização de processos, o que implica diretamente em transformações, quer sob a forma de tópicos sobre a evolução de um geossinclíneo, onde podem ser acompanhadas as transformações através da referência às sucessivas etapas. Os trechos a seguir ilustram essas considerações.

"O afundamento é extremamente lento e muito irregular. As variações da velocidade refletem nas 'fácies' e na espessura da sedimentação." (p. 374)

"Assim, pode-se resumir a evolução de um geossinclinal nas seguintes fases orogenéticas:

- 1) Fase pré-orogênica - Mar raso, com sedimentação intensiva e subsidência (fase geossinclinal).
- 2) Fase orogenética inicial - Subsidência e sedimen-

tação localmente aceleradas, sendo a sedimentação do tipo 'Flysch' (caracterizada principalmente por grandes espessuras de grauvacas, dispostas em leitos de extensão considerável em área, e ritmicamente dispostos; são admitidos como sendo formados por correntes de turbidez periódicas). Relacionam-se a lombos submarinos, em parte, já aparecendo sobre o nível do mar. Atividade magmática intensa de caráter básico.

- 3) Fase orogenética principal - Dobramentos intensivos, intrusões e efusões magmáticas ácidas. Sedimentação tipo 'molasse' (sedimentos detríticos mais grosseiros enchendo depressões fechadas, locais). Elevação acima do nível do mar.
- 4) Fase pós-orogenética - Com movimentos isostáticos e atividades efusivas intermediárias e básicas [Fig. 16.5]." (p. 375)

No primeiro trecho "afundamento" e "variações de velocidade" fornecem a idéia de processo, portanto, de transformação. No segundo, tem-se a evolução das sucessivas fases orogenéticas que mostram a evolução do geossinclinal.

III.1C - A Coerência Interna

No que diz respeito à utilização dos três parâmetros nota-se que não são utilizados em conjunto, exceto nas situações isoladas onde o uso do atualismo foi identificado. Assim, a integração dos mesmos somente ocorre em situações isoladas, não sendo utilizadas no texto como um todo.

A associação dos parâmetros rochas/crosta e transformações pode ser reconhecida durante todo o texto, e aparece mais claramente no sub-item "Velocidade da formação de um geossinclinal", onde, ao tratar da relação espaço X tempo, é melhor desenvolvida a própria idéia de transformação.

A análise realizada permite confrontar, em LEINZ & AMARAL, a utilização (ou não) dos parâmetros, com a caracterização (ou não) desses mesmos parâmetros nos capítulos introdutórios, o que é feito no quadro a seguir.

Parâmetros	Caracterização nas Unidades Introdutórias		Utilização no conceito de Geossinclíneo
	Explícita	Implícita	
Binômio Rochas/Crosta	—	X	X
Atualismo	X	X	X
Transformações	X	—	X

Sim = X

Não = —

Assim, observa-se que LEINZ & AMARAL é coerente ao utilizar, no conceito de geossinclíneo, os parâmetros assumidos (explícita ou implicitamente) em seus capítulos iniciais. Note-se que essa coerência é manifestada para cada parâmetro individualmente, já que a utilização conjunta dos mesmos se dá, apenas, nas três vezes em que a utilização do atualismo foi identificada.

III.2 - ESCP

III.2A - Quadro Geral do Desenvolvimento do Conceito

No ESCP os itens que tratam dos geossinclinais ocupam 12 páginas (2,5 de ilustrações) em um total de 24 páginas (5 de ilustrações) do capítulo catorze, denominado "Montanhas surgidas do mar".

Observação da organização do conteúdo mostra ser o

capítulo catorze composto de duas grandes sub-unidades, a primeira tratando prioritariamente dos geossinclinais e a segunda dos padrões de movimento da crosta. Essa observação pode ser confirmada pelo exame do item "Ensinando o capítulo 14" (p. 464 - Guia do Professor - vol. 1). Conforme esse item, sob o título "Evidências de Geossinclinais" estão agrupados os itens 14.1, 14.2, 14.3 e 14.4 do livro do aluno, o que permite delimitar o desenvolvimento do conceito em exame. Note-se, ainda, que aspectos correlatos aos geossinclinais ocorrem em outros itens do mesmo capítulo, mas subordinados a seus respectivos conteúdos. Considerando-se, ainda, o conteúdo do capítulo, pode-se afirmar que seu título espelha fielmente o desenvolvimento das sub-unidades.

O item 14.1 apresenta a situação da descoberta das evidências que levaram James Hall à formulação do conceito que, posteriormente modificado, viria a designar um geossinclinal. É proposta uma investigação prática, onde os autores reúnem elementos (mapas, fotografias e questões) que orientam o leitor no sentido da re-construção do conceito. Ocorre que esta re-construção não depende apenas do leitor e do livro-texto em questão. Ela necessita da participação ativa do professor, no mínimo para as seguintes orientações: ajudar na interpretação das características das rochas nas fotografias (Fig. 14.2 do ESCP), assim como definir a escala espacial de algumas destas, e colaborar nas respostas das questões formuladas ao final do item.

Os demais itens examinados tratam do processo de formação do geossinclinal, dando prioridade à sedimentação, subsidência, soerguimento e deformação, sendo que um deles chama atenção para a possibilidade de geossinclinais estarem se formando atualmente.

Nesses itens há sempre citações ao trabalho de James Hall, assim como explicitação de referências a unidades anteriores procurando estabelecer relações desse capítulo com os demais — o que é uma das características do texto. Outra característica geral é a forma não-linear de desenvolvimento do conceito, ou seja, o conceito não é explicado de forma dissertativa/expositiva como nos compêndios tradicionais, mas construído com movimentos de vaivém que implicam na retomada de aspectos anteriormente tratados, e na preparação de condições para o que virá a seguir. A presença de questões fazendo parte do próprio corpo do texto desempenha papel importante nessa construção. Dentre os pontos positivos da existência dessas questões, destaca-se o fato de levar o leitor a refletir sobre o que está sendo tratado, ao mesmo tempo que é colocado frente ao desafio de respondê-las. Ocorre que nem todos estão habituados a trabalhar com textos assim construídos, de modo que as questões também podem funcionar como empecilho àqueles adaptados aos textos expositivos lineares (*). A destacar, ainda, o fato de que muitas perguntas exigem, de certa maneira, um nível de conhecimento do conteúdo que nem sempre é contemplado no próprio texto e necessitam da colaboração do professor.

Não há utilização constante de termos técnicos, e quando estes são empregados já foram esclarecidos anteriormente, ou o são imediatamente após seu uso. Acopladas ao conjunto dos itens examinados há, ainda, duas "Atividades" que se relacionam aos conteúdos tratados, além de estabelecerem relações a conteúdos de capítulos anteriores.

As ilustrações são adequadas ao texto, inclusive no que diz respeito à sua distribuição pelos capítulos. No caso

(*) São usuais observações feitas por alunos de que "o livro tem muitas perguntas e poucas respostas".

dos itens analisados ocorrem situações onde não há escala espacial em ilustrações (item 14.1). A figura 14-5 (p. 348 - ver Anexo 8) "Uma secção vertical de parte do geossinclinal apalachiano" não explicita tratar-se de uma reconstituição aproximada do paleoambiente, nem destaca que a secção é estimada. Acrescente-se que não há escala (horizontal ou vertical) nem indicação de sobrelevação (exagero vertical). Essa deficiência é parcialmente sanada com o desenvolvimento da "Atividade" da p. 350 (ver Anexo 8) que trata da escala (vertical e horizontal) de um geossinclinal.

Nas ilustrações da p. 346 (ver Anexo 8) há um certo conflito, já que o exemplo mostrado na figura 14.3 — um geossinclinal no Brasil — não aparece na figura 14.4 que mostra, no planisfério, a localização das cadeias montanhosas provindas de geossinclinais. Isto se deve ao fato da figura 14.3 ter sido incluída na Versão Brasileira — já que não existe na versão original — e da figura 14.4 ter permanecido conforme o original sem a inclusão do exemplo brasileiro.

Caracterizações históricas não são identificadas nos itens analisados, havendo referências constantes apenas ao formulador do conceito. É esboçada, em vinheta (ver Anexo 8) contextualização e caracterização da descoberta de J. Hall. Não é descrita a evolução do conceito e não se informa sobre seus principais formuladores. Na vinheta citada informa-se, também, que o trabalho de HALL "antecipou aquela que mais tarde viria a ser chamada de teoria geossinclinal da formação de montanhas". Outra referência à Teoria é encontrada, ao final do capítulo, no item "Questões e Problemas", sub-item "A", na seguinte questão: "Estabeleça as regras que governam o raciocínio que sustenta a teoria geossinclinal" (p. 363). Estas

são as únicas manifestações da obra sobre a Teoria, não esclarecem, entretanto, que ela redirecionou os trabalhos científicos em Geologia ao ser amplamente adotada. Na vinheta, a Teoria é reduzida aos aspectos de subsidência lenta em mares rasos, ou seja, se detêm em HALL. Os autores limitam-se a trabalhar com as primeiras formulações sobre geossinclinais. Isso parece uma opção deliberada pois eles priorizam aquilo que entendem serem os principais aspectos do processo: sedimentação, deformação e soerguimento.

O processo de desenvolvimento do geossinclinal aparece claramente construído, ficando a idéia bem delineada, mesmo em detrimento do aprofundamento do conceito. O magnetismo, por exemplo, não consta de qualquer dos itens examinados, à exceção de fotografias na figura 14.2 (ver Anexo 8). Ele vai ser tratado no item 14.6, associado a fenômenos correlatos, como ilustra o trecho seguinte:

"As faixas de terremotos, as fossas submarinas, os arcos insulares e os vulcões apresentam-se intimamente correlacionados quanto à localização geográfica. Haveria também algum tipo de associação entre eles e os geossinclinais? Já que o núcleo das montanhas originadas de geossinclinais apresenta rochas falhadas e dobradas, é razoável concluir-se que as atividades sísmicas acompanham as deformações nos geossinclinais. Se a crosta sofresse subsidência e compressão, estes movimentos poderiam resultar em fossas no assoalho oceânico. É possível que as fraturas nas camadas deformadas de um geossinclinal funcionem como caminho para os fluxos ascendentes de materiais vulcânicos.

Você deve lembrar-se que, ao desenvolver a Investigação 14.1, constatou evidências que sugeriam uma associação entre as atividades vulcânicas e os geossinclinais. Muitos vulcões atuais estão relacionados aos sistemas de arcos insulares." (p. 353)

A utilização do vulcanismo como processo correlato aos geossinclinais, não fazendo, necessariamente, parte deste processo pode ser demonstrada pela definição dos objetivos do capítulo, conforme o "Guia do Professor", onde podem ser localizados os seguintes objetivos:

- "Discutir o desenvolvimento de montanhas de origem geossinclinal através dos três estágios: deposição, deformação e soerguimento." (p. 463)
- "Explicar as possíveis relações entre cadeias vulcânicas, fossas submarinas, atividades sísmicas e evolução das montanhas de origem geossinclinal." (p. 463)

Pode-se perceber que o vulcanismo não aparece associado a qualquer estágio citado e é referido como "cadeias vulcânicas", situando-o, portanto, nas cadeias médio-oceânicas.

A citação anterior do livro do aluno que inclui o vulcanismo, ilustra a idéia de que os autores tomaram opções deliberadas na seleção e organização do conteúdo e na construção do texto, assim como, mostra a explicitação de relações nas unidades da obra.

III.2B - Identificação da Utilização dos Parâmetros

O binômio rochas/crosta se constitui na única referência explícita dos autores às esferas de materiais sólidos da Terra. Outra esfera material citada é a hidrosfera; há, ainda, referências à biosfera, quer sob formas atuais, quer sob formas pretéritas através dos fósseis. Os trechos a seguir, assim como os utilizados^(*) na identificação do uso dos

(*) Exceto parte do trecho relativo ao item 14.4.

outros parâmetros, ilustram essas observações.

"No capítulo anterior você viu o que acontecia aos sedimentos quando finalmente chegavam ao mar. Agora você irá investigar alguns aspectos do assoalho marinho e algumas atividades da crosta terrestre que se verificam tanto nas bordas dos continentes como nas profundezas do mar. A partir disto, você terá condições para formar uma idéia de como os sedimentos do fundo do mar podem vir a fazer parte das mais altas montanhas da superfície terrestre." (p. 342)

"Os fósseis foram achados em rochas que tinham se formado a partir de sedimentos marinhos ricos em organismos. Há cerca de 500 milhões de anos atrás estes organismos estavam na areia e na lama do fundo do mar, quando então foram cobertos e comprimidos por depósitos que chegaram a atingir diversos quilômetros de espessura.

Existem outras evidências de que rochas atualmente no alto das montanhas foram originalmente depositadas no mar? O que a estratificação (disposição em camadas) sugere? Estas rochas poderiam haver estado algum dia no fundo de uma bacia oceânica? Se você comparar alguns fósseis com certos animais atuais, encontrará diversas semelhanças. Qual a importância deste fato?" (p. 342)

Nos dois trechos destacam-se: referência nominal à crosta, assim como inúmeros de seus integrantes — continentes, sedimentos, montanhas, fósseis, bacia oceânica. Há, ainda, referências à biosfera (animais atuais) e hidrosfera (mar).

A utilização do atualismo se dá ao longo de todos os itens examinados, não ocorrendo, portanto, em situações isoladas.

No item 14.1 o atualismo é utilizado na combinação

de três partes: (a) descrição da descoberta de J. Hall; (b) desenvolvimento de atividade prática e (c) questões pós-atividade.

a) descoberta de J. Hall:

"Por volta de 1837, James Hall, geólogo pertencente ao Serviço Geológico do Estado de Nova York, ficou perplexo com a grande espessura de sedimentos típicos de águas rasas que encontrou a oeste desse Estado. Ficou intrigado também com as inexplicáveis variações na espessura de cada camada rochosa, bem como com o fato de algumas delas se apresentarem inclinadas apesar de terem sido originalmente depositadas em camadas horizontais ou aproximadamente horizontais." (p. 343)

b) a atividade consta da execução de um perfil geológico, para o qual são fornecidos: mapa com roteiro do perfil e locação de dez estações, espessura de duas unidades rochosas correspondentes à região do perfil a ser traçado, 12 fotografias correspondentes aos afloramentos das estações.

c) questões pós-atividade:

- "(1) Que evidências as fotografias mostram de que estes sedimentos são marinhos?
- (2) Baseando-se no perfil traçado, descreva a forma geral da bacia.
- (3) O que indicam as evidências observáveis na bacia?
- (4) Compare os tipos de rocha encontrados nas últimas estações com os encontrados nas estações iniciais. Como você explicaria as diferenças observadas?" (p. 345)

A situação presente é claramente caracterizada pelas

fotografias e pela disposição espacial das unidades rochosas após a construção do perfil, elementos esses que associados às respostas das questões pós-atividade, vão permitir a conclusão, entre outras, das características de mar raso durante a deposição dos sedimentos. Ocorre, portanto, a utilização do atualismo.

No item 14.2 selecionou-se o trecho a seguir, como exemplo do que ocorre no todo:

"Em todos os locais, nas áreas correspondentes às maiores espessuras, há evidências de que os sedimentos se depositaram em água rasa. Por exemplo, as rochas contêm fósseis parecidos com organismos atuais que vivem em águas pouco profundas. Elas também apresentam marcas onduladas, que são pequenos enrugamentos formados em águas rasas pela ação das ondas sobre os sedimentos." (p. 345)

Aqui a utilização do atualismo é perfeitamente clara: a associação dos fósseis aos organismos atuais e seu habitat permite a conclusão de uma das condições da sedimentação — águas rasas. A mesma conclusão é obtida pela associação de feições apresentadas por rochas antigas (marcas onduladas) com as condições no presente em que essas mesmas feições se formam nos sedimentos atuais.

No item 14.3 selecionou-se o trecho a seguir como exemplo do que ocorre no todo:

"No golfo do México e na costa leste da América do Norte têm sido depositadas grandes quantidades de sedimentos nas plataformas, taludes e elevações continentais. A costa do Golfo é uma grande bacia de deposição na qual estão acumulados cerca de 15 000 metros de sedimentos (...). Compare este va-

lor com a espessura máxima das camadas sedimentares estudadas por James Hall no Estado de Nova York. Você acha que, quando todos os sedimentos da Costa do Golfo se transformarem em rochas sedimentares, a es p^{ess}ura atual será mantida? Os sedimentos da costa leste da América do Norte e os da Costa do Golfo pos suem aproximadamente a mesma espessura. Estas áreas apresentam características de geossinclinal? Os geo sinclinais modernos adquirirão com o tempo as carac terísticas dos geossinclinais antigos? Você poderia prever com segurança se haverá algum dia uma cadeia de montanhas construída a partir dos sedimentos que hoje se acumulam ao longo do Golfo do México?" (p. 347)

Neste caso situações do presente são associadas a situações do passado, porém não o são com a finalidade de ex plicar o passado, mas sim esboçar uma possível previsão. Ocor re, então, a utilização do atualismo.

No item 14.4 selecionou-se o trecho a seguir como exemplo do que ocorre no todo:

"A DEFORMAÇÃO num corpo produz uma modificação na sua forma, no seu tamanho ou no arranjo das suas partes. Rochas que se apresentam inclinadas, quebra das, comprimidas ou distendidas sofreram deformação. Para identificar o tipo de deformação sofrida pela rocha, é necessário que você tenha uma idéia clara de qual era o seu aspecto anterior. Uma bola de fu- tebol cheia de ar, com alguém sentado em cima, pode ser descrita como estando ligeiramente achatada, por que você conhecia seu aspecto antes de haver alguém sobre ela. Entretanto, referir-se à bola de futebol americano como sendo UMA BOLA DE FUTEBOL COMUM de- formada seria absurdo porque ela já foi fabricada assim alongada." (p. 349 - grifos no original)

Aqui verifica-se o exemplo da bola de futebol ilus-

trando situação de associação presente/passado para aplicação nos casos de deformações das rochas, ocorrendo, assim, a utilização do atualismo.

A visão de transformação dos autores pode ser melhor caracterizada pela valorização que os mesmos dão aos processos; essa valorização, de certa maneira, se dá em detrimento dos produtos e sua descrição. Essa visão, que passa todos os itens examinados, é exemplificada no trecho a seguir:

"Como podem se acumular em águas rasas grandes espessuras de sedimentos? Você poderia concluir que o fundo do mar abaixou ou o nível de suas águas se elevou proporcionalmente à acumulação dos sedimentos. Tanto num caso como no outro, o mar manteria uma profundidade constante à medida que os sedimentos fossem se depositando.

Se você aceitar a segunda hipótese, precisará encontrar evidências de que o nível do mar se elevou de 13 000 a 14 000 metros em todos os lugares. Entretanto, os registros geológicos não indicam elevações do nível do mar tão grandes e nem mesmo algo semelhante.

Conseqüentemente o afundamento do assoalho marinho parece ser a explicação mais plausível para a grande espessura dos depósitos de águas rasas.

No caso de ser correta esta última hipótese, como você explicaria a força que provoca a subsidência da bacia? E o posterior soerguimento da crosta? Talvez pudesse ser causado pela liberação da força que estava provocando a subsidência. Todavia, nem a subsidência nem o soerguimento da crosta têm sido satisfatoriamente explicados." (p. 347)

Aqui a transformação é ilustrada pelo processo de subsidência. Primeiramente a questão foi formulada, esboçou-se duas hipótese e concluiu-se pela exclusão de uma delas.

Posteriormente colocou-se em questão alguns elementos da hipótese escolhida, seguindo-se as dificuldades para sua explicação.

III.2C - A Coerência Interna

No que tange à utilização dos parâmetros, observa-se, então, que os mesmos são sempre utilizados e o são em conjunto.

A análise anterior permite confrontar, para o ESCP, a utilização (ou não) dos parâmetros, com a caracterização (ou não) desses mesmos parâmetros nos capítulos introdutórios — o que é feito no quadro a seguir.

Parâmetros	Caracterização nas Unidades Introdutórias		Utilização no conceito de Geossinclíneo
	Explícita	Implícita	
Binômio Rochas/Crosta	—	X	X
Atualismo	X	—	X
Transformações	X	—	X

Sim = X

Não = —

Assim, observa-se que o ESCP é coerente ao utilizar, no conceito de geossinclíneo, os parâmetros assumidos (explícita ou implicitamente) em seus capítulos iniciais. Mais ainda: esses parâmetros são utilizados em conjunto, onde se destaca a utilização constante do atualismo. Esta utilização se dá de tal forma que pode ser considerada como integrante da própria estrutura do texto.

III.3 - CHIOSSI

III.3A - Quadro Geral do Desenvolvimento do Conceito

Em CHIOSSI os geossinclinais são contemplados no sub-item "Montanhas de origem tectônica" ocupando uma página do total de três (meia página de ilustrações), que compõem o item "Orogênese", sexto e último do capítulo onze, denominado "Elementos Estruturais das rochas" (22 páginas, sendo 12 de ilustrações).

O capítulo pode ser considerado associação de alguns aspectos estruturais das rochas: dobras, falhas, fraturas. O item "Orogênese" aparece deslocado no capítulo, tratando de montanhas, não havendo ligação mais estreita com o conteúdo mais amplo do mesmo. A extensão do sub-item é semelhante aos demais no mesmo capítulo. A extensão do capítulo (22 páginas) pode ser considerada intermediária, entre capítulos que oscilam de mais de 50 a menos de 15 páginas. Os dados expostos permitem considerar o sub-item tratado como de pequena importância no conjunto da obra.

A construção do texto do sub-item — essencialmente expositiva linear — é caracterizada por frases e parágrafos curtos, implicando em prejuízo do desenvolvimento do conceito, que aparece sob forma truncada.

No sub-item examinado, após pequeno parágrafo, onde são feitas algumas considerações sobre cadeia de montanhas e sua época de formação, o autor destaca, itemizando, características comuns dessas cadeias, onde predomina a citada forma truncada. Não há ilustrações nesse sub-item.

A única referência ao desenvolvimento histórico do conceito é a seguinte:

"Essas áreas estreitas e alongadas, de grandes subsidências, foram chamadas de 'geossinclinais' por Dana, em 1877." (p. 132)

Não há referências à "Teoria Geossinclinal".

Não há explicitação de relações do sub-item examinado com demais unidades da obra, apesar do autor utilizar-se de termos que serão explicados somente no capítulo seguinte, o que, de certa maneira, facilitaria o estabelecimento de relações.

III.3B - Identificação da Utilização dos Parâmetros

O binômio rochas/crosta se constitui na única referência explícita do autor às esferas de materiais sólidos da Terra. Outra esfera material citada é a hidrosfera; há, ainda, referência indireta à biosfera, através dos fósseis.

Quer se referindo ao geossinclinal ou à gênese das rochas não há dúvidas, no texto, sobre o predomínio do binômio rochas/crosta em relação à hidrosfera. O trecho a seguir, assim como os utilizados na identificação do uso dos outros parâmetros, ilustram essas considerações.

"Todas as grandes cadeias de montanhas formadas por dobramentos possuem certos característicos em comum:

1. Presença de grandes espessuras de sedimentos, atingindo às vezes 12 000 m.
2. Esses sedimentos são, em grande parte, marinhos, formadas em águas rasas e podem conter fósseis característicos.
3. Esses sedimentos estão atualmente dobrados, fraturados e elevados, acima do nível do mar.
4. Com esses dobramentos, há aparecimento de intru-

sões ígneas, produzindo vários graus de metamorfismo nos sedimentos.

5. Esses sedimentos dobrados apareceram em uma faixa relativamente estreita e alongada.

Os sedimentos podem atingir milhares de metros de espessura, apresentando, porém, características de águas rasas. Isso indica, portanto, que à medida que existia sedimentação, havia um abaixamento concomitante da região." (p. 131 e 132)

Destacam-se no trecho as referências aos sedimentos (componente da crosta), assim como processos neles desenvolvidos; as referências à hidrosfera e aos fósseis são bem mais restritas e de menor importância.

A possibilidade de utilização do atualismo aparece apenas em uma situação, que corresponde ao mesmo trecho anteriormente citado.

Nele, a situação presente é caracterizada pela referência:

"(...) esses sedimentos estão atualmente dobrados (...)"

ou seja, aqueles sedimentos de 12 000 m de espessura. Apesar da caracterização incompleta das particularidades daquele tipo de sedimento, estabeleceu-se ligação presente/passado permitindo concluir "que à medida que existia sedimentação, havia um abaixamento concomitante da região".

Na situação examinada ocorre, portanto, a utilização do atualismo.

No que diz respeito à idéia de transformação, nota-se que ela aparece em todo o sub-item, marcadamente sob a forma de citação e/ou descrição de processo. O trecho a se-

guir ilustra essas observações.

"A velocidade de afundamento de um geossinclinal é muito lenta.

Tomando como exemplo o geossinclinal dos Apalaches, temos 12 000 m de sedimentos depositados em 300 milhões de anos (do Cambriano ao Permiano Inferior), o que dá média de 1 m em 25 000 anos.

O último período de tectonismo é conhecido como 'alpino', o qual dobrou, fraturou, falhou e metamorfozou enormes espessuras de sedimentos que ocuparam geossinclinais, cuja posição geográfica era a das atuais grandes cordilheiras: Alpes, Himalaia, Andes e Montanhas Rochosas." (p. 132)

Destacam-se no trecho: o estabelecimento de relação espaço x tempo (com esclarecimento de referência para a velocidade) implicando em caracterização de processo; assim como as citações: "(...) dobrou, fraturou, falhou e metamorfozou (...)" referentes a outros processos, respectivamente: dobramento, fraturamento, falhamento e metamorfismo.

III.3C - A Coerência Interna

Em relação à utilização dos parâmetros nota-se que os mesmos são usados em conjunto apenas na situação em que é identificada a utilização do atualismo.

A associação dos parâmetros rochas/crosta e transformações pode ser identificada durante todo o texto.

A análise anterior permite confrontar, em CHIOSSI, a utilização (ou não) dos parâmetros, com a caracterização (ou não) desses mesmos parâmetros nos capítulos introdutórios, o que é feito no quadro a seguir.

Parâmetros	Caracterização nas Unidades Introdutórias		Utilização no conceito de Geossinclíneo
	Explícita	Implícita	
Binômio Rochas/Crosta	X	—	X
Atualismo	—	—	X
Transformações	X	—	X

Sim = X

Não = —

Assim, observa-se que CHIOSSI não é coerente, uma vez que utiliza no conceito de geossinclíneo o atualismo, parâmetro esse não assumido (explícita ou implicitamente) em seus capítulos introdutórios. Em relação aos demais parâmetros há coerência nesse autor já que os assume nos capítulos introdutórios, utilizando-os no conceito examinado.

III.4 - POPP

III.4A - Quadro Geral do Desenvolvimento do Conceito

Em POPP os itens relativos aos geossinclinais ocupam 3,5 páginas (2 de ilustrações) de um total de 6,5 (2 de ilustrações) que compõem o capítulo treze, denominado "Epirogênese e Orogênese - As Origens das Montanhas".

O capítulo pode ser subdividido em duas partes que correspondem à formulação do título: uma "Epirogênese", outra "Orogênese". Os itens relativos aos geossinclíneos estão situados ao final do capítulo, que pode ser considerado o último da obra. Esta consideração é interpretada a partir dos comentários do próprio autor que, no "Prefácio" da obra, assim se refere aos capítulos 14 e 15:

das ilustrações ao texto.

A localização dos itens (últimos do "último" capítulo) poderia permitir ao autor larga utilização de termos técnicos desde que estes fossem anteriormente esclarecidos. Porém, uma expressão no texto — "sedimentação molássica" — não possui referência anterior, estando, portanto, em situação de desconhecimento no conjunto da obra. Não há explicitação de relações dos itens examinados com demais unidades da obra.

Ao examinar-se a construção do texto, fica patente a forma expositiva linear com que o autor desenvolve os aspectos relativos ao conceito, o que é característica de toda a obra.

Em algumas situações a descrição é vaga e incompleta, como ilustra o trecho a seguir:

"O Geossinclinal é um conceito complexo que envolve uma série de fenômenos que vão desde uma região propícia a receber sedimentos no fundo do mar até o soerguimento desses sedimentos e sua transformação em cadeia de montanhas.

O geossinclinal está localizado, via de regra, próximo a uma região continental. Essa região, chamada antepaís ou plataforma, é palco de erosão e fornece material para o preenchimento do geossinclinal. A velocidade máxima desta sedimentação é cerca de 1 m em 30 000 anos. Sabe-se que no meio do geossinclinal a espessura dos sedimentos pode chegar até a 12 000 m, diminuindo rapidamente para as bordas."
(p. 194)

A descrição é caracterizada por frases curtas, algumas destas possuem relações entre si, outras não. A forma de frases curtas parece ser opção consciente, já que ocorre em toda a obra, aparentemente na tentativa de simplificar a apre

"Julgamos importante a inclusão de um esboço da geologia do Brasil e também um pequeno capítulo referente aos recursos energéticos, particularmente brasileiros, hoje em fase de intensa pesquisa e debate."

Examinando-se as relações dos conteúdos desses capítulos com os anteriores, pode-se perceber, nesses dois capítulos, características muito mais de Apêndices. Considera-se, portanto, que os geossinclíneos se constituem no conteúdo final da obra propriamente dita.

Os itens em questão ocupam pouco mais de 50% do capítulo o que caracteriza a importância que lhes é conferida pelo autor. Seu conteúdo é compatível com o conjunto do capítulo.

As ilustrações, compiladas de outros autores, com - portam duas páginas, sendo uma com 4 esquemas de estágios sucessivos do geossinclinal e outra com as legendas que se referem aos estágios. Note-se que essas ilustrações aparecem antes da parte de texto que a elas se refere, dificultando seu entendimento. Outras deficiências nas ilustrações são as seguintes:

- não possuem escala espacial, ou escala de tempo para referência;
- na seqüência de estágios do geossinclinal há dois símbolos sem qualquer correspondência nas legendas;
- alguns termos técnicos que fazem parte da legenda não são definidos;
- há dois símbolos que permitem confundí-los entre si;
- a legenda refere-se, por duas vezes, ao termo geossinclinal no gênero feminino. O texto usa o termo no gênero masculino.

É possível que parte das deficiências se devam a lapsos na adaptação, mas o fato é que prejudicam a adequação

sentação do conteúdo. Outra opção parece ser a de não incluir referências a aspectos históricos ou autores ligados à evolução do conceito em exame.

A obra tampouco se refere à "Teoria Geossinclinal", que redirecionou os trabalhos científicos em Geologia.

III.4B - Identificação da Utilização dos Parâmetros

O binômio rochas/crosta se constitui na única referência explícita do autor às esferas de materiais sólidos da Terra. Outra esfera de material citada é a hidrosfera.

Não há dúvidas, para o autor, acerca da maior importância do binômio rochas/crosta em relação à hidrosfera. Tal convicção se manifesta quando ele se refere, seja ao geossinclíneo, seja à gênese das rochas. O trecho a seguir, assim como os utilizados na identificação dos outros parâmetros, ilustram essas considerações.

"A subsidência do geossinclinal cria fenômenos correlatos, dos quais o magmatismo é o principal. A natureza desse magmatismo varia conforme a fase de evolução do geossinclinal." (p. 194)

No trecho acima as referências ao magmatismo (gênese de rochas magmáticas) e à subsidência (processo que ocorre na crosta), além de não haver qualquer referência à hidrosfera, caracterizam a importância do referido binômio.

A possibilidade de utilização do atualismo é identificada em dois trechos independentes entre si, a saber:

"A extensão das cadeias de montanhas é muito menor do que quando eram fundo do mar. Isto indica

que a crosta terrestre sofreu um deslocamento horizontal e um enrugamento." (p. 194)

"A subsidência não é contínua nem regular em um geossinclinal. Ao contrário, é lenta e irregular, isso se refletindo nas variações de fâceis (variedades litológicas), tudo indicando um sobe-e-desce contínuo intercalado por fases de sedimentação, seguidos de ausência de sedimentação, e mesmo erosão." (*) (p. 194)

No primeiro caso tem-se um aspecto do presente (extensão) associado ao mesmo aspecto no passado, assim como a conclusão decorrente dessa associação. Há que se considerar o caráter geral conferido ao aspecto extensão. O autor não revela a dimensão espacial a que se refere, tampouco em que se baseou para fazer essa afirmação sobre a extensão naquelas duas situações de tempo.

A relação presente/passado foi estabelecida, mesmo sem a apresentação de qualquer outro elemento que permitisse esclarecer a formulação da conclusão. Não obstante, há utilização do atualismo no primeiro trecho.

No segundo trecho a relação passado/presente pode ser inferida através da expressão: "(...) refletindo na variação de fácies (...)". Estima-se isso pela utilização do verbo 'refletir' em situações que caracterizam estarem as fácies sendo identificadas a partir de como ocorrem hoje. À semelhança do primeiro trecho, faltam elementos para melhor configurar a conclusão, qual seja, sobre as características da subsidência. Tais elementos poderiam ser fornecidos especificando-se as caracterizações das fácies e quais as informações que elas fornecem. Neste trecho, entretanto, ocorre utiliza-

(*) A grafia correta do termo usado no interior do trecho é "fácies" e não "fâceis".

ção do atualismo.

A idéia de transformação pode ser identificada quer como descrição de processos, quer como caracterização das sucessivas etapas que compõem um processo. Os trechos a seguir ilustram essas situações:

"A sedimentação do geossinclinal é feita em águas rasas independentemente da profundidade inicial do vaso que irá receber sedimentos. Sabe-se hoje que na medida em que ocorre a sedimentação há também uma subsidência mantendo o nível de águas raso. Tal fenômeno não se deve ao peso dos sedimentos, mas às características próprias do geossinclinal. Assim, por isostasia, a cada subsidência ocorre um levantamento do antepaís e recrudesce a erosão, logo, a sedimentação." (p. 194)

"A subsidência não é contínua nem regular em um geossinclinal. Ao contrário, é lenta e irregular nas variações de fácies^(*) (variedades litológicas), tudo indicando um sobe-e-desce contínuo intercalado por fases de sedimentação, seguidos de ausência de sedimentação e mesmo erosão.

Esse conjunto de características pode ser sintetizado pelas seguintes fases [Fig. 14.1 - I, II, III e IV]:

I - Fase pré-orogênica

É realizada em mar raso, com sedimentação terrígena e calcária intensiva e a correspondente subsidência; vulcanismo básico.

II - Fase orogenética inicial

Subsidência e sedimentação localmente aceleradas, sedimentação de 'flysch' (terrígena superior). Algumas partes já aparecem acima do nível do mar. Intenso vulcanismo básico.

(*) Ver rodapé da página anterior.

III - Fase orogenética principal

Dobramentos intensos, o magmatismo é agora de caráter ácido intrusivo. Terras já totalmente levantadas. É depositada a formação lagunar nas depressões restantes.

IV - Fase pós-orogenética

Atividades magmáticas intermediárias e básicas. Movimentos isostáticos, sedimentação molássica." (p. 194 e 195)

No primeiro trecho observa-se a descrição do processo com associação de subsidência e sedimentação. No segundo trecho têm-se as sucessivas fases que, para o autor, compõem o desenvolvimento do geossinclinal.

III.4C - A Coerência Interna

No que diz respeito à utilização dos parâmetros nota-se que são utilizados em conjunto somente nas duas situações onde é identificado o atualismo.

A associação dos parâmetros rochas/crosta e transformações é encontrada em todo o decorrer do texto.

A análise anterior permite confrontar, em POPP, a utilização (ou não) dos parâmetros, com a caracterização (ou não) desses mesmos parâmetros nos capítulos introdutórios, o que é feito no quadro a seguir.

Parâmetros	Caracterização nas Unidades Introdutórias		Utilização no conceito de Geossinclíneo
	Explícita	Implícita	
Binômio Rochas/Crosta	X	—	X
Atualismo	—	X	X
Transformações	X	—	X

Sim = X

Não = —

Assim, observa-se que POPP é coerente, uma vez que utiliza no conceito de geossinclíneo os parâmetros assumidos (explícita ou implicitamente) em seus capítulos iniciais. No te-se que essa coerência é manifestada para cada parâmetro individualmente, já que a utilização conjunta dos mesmos se dá apenas nas duas situações em que o uso do atualismo foi identificado.

IV - As Comparações entre as Obras

Considerando-se que o objetivo geral deste trabalho foi alcançado com o exame da coerência interna de cada obra, desenvolvido nos itens III.1C, III.2C, III.3C e III.4C deste capítulo, o presente conteúdo, de certo modo, demarca as conclusões propriamente ditas pois compreende a descrição da consecução do último objetivo específico do trabalho. Desenvolve-se neste item um movimento de afastamento, comparativamente à aproximação dos itens anteriores, pois as obras são vistas em conjunto.

As comparações das obras entre si, aqui apresenta - das, incluem a elaboração dos QUADROS 3 e 4 que ilustram o texto.

O QUADRO 3 apresenta as obras na mesma seqüência em que foram examinadas, discriminando para cada uma a assunção (ou não) dos parâmetros, assim como a forma (explícita ou implícita) da assunção, comparando-a à respectiva utilização (ou não) no interior do texto, no conceito de geossinclinal.

O QUADRO 4 apresenta as obras na mesma seqüência do anterior, discriminadas conforme a síntese sobre o uso dos parâmetros e dos elementos (ver sub-itens III.1A, III.2A,

QUADRO 3 - Caracterização (e sua forma) dos parâmetros nas unidades introdutórias e sua utilização no conceito de geossinclinal, discriminados por autor, e pelos parâmetros no respectivo autor.

OBRAS	PARÂMETROS	CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS UNIDADES INTRODUTÓRIAS		UTILIZAÇÃO NO CONCEITO DE GEOSINCLINAL
		EXPLÍCITA	IMPLÍCITA	
LEINZ & AMARAL	Binômio Rochas/Crosta	—	X	X
	Atualismo	X	X	X
	Transformações	X	—	X
ESCP	Binômio Rochas/Crosta	—	X	X
	Atualismo	X	—	X
	Transformações	X	—	X
CHIOSSI	Binômio Rochas/Crosta	X	—	X
	Atualismo	—	—	X
	Transformações	X	—	X
POPP	Binômio Rochas/Crosta	X	—	X
	Atualismo	—	X	X
	Transformações	X	—	X

Sim = X

Não = —

QUADRO 4 - Uso dos parâmetros, forma de desenvolvimento do conteúdo, uso de termos técnicos, explicitação de relações entre unidades e inserção na obra, forma de organização e extensão do conteúdo, ilustrações e aspectos relacionados à história do conceito ou à Teoria Geossinclinal, discriminados por autor.

Autores	USO DOS PARÂMETROS (binômio rochas/crosta, atualismo e transformações)	FORMA DE DESENVOLVIMENTO DO CONTEÚDO	USO DE TERMOS TÉCNICOS, EXPLICITAÇÃO DE RELAÇÕES ENTRE UNIDADES E INSERÇÃO NA OBRA
LEINZ & AMARAL	<ul style="list-style-type: none"> Usa os três parâmetros, sendo que o atualismo é usado em três momentos isolados. 	<ul style="list-style-type: none"> Expositiva linear. 	<ul style="list-style-type: none"> Os termos técnicos usados já foram caracterizados anteriormente, ou o são nessa unidade. Não são explicitadas relações com demais unidades da obra. Inserido no último capítulo da obra (16º)
ESCP	<ul style="list-style-type: none"> Usa os três parâmetros, em conjunto, ao longo de todos os itens examinados. 	<ul style="list-style-type: none"> Movimentos de vaivém, com estabelecimento de ligações entre conteúdos anteriores e conteúdos a seguir. Desempenha papel importante a existência de questões no corpo do texto, assim como de "Atividades", ambas solicitando a participação do leitor. 	<ul style="list-style-type: none"> Os termos técnicos são caracterizados nessa unidade ou já o foram anteriormente. Neste caso os autores explicitam o fato. Há explicitação de relações com demais unidades da obra. Inserido no 14º capítulo, em obra de 16 capítulos, no primeiro volume. Total de 26 capítulos em dois volumes.
CHIOSSI	<ul style="list-style-type: none"> Usa os três parâmetros, sendo que o atualismo é usado apenas uma vez. Apresenta a particularidade de não ter assumido (nem implicitamente) esse parâmetro nas unidades introdutórias. 	<ul style="list-style-type: none"> Expositiva linear, predominando frases curtas. 	<ul style="list-style-type: none"> Há termos técnicos que apresentam caracterização em unidades posteriores, sem que o autor chame atenção para o fato. Não são explicitadas relações com as demais unidades da obra. Inserido no capítulo 11, em obra de 19 capítulos.
POPP	<ul style="list-style-type: none"> Usa os três parâmetros, sendo que o atualismo é usado em dois momentos isolados. 	<ul style="list-style-type: none"> Expositiva linear, predominando frases curtas. 	<ul style="list-style-type: none"> Alguns termos são encontrados na legenda de figuras e não são caracterizados. Um termo no texto não possui qualquer definição. Não são explicitadas relações com demais unidades da obra. Inserido no 13º capítulo, em obra de 15 capítulos.

(continua)

QUADRO 4 - (continuação)

Autores	FORMA DE ORGANIZAÇÃO E EXTENSÃO DO CONTEÚDO	ILUSTRAÇÕES	ASPECTOS RELACIONADOS À HISTÓRIA DO CONCEITO OU À TEORIA GEOSINCLINAL
LEINZ & AMARAL	<ul style="list-style-type: none"> . Um item, com um sub-item. . 3,5 páginas; aproximadamente 20% do capítulo. 	<ul style="list-style-type: none"> . Duas, correspondentes ao total de uma página. . Não há escalas de espaço ou tempo. . Compiladas de outros autores. 	<ul style="list-style-type: none"> . São listados alguns autores, e datas, ligados às formulações do conceito. . Não há referências à Teoria.
ESCP	<ul style="list-style-type: none"> . Quatro itens, introdução e revisão do capítulo. . 12 páginas; aproximadamente 50% do capítulo. 	<ul style="list-style-type: none"> . Seis, correspondendo ao total de 2,5 páginas. . A maioria apresenta escala espacial. . Ilustrações próprias, sendo uma incluída na Versão Brasileira. 	<ul style="list-style-type: none"> . Detêm-se em Hall, primeiro formulador do conceito, chama atenção para a inserção do trabalho desse autor. Esclarece que ele antecipou aquela que viria a ser chamada "Teoria Geossinclinal".
CHIOSSI	<ul style="list-style-type: none"> . Um sub-item. . 1 página; aproximadamente 5% do capítulo. 	<ul style="list-style-type: none"> . Não apresenta. 	<ul style="list-style-type: none"> . Uma referência à DANA, autor que deu o nome ao conceito. . Não há referências à Teoria.
POPP	<ul style="list-style-type: none"> . Dois itens. . 3,5 páginas; aproximadamente 50% do capítulo. 	<ul style="list-style-type: none"> . Uma, correspondente a duas páginas. . Não há escalas de espaço ou tempo. . Adaptada de outro autor. 	<ul style="list-style-type: none"> . Não há referência a aspectos históricos sobre o conceito. . Não há referências à Teoria.

III.3A e III.4A) que permitiram os comentários sobre o interior dos livros, aqui sintetizados e agrupados sob as seguintes designações: forma de desenvolvimento do conteúdo; uso de termos técnicos, explicitação de relações entre unidades e localização da unidade no conjunto da obra; forma de organização e extensão do conteúdo; ilustrações; aspectos históricos do desenvolvimento do conceito e da Teoria Geossinclinal.

Com base nos itens anteriores deste mesmo capítulo, e sínteses representadas pelos quadros anteriormente referidos, apresentam-se, comparativamente, as obras em estudo.

LEINZ & AMARAL, ESCP, CHIOSSI e POPP utilizam, no conceito de geossinclinal, os três parâmetros (binômio rochas/crosta, atualismo e transformações) caracterizados a partir das unidades introdutórias. Essa observação é válida para uso dos parâmetros um a um, mas não o é para o uso conjunto dos parâmetros, como será demonstrado adiante. Note-se que nenhuma das obras, em seus capítulos iniciais, se refere, de modo explícito, a todos os parâmetros, conforme pode ser observado no QUADRO 3.

Apenas CHIOSSI não se propôs, na "Introdução" de sua obra, utilizar o parâmetro sobre o método mais geral em Geologia — o atualismo. Entretanto, utiliza o atualismo, embora em uma única oportunidade, no desenvolvimento do conceito de geossinclinal, o que permitiu caracterizar sua não-coerência interna.

LEINZ & AMARAL, ESCP e POPP, caracterizam os parâmetros nas unidades introdutórias (mesmo implicitamente) e os utilizam nos respectivos itens e/ou sub-itens examinados. Estas obras, portanto, apresentam coerência interna.

A utilização do atualismo marca as principais diferenças entre as obras no que diz respeito aos parâmetros:

CHIOSSI utiliza-o uma única vez; LEINZ & AMARAL e POPP usam-no em situações isoladas no texto, três e duas vezes, respectivamente; o ESCP incorpora-o à própria estrutura do texto, ao longo dos itens examinados. destaca-se, assim, a forma diferenciada da utilização feita pelo ESCP.

A utilização das transformações e do binômio rochas/crosta, se dá em todas as obras nos diversos momentos.

O binômio rochas/crosta é a única referência explícita, feita pelas obras, às esferas sólidas dos materiais terrestres. As demais esferas referidas são a hidrosfera e a biosfera, esta principalmente sob forma pretérita através dos fósseis. As referências ao binômio rochas/crosta são explicitadas quando os autores citam-nas diretamente, se reportam a processos e/ou feições que ocorreram (ou ocorrem) na crosta e nas rochas, ou se referem à gênese das rochas.

A hidrosfera é citada principalmente através dos mares e oceanos.

A biosfera pretérita é citada através da menção aos fósseis, sendo POPP o único autor que não lhe faz referências. O ESCP é o único que se refere à biosfera dos tempos atuais.

Nos itens e/ou sub-itens examinados não há explicitação de referências ao manto da Terra. Apenas LEINZ & AMARAL e ESCP se referem a ele quando, em unidades posteriores às examinadas, tratam das supostas forças responsáveis pelo desencadeamento dos processos de subsidência e soerguimento de geossinclinais, ou estabelecem ligações destes com os terremotos. Os demais autores não esboçam qualquer referência ao manto da Terra.

O atualismo é utilizado por analogia presente-passado. Porém não é clara, nos textos, a elaboração dos procedi-

mentos que permitiram, aos autores das obras, a obtenção das suas conclusões com a aplicação do método. O ESCP é exceção à observação anterior, pois além de estabelecer ligações pre presente-futuro, é também o único que explicita o desenvolvimento do raciocínio que permite a obtenção de suas conclusões.

Nas obras, as principais formas de manifestação das transformações são descrições, ou referências, a processos e caracterização de sucessivas etapas (ou fases) de um mesmo processo.

Examinando-se a utilização conjunta dos três parâmetros, nota-se que a diferenciação entre as obras é marcada pela utilização do atualismo. Assim, em CHIOSSI a utilização conjunta ocorre em uma única oportunidade, ocorre duas vezes isoladas em POPP, três vezes isoladas em LEINZ & AMARAL, e sempre — ao longo de todos os itens examinados — no ESCP.

Em relação à forma de desenvolvimento do conteúdo é possível agrupar as obras de LEINZ & AMARAL, POPP e CHIOSSI por apresentarem a forma expositiva linear. Acrescente-se que em CHIOSSI e POPP a exposição é caracterizada por frases curtas. Distinguindo-se das demais obras, o ESCP desenvolve o texto em movimentos de vaievém, onde conteúdos anteriormente apresentados são retomados ao mesmo tempo em que se preparam condições para a introdução de novos conteúdos, o que implica várias interligações na própria obra. A forma diferenciada do ESCP apresenta, também, como parte integrante do próprio texto, a particularidade do uso de perguntas que, associadas à utilização de atividades práticas, solicita a participação do leitor.

A utilização de termos técnicos e a explicitação de relações com demais unidades da obra permite, também, discriminações entre os livros examinados. Assim, no ESCP a utili-

zação de termos técnicos é vinculada à caracterização dos mesmos. Quando isso não ocorre, os autores remetem o leitor ao item da obra que os define. A explicitação de relações é também facilitada pelas "Atividades", que se utilizam de conteúdos e/ou processos já tratados; os autores chamam atenção também, quando determinados aspectos do texto serão melhor tratados em unidades posteriores.

LEINZ & AMARAL já define os termos técnicos no momento de sua utilização caso não o tenha feito anteriormente. No conceito examinado só restaria definir os termos a ele diretamente ligados, em virtude do conteúdo se localizar no último capítulo da obra. Os autores não explicitam relações, no item e sub-item examinado, com as demais unidades da obra.

POPP cita um termo ("sedimentação molássica") sem qualquer referência na obra, o mesmo ocorrendo com termos usados numa legenda, conforme comentado adiante. Não há explicitação de relações dos itens examinados com demais unidades da obra.

Em CHIOSSI alguns termos utilizados no sub-item examinado são caracterizados apenas no capítulo seguinte, sem que o autor chame atenção para isso. Não há explicitação de relações do sub-item com demais unidade da obra.

Assim, LEINZ & AMARAL e o ESCP não descuidam de esclarecer os termos técnicos que utilizam. POPP apresenta expressões cujas referências não são encontradas no interior do texto e CHIOSSI antecede o uso de termos técnicos à sua respectiva caracterização.

ESCP é o único a explicitar relações entre a unidade examinada e demais unidades da obra.

A importância relativa do conceito de geossinclinal pode ser inferida pela extensão que os autores lhe dedicam,

tanto em valores absolutos quanto no conjunto do capítulo. Assim, POPP e ESCP dedicam aproximadamente 50% do capítulo ao conceito. Ocorre que no ESCP essa porcentagem corresponde a um total de 12 páginas, ao passo que em POPP ela significa 3,5 páginas. Acrescente-se que o ESCP dedica a outra metade do capítulo a temas correlatos aos geossinclinais. Além disso, o ESCP apresenta uma introdução e "Revisão do Capítulo" com referências aos geossinclinais.

Em POPP o conteúdo está organizado na forma de dois itens; no ESCP em quatro itens.

LEINZ & AMARAL dedica aproximadamente 20% do capítulo aos geossinclinais, organizando-os em um item com o sub-item, que corresponde a 3,5 páginas. Em CHIOSSI o conteúdo relativo aos geossinclíneos se encontra em um sub-item, correspondendo a aproximadamente 5% do capítulo.

Pode-se concluir que, entre as obras, o ESCP dedica maior importância que as demais ao conceito em questão. A menor importância é dedicada por CHIOSSI, ficando LEINZ & AMARAL e POPP em posições intermediárias.

As ilustrações relacionadas aos geossinclíneos, também permitem discriminações entre as obras: CHIOSSI não apresenta ilustrações; ESCP apresenta ilustrações próprias; LEINZ & AMARAL e POPP usam ilustrações produzidas por outros autores.

O uso de ilustrações de outrem parece acarretar problemas nas obras. Em primeiro lugar, não se mostram condizentes com os textos pois também desempenham papel de descrição de conteúdos não contemplados nos textos.

POPP dedica 3,5 páginas aos geossinclinais, porém duas são ocupadas por ilustrações (uma com esquemas e outra com legendas): o espaço dedicado às ilustrações de um item

supera o total dedicado ao texto em dois itens. O item "Desenvolvimento de um Geossinclinal" transmite a nítida impressão de ter sido escrito em função da legenda (ver Anexo 10), sintetizando, no máximo de três frases curtas, cada uma das quatro fases de um geossinclinal que aparecem nas ilustrações. Estas, adaptadas de BELOUSOV, contêm inúmeras informações e termos técnicos na legenda que não possuem qualquer referência no texto, assim como apresentam deficiências gráficas conforme já comentado (ver p. 177). Portanto, todo o potencial de uso da legenda original fica prejudicado em função da adaptação deficiente. Acrescente-se que a inexistência de escalas de espaço ou tempo dificulta qualquer referência para melhor aproveitamento do conteúdo tratado, tanto no texto quanto na própria ilustração.

Em LEINZ & AMARAL as duas ilustrações são compiladas de outros autores e não estabelecem relação orgânica com o próprio texto, pois quando este se refere às ilustrações é somente em relação a um pequeno aspecto delas. O conjunto esquema/legenda desenvolve conteúdo não contemplado diretamente no texto, as legendas são relativamente longas (ver Anexo 7) e explicitam o que ocorre com os esquemas apresentados; em uma delas apresenta termos técnicos e esclarece seu significado.

O ESCP, nos itens examinados, utiliza ilustrações próprias que possuem relações mais definidas e adequadas ao texto. Essas ilustrações, além de desempenharem o efetivo papel de ilustrar o desenvolvimento do texto, incluem a execução de atividade prática. A atividade do item 14.1 (ver Anexo 8) é usada como referência no desenvolvimento do conteúdo dos itens subsequentes.

A maioria das ilustrações no ESCP apresenta escala

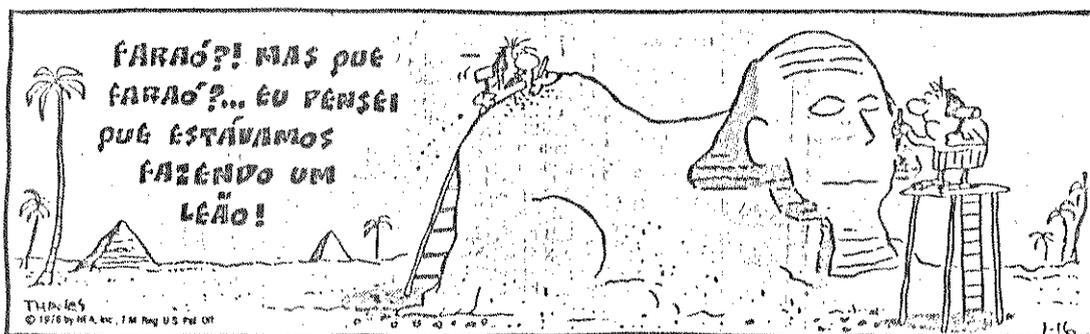
espacial. A inclusão de uma ilustração na Versão Brasileira acarreta inadequação (ver p. 162) à uma ilustração original.

Assim, no uso das ilustrações têm-se o seguinte quadro geral: são próprias e bem utilizadas no ESCP; produzidas por outrem e deficientemente usadas em LEINZ & AMARAL e POPP; não há ilustrações em CHIOSSI.

As preocupações com aspectos relacionados à história do conceito de geossinclinal podem ser assim resumidas: LEINZ & AMARAL cita quatro pesquisadores e datas das contribuições ao conceito sem atribuir-lhes maior significado, pois que não relaciona aos debates na comunidade geológica, ou mesmo às discussões travadas nos meios científicos das respectivas épocas; o ESCP refere-se à HALL, chama atenção para a inserção do trabalho desse pesquisador e, em vários momentos, mostra a existência de problemas não solucionados que são objeto de pesquisas atuais e que muitas questões ainda permanecem sem resposta (ver p. 195). CHIOSSI se refere a DANA como o autor que nomeou o conceito; não há qualquer referência em POPP.

Apenas o ESCP refere-se à Teoria Geossinclinal (ver p. 162).

Aqui as conclusões que não podem ser consideradas "propriamente ditas". Porém é necessário parar em algum momento. Fica, ainda, a dúvida sobre o caráter de conclusões que mostram aberturas de possibilidades, logo não são as "conclusões". Considerando que a consecução dos objetivos propostos no trabalho já foram apresentadas em capítulos anteriores, assim ...



CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES OU À GUISA DE ...

Conclusão. [Do lat. conclusionē]. S. f. 1. Ato de concluir; término. [Sin. (p. us.): concluimento]. 2. Fim, termo a conclusão de um estudo. 3. Epílogo, remate, fecho: a conclusão de um discurso. 4. Ilação, dedução: a conclusão de um problema. 5. Ajuste definitivo de um negócio. 6. Tese (1 e). (...) (FERREIRA, 1975); grifos no original.

O Levantamento livro didático permitiu, entre outros resultados (ver Cap. 2), identificar as obras mais utilizadas em Geologia Introdutória (GI) no País, ou sejam: LEINZ & AMARAL, ESCP, CHIOSSI e POPP.

Outro resultado obtido pelo Levantamento apenas confirmou conhecimento empírico da comunidade geológica brasileira: a importância da obra de LEINZ & AMARAL. Ela é a única, em GI, que abrange todos os universos de conteúdo (cf. TABELAS 4 a 8), alcança maior número de alunos, é a mais citada no referido Levantamento — predominando amplamente sobre as demais obras citadas.

Com primeira edição em 1961, LEINZ & AMARAL marcou, e marca ainda, a formação de sucessivas gerações de geólogos graduados no Brasil. Essa formação teve seu início com quatro cursos instalados em 1957. Então, de 1961 a 1973 — quando foi lançada a primeira edição da Versão Brasileira do ESCP —, LEINZ & AMARAL foi a única obra, das quatro aqui analisadas, editada no Brasil existente no mercado. Ainda hoje é a obra mais adotada nos cursos de graduação em Geologia (cf. TABELAS 5 a 8), mesmo concorrendo com obras mais recentes em lín

gua portuguesa e aqui editadas.

As semelhanças entre os conteúdos relativos a objeto de estudo, método, e objeto de investigação contido nas unidades introdutórias das obras examinadas tornou possível comparações entre as mesmas, apesar de uma delas se auto-definir como Geociências, e não Geologia, e outra ser destinada especificamente a um dos ramos aplicados dessa ciência — a Geologia de Engenharia. Assim, foi possível caracterizar as transformações, o atualismo e o binômio rochas/crosta, como os parâmetros respectivamente correspondentes a objeto de estudo, método e objeto de investigação em Geologia, consideradas as limitações (ver Cap. 3) nas definições dos mesmos, pelas obras examinadas.

Os conteúdos de "A visão sobre Geossinclinais conforme cada obra" e "As comparações entre as obras" (respectivamente itens III e IV do Capítulo 5) tornam inevitáveis comparações aos "Geossinclinais/Geossinclíneos" (Cap. 4), em especial sobre a Teoria Geossinclinal e o exemplo da Faixa de Dobramento Damara, desenvolvidos nesse último conteúdo.

São observações comuns às obras examinadas:

- a) o desenvolvimento dos conteúdos não reflete toda a complexidade do processo geossinclinal;
- b) referências limitadas quando do tratamento de aspectos históricos ligados ao conceito;
- c) desatualização dos conteúdos.

Os livros didáticos examinados, de certo modo, passam ao largo da questão implícita no Capítulo 4: "É possível generalizar um processo geossinclinal para explicar a origem das cadeias de montanhas formadas por dobramentos?"

Em aparente tentativa de simplificar a apresentação do conteúdo, os autores terminam por limitar o próprio conteúdo, assim:

- LEINZ & AMARAL cita três geossinclinais específicos, sem chamar atenção para suas particularidades nem as possíveis controvérsias no estabelecimento de seus modelos. Opta por resumir em quatro fases a evolução de um geossinclinal, o que implica na generalização do processo. Não esclarece se alguma(s) dessas fases pode(m) não estar presente(s), dependendo do modelo formulado no estudo de cada geossinclinal específico. Portanto, o processo é generalizado e simplificado;
- ESCP, ao final da segunda parte do capítulo (ver Anexo 8), sob o título de "Problemas não solucionados", esclarece:

"Embora o conceito de geossinclinal desenvolvido por James Hall já tenha mais de um século, ainda não é possível identificar um grupo de geossinclinais claramente definidos. Exceção feita ao geossinclinal apalachiano originalmente descrito por Hall, em todas as demais unidades identificadas como geossinclinais parecem estar ausentes uma ou mais feições importantes. Isto é especialmente verdadeiro para os chamados geossinclinais modernos. As incertezas envolvidas na identificação dos geossinclinais modernos indicam a necessidade de uma melhor compreensão dos processos relacionados aos geossinclinais. Muitas perguntas permanecem sem resposta." (p. 361)

Ao deixar claro que "ainda não é possível identificar um grupo de geossinclinais claramente definidos" e em seguida fazer referências ao fato de, à exceção dos Apalaches, os demais geossinclinais não apresentarem uma ou mais feições importantes, pode-se admitir que, no texto, os autores tratam desse geossinclinal; quando mais não seja pelo fato do trabalho de HALL, já citado no primeiro dos itens examinados, ter sido usado como ponto de partida para a

construção dos itens subsequentes e pelas sucessivas referências feitas aos Apalaches. Ocorre que os autores fazem inúmeras generalizações, inclusive dedicam um item para a questão "Estão se formando geossinclinais atualmente?", ou seja, há generalizações que incluem, entre outros aspectos, processos atuais de formação de geossinclíneos.

Conforme já observado (p. 164), o ESCP delibera não dar importância ao magmatismo no desenvolvimento dos geossinclinais. Seria o caso de se perguntar sobre a ocorrência desse processo nos próprios Apalaches. Assim, segundo LOCZY & LADEIRA (1976):

"A evolução dos atuais Apalaches abrange uma sucessão de fenômenos que estendem-se através de Precambriano Superior, Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico, os quais se repetiram várias vezes, tais como: desenvolvimento prolongado de pares geossinclinais ao longo das margens oriental e meridional da Região Central Estável; sedimentação, magmatismo intrusivo e extrusivo; dobramentos, falhamentos e metamorfismo; peneplanação, soerguimento generalizado e erosão diferencial." (p. 324; grifos deste autor)

A inexistência de referências ao processo de magmatismo, nos itens que tratam diretamente dos geossinclinais, no ESCP, prejudica o próprio desenvolvimento do conteúdo, pois, admitindo-se que os autores generalizam o processo, é inegável que, para eles, o magmatismo não é considerado como generalizável, isto é conflitante com os aspectos desenvolvidos no Capítulo 4 deste trabalho. Admitindo-se, porém, o tratamento específico dos Apalaches, há omissão de processo que neles ocorreu, conforme anteriormente demonstrado, sob as formas intrusiva e extrusiva. Note-se que, en

tre as obras, o ESCP é a única que não cita o magmatismo nos itens e/ou sub-itens examinados.

- Ao examinar-se, porém, dois dos objetivos do ESCP a serem atingidos pelos itens que tratam dos geossinclinais (p. 164) reconhece-se que eles foram plenamente atingidos;
- CHIOSSI cita cinco exemplos de cordilheiras que outrora foram geossinclinais, sendo quatro deles apenas para se referir à uma fase de grandes movimentações na crosta. Usa o exemplo dos Apalaches quando se refere à velocidade de afundamento de um geossinclinal. Opta por restringir a cinco as características de cadeias montanhosas dobradas, esclarecendo, posteriormente, que essas áreas vieram a ser chamadas geossinclinais; incorre, portanto, na generalização do processo. Não há referências a quaisquer particularidades de geossinclinais ou controversais entre seus modelos. Assim, o processo é generalizado e simplificado;
 - POPP cita vários exemplos de cadeias montanhosas sem esclarecer sua origem (geossinclinal ou não). Após se referir a seis analogias entre cadeias de montanhas, esclarece que elas derivam de um geossinclinal. Essas analogias, associadas à apresentação de quatro fases para desenvolvimento dos geossinclinais, caracterizam a opção do autor pela generalização do processo. A simplificação é observada pela inexistência de referências a tipos de modelos ou particularidades dos geossinclinais.

LEINZ & AMARAL, CHIOSSI e POPP definem-se claramente pela generalização do processo aparentemente sem questionarem qualquer outra possibilidade para o desenvolvimento do texto. O ESCP parece antever alternativa à generalização ao utilizar os Apalaches como referência básica no texto. Entretanto não explora essa cadeia montanhosa em todos os seus as

pectos; situa-se assim em postura intermediária, sem generalizar ou particularizar totalmente o processo geossinclinal.

As execuções das opções dos autores não se mostraram adequadas, como já demonstrado.

LEINZ & AMARAL é a obra que faz mais referências (quatro), a datas, autores e respectivas contribuições ao conceito de geossinclinal, o ESCP se prende a HALL; CHIOSSI cita DANA e não há referências, no desenvolvimento do texto, em POPP. A referência mais recente em texto ou ilustrações é a de BELOUSSOV (1962) — ilustração de POPP —, seguida por STILLE (1936) — em LEINZ & AMARAL. Como já foi observado neste trabalho (ver p. 192), essas referências não inserem os trabalhos sobre geossinclinais em qualquer discussão travada na comunidade científica, ao mesmo tempo que não lhes atribuem os devidos significados. Considerando-se a importância dos trabalhos de BELOUSSOV, nota-se que o aproveitamento de sua contribuição fica bastante limitada pela utilização que lhe dá a obra de POPP.

Caracteriza-se, assim, as limitações das obras em relação ao tratamento das questões históricas ligadas ao conceito de geossinclinal.

A simples comparação de "Geossinclinais/Geossinclíneos" com "A visão sobre Geossinclinais conforme cada obra" (respectivamente Capítulo 4 e item III do Capítulo 5) mostra que os livros didáticos apresentam-se desatualizados. O ESCP, de certa maneira, escapa à essa observação pois dedica uma sub-unidade do capítulo ao equacionamento de "Problemas não solucionados" (ver p. 361 do Anexo 8), dando a entender que há questões sendo pesquisadas.

Outro aspecto que reafirma essa desatualização é encontrado nas listagens bibliográficas das respectivas obras.

Assim, o ESCP apresenta como referências mais recentes o "Livro Básico de Geociências e Ciências Afins" (1970) do American Geological Institute, traduzido pela FUNBEC, e o "Glossário Geológico" (1971), de LEINZ & LEONARDOS; POPP apresenta a "Enciclopédia Brasileira". Geociências; Geologia (1972) do Instituto Nacional do Livro e "Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subseqüentes da Porção Oriental do Estado do Paraná" (1967) de BIGARELLA et all, no Boletim Paranaense de Geografia; LEINZ & AMARAL apresenta "Continental Drift" (1962), de RUNCORN e "Principles of Geodynamics" (1958) de SCHEIDEGGER; a única referência em CHIOSSI é a "Geologia Practica" (1958) de LAHEE.

Sintetiza-se, a seguir, características das obras e suas posturas diante do conceito e da Teoria Geossinclinal:

- LEINZ & AMARAL apresenta coerência interna; atribui importância ao conceito; generaliza o processo; na descrição incorre em simplificações e não se encontra atualizado. Limita os aspectos históricos ligados ao desenvolvimento do conceito e não se refere à Teoria Geossinclinal.
- ESCP apresenta coerência interna e atribui grande importância ao conceito. Na reconstituição do processo geossinclinal solicita a participação do leitor e alcança os objetivos que se propôs. Sua síntese oscila entre a generalização e o tratamento específico dos Apalaches. Essa indecisão prejudica o próprio conteúdo. Simplifica o conceito, não caracteriza seu desenvolvimento histórico e é a única obra que faz referências à Teoria Geossinclinal.
- CHIOSSI não apresenta coerência interna; atribui pequena importância ao conceito; generaliza o processo; na descrição incorre em simplificações e não se encontra atualizado. Cita um autor ligado à história do conceito e não se re

fere à Teoria Geossinclinal.

- POPP apresenta coerência interna; atribui pouca importância ao conceito; generaliza o processo; na descrição incorre em simplificações e não se encontra atualizado. Não se refere a aspectos históricos e tampouco à Teoria Geossinclinal.

Acredita-se que o desenvolvimento deste trabalho permitiu a consecução dos objetivos inicialmente propostos, especialmente ao tornar conclusiva a análise da coerência interna dos livros didáticos utilizados em Geologia Introdutória no Brasil e ao configurar acertada a hipótese de trabalho inicialmente formulada. Esta configuração é consubstanciada no fato de apenas uma obra, num total de quatro, não apresentar coerência interna. A não coerência foi identificada, nessa obra, na utilização de apenas um parâmetro, num total de três por obra. As demais obras apresentavam coerência interna para o total de parâmetros analisados.

Ao chamar atenção para cuidados a serem tomados na elaboração dessas obras, realçou aspectos que podem ser generalizados para livros didáticos no terceiro grau^(*), tais como: a importância dos textos conterem os conteúdos correspondentes a objeto, método e objeto de investigação da respectiva área do conhecimento, a forma de desenvolvimento do conteúdo, a explicitação de relações entre as várias unidades, a inserção do conteúdo no conjunto da obra e sua respectiva importância relativa, a utilização e função de ilustrações, e a apresentação de aspectos históricos ligados ao desenvolvimento dos conteúdos.

(*) Especialmente aqueles que apresentam uma visão abrangente da respectiva área do conhecimento.

Acredita-se, também, ter contribuído para a abertura de possibilidades de pesquisas que de certo modo são ante vistas nos próprios limites deste trabalho. Entretanto, ao examinar-se a presença (ou não) do binômio rochas/crosta, atualismo e transformações no conceito de geossinclinal, não estudou-se, concomitantemente, esses conteúdos associados às suas respectivas funções (objeto de investigação, método e objeto de estudo). Assim, configura-se a possibilidade das mesmas obras serem examinadas sob ponto de vista correlato ao aqui apresentado, qual seja, estudar-se também as funções ou conteúdos e funções.

As articulações, entre si, de conteúdos e funções, à luz da teoria do conhecimento de cada ramo específico da ciência, poderiam configurar diversas concepções de ciência. Essas concepções, caso identificadas em livros didáticos, per mitiriam melhor classificá-los, contribuindo nos critérios de seleção para uso pedagógico. Assim, configura-se a possibili dade de obras didáticas serem analisadas e classificadas, con siderando-se as próprias concepções de ciência por elas veiculadas.

O exame de conceito específico no interior das obras permite observar sua inserção e indícios de várias articula ções com o todo. Entretanto, tomando-se um conjunto de con ceitos e levando-se em consideração o público a que a obra se destina, poder-se-ia atribuir real significado para cada um dos conceitos (ou seu conjunto), já que não estariam sendo examinados individualmente, tal como feito neste trabalho. Assim, configura-se a possibilidade das obras serem examinadas a partir de um conjunto de conceitos de modo a se estudar a execução do plano geral de desenvolvimento da obra — — considerando-se a quem ela é destinada.

Restaria tecer comentários sobre a possibilidade de generalizar o processo geossinclinal para o exame da origem das cadeias montanhosas originadas por dobramentos, ou seja, a questão implícita no Capítulo 4.

No caso dos livros didáticos haveria necessidade de analisar-se o plano geral da obra e o local específico onde o conteúdo é inserido, verificar a importância que lhe é conferida pelo(s) autor(es), o público a que o texto se destina e examinar-se as características apresentadas sobre os geossinclinais para chegar-se a uma posição conclusiva. Entretanto, considerando as inúmeras particularidades e a complexidade de um geossinclinal (ver Cap. 4), assim como a importância do estudo de cada um no desenvolvimento do conhecimento geológico, este autor não acredita ser possível generalizá-lo.

Nota-se que o verbete no início do capítulo não espelha fielmente o conteúdo aqui apresentado, uma vez que as conclusões propriamente ditas foram sendo apresentadas ao longo do trabalho e a configuração de "fecho" aqui não se aplica pois o capítulo mostra abertura de novas possibilidades de estudos. Entretanto pode-se aceitar integralmente como um "ajuste definitivo de um negócio" deste autor consigo mesmo, assim como com as pessoas que lhe são próximas.

B I B L I O G R A F I A

1 - Obras Analisadas

- CHIOSSI, N. J. - 1975 - Geologia Aplicada à Engenharia.
Grêmio Politécnico, São Paulo, Brasil, 1ª ed. 427 p.
- ESCP (Earth Science Curriculum Project) - 1973 - Investigando a Terra. McGraw-Hill, São Paulo, Brasil, Vol. I. 447 p.
- _____ - 1976 - Investigando a Terra. McGraw-Hill, São Paulo, Brasil, Vol. II. 251 p.
- _____ - 1978 - Investigando a Terra - Guia do Professor. McGraw-Hill, São Paulo, Brasil, Vol. I, 573 p.
- _____ - 1978 - Investigando a Terra - Guia do Professor. McGraw-Hill, São Paulo, Brasil, Vol. II, 317 p.
- LEINZ, V. & AMARAL, S. E. do - 1980 - Geologia Geral.
Cia. Editora Nacional, São Paulo, Brasil, 8ª ed. 397 p.
- POPP, J. H. - 1979 - Geologia Geral. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro. 220 p.

2 - Bibliografia Geral

- ALBRITTON, C. C. Jr. - 1967 - "Uniformity, the Ambiguous Principle of the Uniformity of Nature". The Geological Society of America. New York, USA, p. 1 e 2.
- AMARAL, I. A. do - 1981 - O Conteúdo e o Enfoque dos Livros de Geologia Introdutória. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 259 p.
- AMARAL, I. A. do (Coord.) - 1978 - Guias Metodológicos para a aprendizagem de Geologia Geral. DME/FE/UNICAMP, Campinas, Brasil. 157 p.
- AMARAL, I. A. do e NEGRÃO, O. B. M. - 1981 - "Os livros-texto e sua adequação ao ensino de Geologia Introdutória no Nível Superior". In Teses ao Simpósio Nacional Sobre o Ensino de Geologia no Brasil. SBG, São Paulo, Brasil, Vol. II, pp. 235-245, vol. 189-268.

- AMARAL, I. A. do (Org.) - 1983 - Documento Final do II Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil/Currículo Mínimo. SBG, São Paulo. 73 p.
- AUBOIN, J. - 1965 - "Geosynclines". In Developments in Geotectonics 1. Elsevier Publishing Company. Amsterdam, Holanda. 335 p.
- BELOUSOV, V. V. - 1971 - Problemas Básicos de Geotectónica. Ediciones Omega, Barcelona, Espanha. 854 p.
- BEMMELEN, R. W. - 1961 - "The scientific character of Geology". In The Journal of Geology. Chicago, USA, vol. 69, nº 4, pp. 453-463.
- CAILLEUX, A. - 1964 - Historia de la Geologia. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 104 p.
- CONDIE, K. C. - 1984 - Plate tectonics & crustal evolution. Pergamon Press, New York, USA, 2ª ed. 310 p.
- CUNHA, C. A. L. S. - 1984 - "Onde Desenvolver o Conteúdo Geológico nos Currículos de 1º e 2º Graus". In I Jornada sobre o Ensino do Conteúdo Geológico nos 1º e 2º Graus. 35ª Reunião da SBPC, Belém (Pará), São Paulo, Brasil. Sociedade Brasileira de Geologia, pp. 42-43. 61 p.
- DANA, J. D. - 1873 - "On Some Results of the Earth's Contraction from Cooling including a Discussion of the Origin of Mountains and the Nature of the Earth's Interior". In American Journal of Science. New Haven, Connecticut, USA, 3 ser., 5.
- DOTT, R. H. Jr. - 1974 - "The Geosynclinal Concept". In DOTT, R. H. & SHAVER, R. H. - In Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication. Tulsa, Oklahoma, USA. 380 p.
- FERREIRA, A. B. de H. - 1975 - Novo Dicionário da Língua Portuguesa. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, Brasil, 1ª ed. 1499 p.
- GLAESSNER, M. F. & TEICHERT, C. - 1947 - "Geosynclines: A Fundamental Concept in Geology". In American Journal of Science. New Haven, Connecticut, USA, vol. 245, pp. 465-591.

- GONÇALVES, P. W. (Org.) - 1984 - I Jornada sobre o Ensino do Conteúdo Geológico nos 1º e 2º Graus. 35ª Reunião da SBPC, Belém, PA. Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, Brasil. 61 p.
- GOULD, S. J. - 1965 - "Is Uniformitarianism Necessary?". In American Journal of Science. New Have, Conecticut, USA, vol. 263, pp. 223-228.
- GRUZA, V. V. & ROMANOVSKIY, S. I. - 1975 - "The principle of actualism and logic in understanding the geologic past." In International Geological Review. Washington, USA, vol. 17, nº 2, pp. 167-174.
- HAGNER, A. F. - 1970 - "Aspectos filosóficos de las ciencias geológicas." In ALBRITTON, Jr., C. C. - 1970 - Filosofía de la Geología. Conpania Editorial Continental, México, pp. 295-305. 438p.
- HALLAM, A. - 1976 - Une Révolution dans les Sciences de la Terre. Éditions du Seuil. Paris, França. 184 p.
- _____ . - 1985 - Grandes Controversias Geológicas. Editorial Labor. Barcelona, Espanha. 180 p.
- HOLMES, A. & HOLMES, D. L. - 1980 - Geologia Física. Ediciones Omega, Barcelona, Espanha. 812 p.
- HOOYKAAS, R. - 1970 - Continuité et discontinuité en géologie et biologie. Collection Science ouverte aux éditions du Seuil. Paris, France. 365 p.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) - 1979 - Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, Brasil. 853 p.
- _____ . - 1985 - Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, Brasil. 759 p.
- JAIN, V. E. - 1980 - Geotectónica General. Editorial Mir. Moscu, URSS, 1ª ed., 2 volumes, 357 e 303p.
- KEDROV, B. M. - 1968 - "The Geological Form of Motion in Relation to Others Forms". In The Interaction of Science in the Study of the Earth. Moscow, URSS, pp. 127 a 154.
- KHAIN, V. Y. & SHEYNMANN, Y. M. - 1962 - "Hundredth Anniversary of the Geosynclinal Theory". In International Geological Review. Washington, USA, pp. 166-198.
- KITTS, D. - 1970 - "Teoria de la Geologia". In Filosofía de la Geologia. Conpania Editorial Continental, México, pp. 71-94. 438 p.

- KNAUER, L. G. - 1986 - Características de Geossinclinais e Plataformas. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da UNICAMP, Campinas, Brasil, mimeografado. 40 p.
- KUHN, T. - 1962 - A Estrutura das Revoluções Científicas. Editora Perspectiva, São Paulo, Brasil. 262 p.
- KULAIIF, Y. - 1984 - A Geologia, do Ponto de Vista do PEGL. Algumas questões epistemológicas. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da UNICAMP. Campinas, Brasil, mimeografado. 53 p.
- LAPEDES, D. N. - 1978 - Dictionary of Scientific and Technical Terms. McGraw-Hill, New York, USA, 2ª ed. 1771p.
- LEINZ V. & LEONARDOS, O. H. - 1977 - Glossário Geológico. Cia Editora Nacional. São Paulo, Brasil, 2ª ed. 239 p.
- LOCZY, L. de e LADEIRA, E. A. - 1976 - Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica. Edgar Blücher, São Paulo, Brasil. 528 p.
- LYEEL, C. - 1832 - Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the earth's surface, by reference to causes now in operation. John Murray, Londres, Inglaterra, vol. 1. 511 p.
- MARTIN, H. - 1983 - "Overview of the Geosynclinal, Structural and Metamorphic Development of the Intracontinental Branch of the Damara Orogen. A Critical Discussion". In Intracontinental Fold Belts. Ed. by H. Martin and F. W. Eder, Springer-Verlag, Berlim, RFA, pp. 473-502. 945 p.
- MARTIN, H. & EDER, F. W. - 1983 - Intracontinental Fold Belts - Introduction. Springer-Verlag, Berlim, RFA, pp. VII-XX. 945 p.
- OLIVEIRA; J. B. A.; GUIMARÃES, S. D. P. e BOMENY, H. M. B. - 1984 - A Política do Livro Didático. Editora da UNICAMP e Summus Editorial, Campinas, Brasil. 139 p.
- PASCHOALE, C.; FREITAS, H. C. L.; FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A. do e TESSLER; M. G. - 1981 - "A Geologia e a Escola de 1º e 2º Graus". In Teses ao Simpósio Nacional Sobre o Ensino de Geologia no Brasil, Vol. I, pp. 157 a 167. SBG, São Paulo, Brasil. 187 p.

- PICHON, X. Le; FRANCHETEAU, J. & BONNIN, J. - 1973 - Plate Tectonics. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Holanda. 300 p.
- PORADA, H. - 1983 - "Geodynamic Model for the Geosynclinal Development of the Damara Orogen, Namibia, South West Africa". In Intracontinental Fold Belts. Ed. by Martin and F. W. Eder. Springer-Verlag, Berlin, RFA, pp. 503-541. 945 p.
- PORTER, R. - 1980 - The Making of Geology: Earth Science in Britain 1660-1815. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra. 288 p.
- POTAPOVA, M. S. - 1968 - "Geology as an Historical Science of Nature". In Interaction of the Science in the Study of the Earth. Progress Publisher. Moscow, URSS, pp. 117-126. 323 p.
- PYNE, S. J. - 1978 - Methodologies for Geology: G. K. Gilbert and T. C. Chamberlin. ISIS, Washington, USA, vol. 69, nº 248, pp. 413-424.
- SCHNETZLER, R. P. - 1980 - O Tratamento do Conhecimento Químico em Livros Didáticos Brasileiros para o Ensino Secundário de Química de 1875 a 1978. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Educação da UNICAMP. Campinas, Brasil. 138 p.
- SIMPSON, C. G. - 1970 - "La Ciencia Histórica". In ALBRITTON, Jr., C. C. - 1970 - Filosofía de la Geología. Conpania Editorial Continental, pp. 39-94. 438 p.
- THUILLIER, A. F. - 1985 - "Histoire d'un mot: la 'Geologie' et ses avatars". In La Recherche. La Recherche, Paris, França, vol. 16, nº 168, pp. 942-945.
- TIKHOMIROV, V. V. - 1971 - "An attempt to analyze the development of Geology as Science. In International Geology Rewiew. Published American Geological Institute. Washington, USA, vol. 13, nº 1, pp. 22-29.
- TIKHOMIROV, V. V. & MALAKOVA, I. G. - 1984 - "Problems of Tectonics at the International Geological Congress". In Geotectonics. American Geophysical Union & Geological Society of America. Washington, USA, vol. 18, nº 1, pp. 1-6.

O trabalho agora é público e, conseqüentemente, as interpretações dos registros escrito e grafado não são de minha responsabilidade. Conforme a tabuleta na porta da sala do mestre Nabor Rüegg: "comunicação não é o que você diz, mas o que os outros interpretam do que você disse". Passa-se então à fase das críticas e sugestões.



(*) assino embaixo da segunda

A N E X O I

QUESTIONÁRIO UTILIZADO NO
LEVANTAMENTO LIVRO DIDÁTICO

Campinas, 14 de novembro de 1984

Prezado(a) Senhor(a):

A Área de Educação Aplicada a Geociências deste Instituto vem desenvolvendo um conjunto de pesquisas visando colaborar com a melhoria do ensino das disciplinas de conteúdo geológico no ensino superior.

Uma das pesquisas em andamento refere-se aos livros didáticos, sua utilização e abrangência no ensino da chamada Geologia Introdutória.

Nesta oportunidade gostaríamos de contar com sua colaboração direta ou através do(a) seu(sua) professor(a) de Geologia Introdutória (Elementos de Geologia ou Introdução à Geociências ou Geologia Geral ou Elementos de Geologia e Mineralogia ou Elementos de Geologia e Petrologia ou Elementos de Geologia e Paleontologia ou etc...) respondendo ao Questionário abaixo.

Agradecendo antecipadamente, reiteramos a V.Sa. nossos protestos de estima e consideração.

Ivan A. do Amaral
Coordenador da Área de Educação

- 1) Qual o nome do Curso onde se insere a disciplina de Geologia Introdutória?

- 2) Qual o nome da disciplina de Geologia Introdutória?

- 3) Essa disciplina tem duração:
 1 semestre 2 semestres 3 semestres 4 semestres
- 4) A carga horária semestral é _____ horas/aula.
- 5) Qual o livro didático que adota para os alunos dessa disciplina?
Nome: _____ Autor: _____
- 6) Quantos alunos são atendidos anualmente por essa disciplina? _____ alunos.

OBS: Caso haja disciplinas de Geologia Introdutória ministradas para diferentes Cursos, por favor responda a um Questionário para cada Curso.

Enviar correspondência para:

Ivan Amaral

Instituto de Geociências (Levantamento livro-didático) - Cx.Postal 6152

13.100 CAMPINAS - SÃO PAULO

A N E X O 2

RELAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR (IES) QUE POSSUEM DISCIPLINAS DE GEOLOGIA INTRODUTÓRIA

- Região Norte
- Região Nordeste
- Região Sudeste
- Região Sul
- Região Centro-Oeste
- Estado de São Paulo
- Cursos de Geologia

Região Norte

01 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE

Departamento de Tecnologia de Construção Civil

Cursos: Estradas e Topografia

Licenciatura em Ciências

Geografia

Região Nordeste

02 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (UFAL)

Centro de Ciências Exatas e Naturais

Departamento de Geologia e Topografia

Cursos: Biologia

Física

Geografia

Licenciatura em Química

Matemática

03 - CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES (Cajazeiras, PB)

Curso: Licenciatura em Ciências

04 - FACULDADE DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE BELO JARDIM (PE)

Curso: Licenciatura em Ciências

05 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

Departamento de Biologia

Curso: Licenciatura em Ciências

Região Sudeste

06 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA (MG)

Cursos: Geografia

Ciências Biológicas

- 07 - ESCOLA SUPERIOR DE AGRONOMIA DE LAVRAS (MG)
Departamento de Ciências do Solo
Cursos: Engenharia Agrônômica
Engenharia Agrícola
Engenharia Florestal
Zootecnia
- 08 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE ARAGUARI (MG)
Curso: Geografia
- 09 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Departamento de Geologia
Curso: Engenharia Civil
Biologia
- 10 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Centro Tecnológico
Departamento de Estruturas e Edificações
Curso: Engenharia Civil
- 11 - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS - PUC-MG
Curso: Engenharia Civil
- 12 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Curso: Engenharia Civil
- 13 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DO NORTE DE MINAS
Cursos: Licenciatura em Ciências
Licenciatura em Geografia
- 14 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE SETE LAGOAS (MG)
Curso: Licenciatura em Ciências
- 15 - FEDERAÇÃO DAS FACULDADES CELSO LISBOA (RJ)
Faculdade de Ciências
Cursos: Licenciatura em Ciências
Habilitação em Matemática
Habilitação em Biologia

16 - INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS, LETRAS E ARTES DE TRÊS
CORAÇÕES (MG)

Curso: Licenciatura em Ciências

17 - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRRJ

Departamento de Geociências

Cursos: Licenciatura em Ciências

Habilitação em Biologia

Habilitação em Física

Habilitação em Matemática

Habilitação em Química

Licenciatura em Ciências Agrícolas

Região Sul

18 - FUNDAÇÃO FACULDADE DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E LETRAS DE
IRATI (PR)

Curso: Licenciatura em Ciências

19 - FUNDAÇÃO FACULDADE ESTADUAL DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E
LETRAS DE PARANAGUÁ (PR)

Curso: Licenciatura em Ciências

20 - UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO (RS)

Instituto de Ciências Exatas e Geociências

Cursos: Licenciatura em Ciências

Biologia

21 - FUNDAÇÃO UNVIERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - FUEL (PR)

Cursos: Ciências Biológicas

Agronomia

Geografia

22 - UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

Centro de Ciências Exatas

Cursos: Biologia

Matemática

- 23 - FUNDAÇÃO FACULDADE ESTADUAL DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE GUARAPUAVA (PR)
Cursos: Licenciatura em Geografia
Licenciatura em Ciências
- 24 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE CACHOEIRA DO SUL (RS)
Cursos: Licenciatura em Ciências
Engenharia Agrícola
- 25 - FACULDADE DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E LETRAS DE CASCAVEL (PR)
Curso: Licenciatura em Ciências
- 26 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE CRUZ ALTA (RS)
Curso: Licenciatura em Ciências
- 27 - FACULDADES UNIDAS DE BAGÉ (RS)
Curso: Licenciatura em Ciências
- 28 - FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE SÃO GABRIEL (RS)
Curso: Licenciatura em Ciências
- 29 - FUNDAÇÃO FACULDADE ESTADUAL DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE CORNÉLIO PROCÓPIO (PR)
Cursos: Licenciatura em Ciências
Habilitação em Biologia
- 30 - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA (PR)
Departamento de Geociências
Cursos: Licenciatura em Ciências
Bacharelado em Geografia
- 31 - FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DO NORTE CATARINENSE
Faculdade de Ciências e Letras
Curso: Licenciatura em Ciências
- 32 - FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE CRICIÚMA (SC)
Curso: Licenciatura em Ciências

33 - FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DO SUL DE SANTA CATARINA

Curso: Licenciatura em Ciências

34 - FACULDADE DE CIÊNCIAS E PEDAGOGIA DE LAGES - FACIP (SC)

Curso: Licenciatura em Ciências Naturais

35 - CENTROS INTEGRADOS DE ENSINO SUPERIOR DE IJUÍ (RS)

Curso: Licenciatura em Ciências

Região Centro-Oeste

36 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Instituto de Química e Geociências

Cursos: Licenciatura em Ciências

Geografia

Estado de São Paulo

37 - FACULDADE DE ENGENHARIA (São Paulo, SP)

Curso: Engenharia Civil

38 - UNIVERSIDADE ESTADUAL JULIO DE MESQUITA FILHO - UNESP

Campus de Botucatu

Cursos: Licenciatura e Bacharelado em Biologia

Departamento de Engenharia Civil (Pereira Barreto)

Curso: Engenharia Civil

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (São José do Rio Preto)

Departamento de Geociências

Cursos: Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas

Campus de Ilha Solteira (Pereira Barreto)

Curso: Agronomia

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Jaboticabal)

Departamento de Solos e Adubos

Curso: Agronomia

Instituto de Planejamento e Estudos Ambientais (Presidente Prudente)

Curso: Geografia

Instituto de Geociências e Ciências Exatas (Rio Claro)

Cursos: Biologia

Ecologia

Geografia

39 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar

Cursos: Licenciatura em Química

Licenciatura em Matemática

Licenciatura em Física

Licenciatura em Ciências Biológicas

40 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE SÃO BERNARDO DO CAMPO

Cursos: Licenciatura em Química

Bacharelado em Química

41 - FACULDADE DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA DE ARARAQUARA

Curso: Engenharia de Agrimensura

42 - FUNDAÇÃO PAULISTA DE TECNOLOGIA

Escola de Engenharia de Lins

Curso: Engenharia Civil

43 - UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Curso: Engenharia Civil

44 - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola de Engenharia de São Carlos

Curso: Engenharia Civil

45 - UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ - UNITAU

Departamento de Agronomia

Curso: Agronomia

46 - INSTITUIÇÃO MOURA LACERDA (Ribeirão Preto)

Cursos: Engenharia Civil

Licenciatura em Ciências

- 47 - SOCIEDADE UNIVERSITÁRIA DE SANTOS
Cursos: Ciências e Tecnologia
Engenharia Civil
- 48 - FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DE ARARAS
Cursos: Licenciatura em Ciências
Habilitação em Biologia
- 49 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE SOROCABA
Curso: Licenciatura em Ciências
- 50 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE SANTOS
Cursos: Licenciatura em Ciências
Geografia
- 51 - FACULDADES DO CARMO
Curso: Licenciatura em Ciências
- 52 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE BATATAIS
Curso: Licenciatura em Ciências
- 53 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS MINISTRO TARSO
DUTRA (Dracena)
Curso: Licenciatura em Ciências
- 54 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE PRESIDENTE
WENCESLAU
Curso: Licenciatura em Ciências
- 55 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE ITAPETININGA
Curso: Licenciatura em Ciências
- 56 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE TIBIRIÇÁ
Curso: Licenciatura em Ciências
- 57 - FACULDADES FRANCISCANAS - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS
E LETRAS DE ITATIBA
Cursos: Licenciatura em Ciências
Matemática

- 58 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE PENÁPOLIS
Curso: Licenciatura em Ciências
- 59 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE SANTO ANDRÉ
Curso: Licenciatura em Ciências
Habilitação em Química
- 60 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS HEBRAICO-BRASILEIRA RENASCENÇA
Curso: Licenciatura em Ciências
- 61 - FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE GUARULHOS
Curso: Ciências Biológicas

Cursos de Geologia

- 62 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
Departamento de Geologia
- 63 - UNIVERSIDADE ESTADUAL JULIO DE MESQUITA FILHO - UNESP
Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro
- 64 - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRRJ
Departamento de Geociências
- 65 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPa
Centro de Geociências - Departamento de Geologia
- 66 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRS
Instituto de Geociências
- 67 - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
Departamento de Geologia

A N E X O 3

UNIDADES INTRODUTÓRIAS DA OBRA

"GEOLOGIA GERAL"

DE LEINZ & AMARAL

A ELABORAÇÃO DESTA TRABALHO teve a finalidade de preencher, pelo menos parcialmente, uma lacuna que se vem observando de há muito em nosso meio.

Os princípios gerais de Geologia, desta ciência interessante e que tanto se tem desenvolvido de um século a esta parte, têm sido relegados a um plano secundário no Brasil, a não ser muito recentemente, graças à importância para nós do petróleo, do ferro, da água subterrânea, etc. As jazidas petrolíferas presentemente conhecidas no País ainda são de pouca monta, mas a esperança de novas descobertas tem estimulado, sem dúvida, o estudo da Geologia.

O que se tem escrito, entre nós, sobre Geologia Geral, com o fim de se difundirem noções fundamentais, é muito pouco. Neste século somente quatro compêndios foram publicados, todos de difícil aquisição por já estarem esgotados. Citá-los-emos em ordem cronológica: há mais de quarenta anos apareceu um pequeno livro chamado *Geologia Elementar*, de C. BRANNER, o primeiro texto de nível científico surgido entre nós. Posteriormente publicou-se ainda a obra póstuma de Betim PAIS LEME, *História Física da Terra*, de grandes traços. A seguir, a grande obra de Avelino Inácio de OLIVEIRA e O. H. LEONARDOS, *Geologia do Brasil*, já esgotada há anos e, finalmente, nos últimos anos, *Geologia Estratigráfica*, de D.

GUMARÃES. Com isto enumeramos praticamente todas as obras ligadas à Geologia Geral, de caráter original e de nível superior, constituindo, o conjunto destes trabalhos, uma bibliografia muito limitada. Apesar do grande ufanismo, pouco conhecemos deste grande país, Brasil, do ponto de vista da Geologia Econômica e ainda menos da Geologia Geral. Mas o interesse para o campo da Geologia e para as ciências da terra está despertando, não só nos círculos governamentais e econômicos como principalmente na nossa juventude universitária.

A *Geologia Geral* que ora apresentamos, além de proporcionar conhecimentos fundamentais aos interessados e estudiosos, vem ampliar os conhecimentos que se podem adquirir nos compêndios acima citados, com contribuições mais atualizadas. Os estudantes brasileiros têm sido obrigados até agora a aprender em livros de língua estrangeira e, principalmente, de termos não-específicos do Brasil.

Procuraremos, assim, ajudar a organizar uma Geologia Geral baseados tanto quanto possível em exemplos brasileiros, em boa parte originais. Também no arranjo e ajuste dos assuntos tentamos encontrar soluções que mais se aplicassem às condições geológicas do Brasil. No uso da terminologia seguimos o *Vocabulário Geológico*, de LEINZ e MENDES, e tentamos uniformizar a termi-

Prefácio da 8.^a edição

O presente prefácio constitui a repetição *ipsis literis* do prefácio da edição anterior, tendo-se em vista a continuidade dos trabalhos de revisão, atualização, correção e melhoria do texto. Assim sendo, esta nova edição da *Geologia Geral* vem mostrar que o estudo das ciências geológicas em nosso País prossegue num ritmo intenso, tal a rapidez com que se esgotaram as edições anteriores. Este fato é altamente auspicioso para aqueles que se interessam pelo amadurecimento intelectual do nosso povo, pois reflete a curiosidade científica da juventude universitária, seja por parte dos futuros geólogos, seja pelos estudantes para os quais a Geologia representa uma ciência auxiliar. Nos dias de hoje, o conhecimento geológico já se tornou imprescindível ao nosso País, nos mais variados ramos tecnológicos, tanto na sua aplicação direta, que o geólogo desempenha, como na complementação às funções exercidas pelo engenheiro, pelo agrônomo, pelo geógrafo e outros.

Diversas melhorias foram introduzidas em alguns capítulos, além da atualização de

vários dados referentes ao consumo de combustíveis. Muitas ilustrações foram modificadas, outras suprimidas por já se encontrarem superadas, e outras ainda foram acrescentadas.

Os Autores, juntamente com a Companhia Editora Nacional, externam os seus sinceros agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo substancial apoio financeiro destinado à melhoria das ilustrações, sendo assim possível a elaboração de novos desenhos e a obtenção de novas fotografias que tanto melhoraram a presente obra. Agradecem ainda, o trabalho do Prof. Dr. Othon Henry LEONARDOS, grande amigo, que com boa vontade leu e criticou a presente obra na sua íntegra.

Os Autores aproveitam a oportunidade para apresentar congratulações à Companhia Editora Nacional pela divulgação da cultura, em geral, que o povo brasileiro vem recebendo dessa entidade.

VÍKTOR LEINZ
SÉRGIO E. DO AMARAL

nologia geológica nascente entre nós. O texto é condensado, mas pensamos completá-lo com as inúmeras ilustrações que o acompanham. Numerosas falhas porventura existentes são naturais num empreendimento pioneiro deste gênero.

A Geologia é uma ciência complexa e elevada, à qual a Matemática, a Astronomia, a Física, a Química e a Biologia vêm trazer seus respectivos subsídios. Não se infere daí que o geólogo é um conhecedor profundo dessas matérias, mas sim que deve conhecer os seus fundamentos, utilizando-se mais dos efeitos que das causas dos fenômenos relativos àquelas ciências. Eis um exemplo: a Meteorologia (ramo da Física) estuda minuciosamente os ventos, nas suas causas, classificações e efeitos sociais, às vezes desastrosos para o homem diretamente, ao passo que a Geologia se interessa quase exclusivamente pelos seus efeitos sobre as rochas.

Resta-nos agradecer a todos que nos ajudaram nesta tarefa, quase todos colegas do Departamento de Geologia e Paleontologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras

da Universidade de São Paulo, como os Professores Doutores Ruy Osório de FREITAS, Reinholt ELLERT e Alfredo J. S. BJORNBERG; ao Prof. Dr. Milton E. do AMARAL, pela leitura e correção do texto; à geóloga Brigitte SALLENTIEN, pela ajuda na organização; a D. Dirce de ABREU, secretária do Departamento, pela dedicação incansável, e ao desenhista Antônio MONTE na execução dos inúmeros desenhos. Aos membros da Campanha de Formação de Geólogos do Ministério da Educação e Cultura, como os Professores Doutores Jurandir LODI, Avelino I. de OLIVEIRA, O. H. LEONARDOS e S. Fróis ABREU, pela ajuda financeira e pela grande obra de estimular ao máximo o desenvolvimento das ciências geológicas. E por fim, mas não por último, à Companhia Editora Nacional, por mais esta obra dedicada à cultura brasileira.

VIKTOR LEINZ
SÉRGIO E. DO AMARAL

São Paulo, 30 de junho de 1961.

INTRODUÇÃO

Subdivisão e histórico da geologia

As ciências geológicas certamente originaram-se das civilizações mais antigas, que sofriam os efeitos dos terremotos, observavam as atividades dos vulcões, contemplavam o trabalho incessante das ondas e dos mananciais de água, e sem dúvida sentiam-se curiosos pela explicação de tudo aquilo que viam. Observavam, igualmente, as conchas marinhas no alto das montanhas, os minerais de formas regulares e geométricas, e assim as observações aos poucos se foram avolumando e, com elas, os problemas relativos à Terra em que vivemos.

Muito embora neste último século tenha sido considerável o progresso do conhecimento dentro do âmbito da Geologia, são muitos os problemas ainda a serem resolvidos, mormente os que dizem respeito às forças que soerguem ou que amarrotam vastos trechos da crosta terrestre. Outros problemas provavelmente permanecerão para sempre no domínio das hipóteses e da especulação, tal seja, o da origem da Terra e do Universo. Por outro lado, com o aumento geométrico da demanda dos produtos da terra, o conhecimento e o trabalho de pesquisa sobre a crosta terrestre nos seus mais variados aspectos vêm aumentando em proporções talvez paralelas.

Assim é que a procura do petróleo, do carvão mineral, dos minérios metálicos e não-metálicos exige o conhecimento porme-

norizado dos processos de sua formação, do tipo de rochas relacionadas, da época em que se teriam formado, e ainda o conhecimento da quantidade provável existente. Não menos importante é a Geologia no âmbito da Engenharia, sobretudo na construção de túneis, barragens, nas fundações que deverão suportar grandes cargas, e também, no estudo dos deslizamentos por vezes catastróficos, que podem sepultar grandes áreas e que dependem da natureza do solo e das suas condições de estabilidade.

Subdivisão da Geologia. — O termo Geologia vem do grego *ge*, que significa terra, e *logos*, palavra, pensamento, ciência. A Geologia, como ciência, procura decifrar a história geral da Terra, desde o momento em que se formaram as rochas até o presente. Um conjunto de fenômenos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos compõe o seu complexo histórico. Distinguímos dois aspectos nesta ciência: a Geologia Geral e a Geologia Histórica.

A *Geologia Geral* ou *Dinâmica* é o estudo da composição, da estrutura e dos fenômenos genéticos formadores da crosta terrestre, assim como do conjunto geral de fenômenos que agem não somente sobre a superfície, como também em todo o interior do nosso planeta. Duas diferentes fontes de energia agem sobre a crosta terrestre.

Uma delas provém do Sol, que age direta ou indiretamente. Graças a esta fonte de energia é que se esculptura a superfície do globo, constantemente modificada pelas águas e ventos, acionados pela energia solar. A este conjunto de fenômenos dá-se o nome de *Dinâmica externa*. A segunda fonte de energia provém do interior da Terra, formando e modificando sua composição e estrutura. A *Dinâmica interna* trata destes fenômenos. Estas duas fontes agem independentemente, havendo, contudo, efeitos intimamente recíprocos entre ambas.

A *Geologia Histórica* estuda e procura datar cronologicamente a evolução geral, as modificações estruturais, geográficas e biológicas ocorridas na história da Terra. A seqüência e a cronologia dos acontecimentos é evidenciada pelo estudo da estratigrafia. A paleogeografia tenta sintetizar a configuração dos continentes e dos mares do passado, assim como a distribuição pretérita da vida e dos climas. Assim, a Geologia Histórica relaciona-se ao tempo, à época, enquanto que a Geologia Dinâmica geralmente não cogita destes fatores.

A *Geologia Ambiental* consiste no estudo dos problemas geológicos decorrentes da relação que existe entre o homem e a superfície terrestre, assunto cuja importância vem crescendo dia a dia nestes últimos anos. As alterações do ambiente onde vivemos, provocadas pelas atividades humanas, extrapoladas para um futuro muito próximo, determinarão condições inadequadas à existência da raça humana. A agressão ao ambiente é múltipla, afetando os seres vivos e os inanimados. Assim é que a devastação das matas vem acelerando o processo da erosão, principalmente nas regiões de solo arenoso, o que vem acontecendo na Alta Sorocabana. São Paulo e no norte do Estado do Paraná, onde a erosão atinge uma média de 3cm por dia em certos locais. O prejuízo não se restringe à perda de solo arável e inutilização de vastas áreas, mas também afeta os rios e barragens para hidroelétricas, que vêm sendo assoreados rapidamente. Os processos

erosivos são também acelerados com as construções mal orientadas de estradas e cortes para edificações diversas. Com o aumento populacional verifica-se o aumento contínuo da poluição generalizada. O solo arável, a atmosfera, as águas dos rios, dos lagos, dos mares, e também a água subterrânea em certos locais, vêm sendo envenenados por diversos materiais, como inseticidas não biodegradáveis, herbicidas, detergentes, resíduos industriais, gases tóxicos, etc. Sendo íntima a relação dos seres vivos com a litosfera, os mencionados problemas são encarados pela geologia ambiental. Um dos problemas mais graves que a humanidade vem enfrentando diz respeito à água, cada vez mais carente e cada vez mais poluída, existindo estudos relacionados à sua movimentação subterrânea com a finalidade de se evitar a contaminação com resíduos industriais venenosos.

* * *

Histórico. — Desde que o homem aprendeu a se aproveitar das rochas e minerais, iniciou-se, no sentido lato, o estudo da Geologia. São interessantes as idéias dos antigos gregos, muitas vezes de pleno acordo com os conceitos atuais. Tais idéias demonstram, contudo, a falta da experimentação e pouca observação direta no campo, sendo o fruto da inteligência fértil e especulativa. Assim, TALES DE MILETO (636-548 a.C.), observando os depósitos fluviais da foz dos rios, opinava ser a água o agente formador de toda a Terra. ANAXIMENES (m. em 480 a.C.), na mesma época, atribuiu ao ar e HÉRACLITO (576-480 a.C.) ao fogo, a formação de todas as coisas. Tais idéias, certamente, originaram-se do ambiente em que viveram os sábios pensadores, ora impressionados com os vulcões, ora com o trabalho de deposição de grandes rios, como o Nilo, observado por TALES. ARISTÓTELES (384-322 a.C.) em sua obra *Meteorica* interpretou os terremotos como fenômenos produzidos por fortes ventos dentro da terra, graças ao calor do sol e ao

próprio calor interno da Terra. O escape de tais ventos produziria as erupções vulcânicas. Já ANAXIMENES os interpretava como desabamento de grandes blocos terra adentro. SÊNECA (ano 2-63 d.C.) explicava que a fricção produzida pelos ventos determinaria o aumento de temperatura, inflamando os depósitos de enxofre e outros combustíveis originando-se então os fenômenos vulcânicos. ESTRABÃO (63 a.C. — 20 d.C.), geógrafo do princípio da nossa era, reconheceu o Vesúvio como um vulcão dormente. Cita em suas obras o afundamento e ressurgimento de ilhas, reconhecendo muitas delas como vulcânicas. Melhores conhecimentos eram os relativos aos fenômenos da dinâmica externa. Assim, HERÓDOTO (484-425 a.C.) já reconheceu, há quase 2.400 anos, um delta formado pela sedimentação dos detritos do Nilo. Dizia ele que o Egito é uma dádiva do Nilo. Foi, sem dúvida alguma, além de historiador, um dos grandes geólogos da época em que viveu. Suas observações e anotações são ainda hoje consideradas como modernas. Além da descrição da topografia da região do baixo Nilo, tece observações sobre a litologia dos arredores do Egito e compara as rochas estudadas com as existentes nas pirâmides. ARISTÓTELES, por sua vez, revelava conhecimentos sobre a drenagem de certas áreas banhadas pelo Mediterrâneo, reconhecendo a importância das montanhas na condensação das chuvas e acúmulo das neves. Observou também fenômenos sobre a sedimentação no mar Negro. PITÁGORAS (séc. IV a.C.), após viajar 20 anos pelo Egito e ter conversado com vários filósofos persas, adquiriu vasto cabedal de conhecimentos geológicos. Afirmava que a terra se convertia em mar e vice-versa; indicou os fósseis existentes no alto das montanhas, sem, contudo, os interpretar e comentou a extinção e formação de fontes graças a terremotos, afirmando que os mesmos eram os responsáveis pela submersão da terra, exemplificando com as cidades de Hélice e Búris, na Grécia, com seus muros inclinados, sob o mar.

A abundância de fósseis existentes na região do Mediterrâneo chamou a atenção dos antigos, sendo interessantes as diferentes interpretações dadas à sua formação. HERÓDOTO interpretava os numulites encontrados nos calcários das pirâmides do Egito como lentilhas petrificadas, alimento usado pelos trabalhadores que construíram as pirâmides. XANTO DE SARDIS (500 a.C.), excepcionalmente, tinha idéias modernas, dizendo que os fósseis se formaram em regiões cobertas por antigos mares. ARISTÓTELES em seu tratado *De Respiratione* dizia que muitos peixes viveram na terra, podendo ser achados durante as escavações. Provavelmente tenha acreditado que tais peixes terrestres tivessem morrido e se transformado em fósseis. Na época cristã, havia quem os interpretasse como sendo rejeitos das primeiras tentativas da criação da vida por parte do Criador. Outros interpretavam como sendo formados por poderes do mal, cuja finalidade era lançar dúvidas e confusões nos dizeres da Escritura e, finalmente, havia os que afirmavam serem os fósseis a prova da existência do Dilúvio. São dignas de nota as idéias de EMPÉDOCLES (490-430 a.C.) por serem as primeiras sobre a seleção natural. Imaginava este filósofo os órgãos boiando ao acaso e, da união casual destes, teriam surgido os seres, sobrevivendo os mais aptos, resultantes de uniões mais felizes. Assim, imaginou, nesse caos inicial, cabeças, braços, criaturas com duas cabeças, dois peitos, bovinos com cabeças humanas, etc. A seleção natural teria eliminado as formas que não ocorrem hoje. Tal idéia parece ter provindo da observação de esqueletos de vertebrados achados junto a fósseis de cefalópodes e outros, comuns nas cavernas da Sicília, onde ele nasceu. EMPÉDOCLES morreu caindo no Etna, não se sabendo quais as causas que determinaram tal acidente.

Dos escritores dos tempos clássicos destaca-se CAIO PLÍNIO SEGUNDO, chamado PLÍNIO, o VELHO, que viveu nos primeiros anos da era cristã. Além de influente esta-

dista, foi um perspicaz observador da natureza, tendo viajado por grandes extensões da Europa e África. Sua obra *História Natural*, em 37 volumes, é uma valiosa compilação dos dados científicos até então conhecidos. Os cinco últimos volumes são dedicados ao reino mineral, onde trata também dos poderes mágicos atribuídos às pedras. PLÍNIO é denominado "O Primeiro Mártir da Ciência", pois morreu, sufocado por gases tóxicos e quentes do Vesúvio, no ano 79, ocasião em que observava das praias da baía de Nápoles a sua primeira explosão nos tempos históricos.

Durante toda a Idade Média parece ter sido pequeno o progresso das ciências geológicas. Merece ser citado o famoso filósofo e médico árabe, AVICENA (979-1073), profundo conhecedor da filosofia aristotélica. Em diversos tópicos referentes às ciências geológicas discorda de ARISTÓTELES, como na interpretação da origem dos meteoritos, que, segundo o filósofo grego, eram pedras providas da crosta terrestre, tendo sido lançadas aos céus, impelidas por fortes ventos. Discorda também dos alquimistas da época e também de ARISTÓTELES no que se refere à transmutação dos metais. Observa e estuda o fenômeno da diagênese em argilas, assim como a formação das estalactites calcárias, interpretando-as como solidificação da própria água. Procurou explicar a origem das montanhas em base da erosão diferencial produzida pelos ventos e pelas águas correntes das grandes enchentes. Atribui também aos terremotos violentos (que seriam causados pelos ventos subterrâneos) a formação de outros tipos de montanhas. Em meados do século XV, com o aparecimento do genial LEONARDO DA VINCI (1452-1519) muitas idéias são corrigidas e criadas. Entre elas, citaremos a origem correta dos fósseis, o papel da erosão na formação das montanhas e a origem dos rios. Inicia-se com ele a fase da observação de campo como principal fundamento das teorias até então especulativas, frutos da imaginação fértil dos antigos sábios.

Nessa mesma época aparece o primeiro grande vulto das ciências geológicas, que foi Geórgio AGRÍCOLA (1494-1555), médico nascido na Saxônia. Entre os diversos trabalhos geológicos que publicou, destacava-se *De Re Metallica*, tratado sobre a técnica da mineração e da metalurgia. Tal obra revela profundos conhecimentos constituindo uma grande contribuição aos estudos geológicos da época. Escreveu também o primeiro manual de Mineralogia, *De Natura Fossilium* (o termo fóssil antigamente era genérico), que lhe deu o nome de "Pai da Mineralogia". Com AGRÍCOLA surgem diversos conceitos modernos sobre a mineralogênese, assim como sobre a cimentação na formação de certas rochas. Entre estas distinguiu as de origem clástica e as resultantes da precipitação química. Acreditava que o calor interno da Terra fosse provocado pela combustão de substâncias carbonas no interior da crosta.

Nicolas STENO (1631-1687), a princípio médico e depois eclesiástico, foi um dos grandes nomes da sua época. Seu livro *De Solido inter Solidum Naturaliter Contento* estuda as rochas, versa problemas referentes à Geologia Física. Estratigrafia e trata da história geológica da Terra sob um prisma bastante moderno para a sua época. Reconheceu o fenômeno da perturbação das camadas não horizontais, interpretando como colapso das camadas. Disse da importância do lugar e da sua natureza geológica no estudo dos fósseis e foi o primeiro a apresentar, por meio de perfis, a evolução geológica de uma área, podendo ser considerado um dos pais da Geologia Histórica. Foi também o primeiro a verificar a constância do ângulo formado por faces idênticas dos cristais, formulando a idéia do crescimento dos cristais em meio líquido pela superposição de camadas.

W. G. LEIBNIZ (1646-1716), desenvolvendo as idéias cosmogênicas de René DESCARTES, escreveu *Protogae*, referindo-se a massas incandescentes de vapor, que dariam origem a um globo fundido, de cujo resfria-

mento resultou a crosta sólida, com grandes cavidades cheias de ar e água. O colapso de suas partes superiores teria originado os vales, e as montanhas representariam a parte mais rígida dessa crosta.

No século XVIII, Giovanni ARDUINO (1714-1795) deu novo impulso à estratigrafia, subdividindo o terreno segundo sua idade, em primário (classificando como tal o núcleo cristalino de sistemas montanhosos), secundário (camadas dobradas, ao redor do núcleo), terciário (camadas horizontais de arenitos, conglomerados e argilas, estratigraficamente superiores às camadas secundárias) e alúvio.

Nessa mesma época distinguiram-se como grandes contribuidores à Geologia os célebres naturalistas BUFFON (1707-1788) e CUVIER (1769-1832). O primeiro subdividiu a história geológica da Terra em sete grandes épocas, influenciado pelos ensinamentos da Sagrada Escritura. CUVIER, notável paleontólogo de vertebrados, explicava o desaparecimento de certos fósseis e as mudanças geológicas como sendo repentinas, catastróficas e repetidas. É interessante notar que muitas idéias antigas, tidas como absurdas, são retomadas e modernizadas após certos retoques. Assim, admitimos hoje a repetição cíclica, pulsátil, porém não catastrófica, de certos fenômenos geológicos.

O primeiro mapa geológico, da região norte da Inglaterra, foi elaborado por William SMITH (1769-1839), tendo baseado a subdivisão estratigráfica no estudo dos fósseis.

Com Abraham G. WERNER (1749-1815) e James HUTTON (1726-1797) as ciências geológicas tomam definitivamente a orientação moderna; ambos são considerados os pais da Geologia atual. WERNER, pertencendo a uma família tradicionalmente mineira, defendia a teoria denominada *Netunismo*, segundo a qual todas as rochas tinham o seu início num oceano de águas espessas e turvas que cobria a superfície da Terra. Os granitos teriam sido as primeiras rochas pre-

cipitadas dessa água primária, e as rochas vulcânicas se teriam originado pela refusão local de sedimentos preexistentes, fenômeno ocorrido nas regiões vulcânicas. HUTTON (nascido em Edimburgo) e sua escola, denominada *Plutonismo*, diziam ser o magma o agente formador das rochas sem desprezar, contudo, a água como agente formador de outras rochas. Reconheceu a importância geológica das discordâncias angulares e teceu considerações sobre a impossibilidade de ser reconhecido algum vestígio do início da história da Terra, pelo fato de as rochas mais antigas provirem de outras mais antigas ainda, já destruídas pela erosão.

A síntese geral dos conhecimentos geológicos até então adquiridos foi elaborada por Charles LYELL (1797-1875), que, graças às suas perspicazes observações, fruto de diversas viagens realizadas, não só generalizou como também amplificou a Geologia Física e a Estratigrafia. Desenvolveu a teoria do Atualismo, enunciada por HUTTON e K. A. v. HOFF, opondo-se portanto às idéias das catástrofes de CUVIER.

Outro grande enunciador da Geologia moderna e compilador dos conhecimentos geológicos gerais foi Eduard SUSS (1831-1914), que viveu até princípios do século atual. Esclareceu a história física da crosta e sintetizou a constituição geológica do globo terrestre na sua imortal obra *Das Antlitz der Erde*.

Com a criação de publicações geológicas periódicas em fins do século passado, como *Taschenbuch der Geologie und Geognosie*, mais tarde *Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde* na Alemanha, *The American Journal of Sciences* nos Estados Unidos da América, *Quarterly Journal of the Geological Society*, na Inglaterra, e com a fundação da Geological Society of London e da Société Géologique de France, cuja finalidade era o estudo em conjunto de problemas geológicos e a discussão de dados novos coletados, o incremento da Geologia foi progressivo, continuando a ser até hoje.

As ciências geológicas no Brasil iniciaram-se em fins do século XVIII com um trabalho de José Vieira COUTO, no qual, entre diversos problemas econômicos, é tratado o da mineração, já em fase de decadência. Em princípios do século seguinte distinguem-se os irmãos ANDRADA, tendo MARTIM FRANCISCO escrito *Diário de uma viagem mineralógica pela Província de São Paulo no ano de 1805* e seu célebre irmão, JOSÉ BONIFÁCIO, além de ter realizado diversos estudos geológicos no Estado de São Paulo, descreveu 10 minerais novos, durante sua estada na Europa, o que equivale a quase 1% da totalidade dos minerais conhecidos até hoje. Foi, sem dúvida, um dos maiores mineralogistas da sua época, tendo sido grande amigo do célebre naturalista A. von HUMBOLDT.

Tendo-se a corte portuguesa transferido para o Brasil, foram trazidos para o serviço real dois engenheiros de minas, os alemães W. L. von ESCHWEGE e F. A. VARNHAGEN. Foi o primeiro encarregado das pesquisas geológicas de Minas Gerais, visando principalmente a região aurífera, tendo sido VARNHAGEN encarregado da construção da Fábrica de Ferro de Ipanema, no Estado de São Paulo. Tornou-se célebre o *Pluto Brasiliensis*, escrito por von ESCHWEGE, versando sobre a nossa mineração, tendo sido notáveis a "minuciosidade e exatidão das suas observações e o critério das suas deduções", no dizer de O. A. DERBY.

Graças ao interesse científico da Imperatriz Leopoldina, vieram para cá os naturalistas J. E. POHL, von MARTIUS e J. B. SPIX, grandes contribuidores das ciências naturais em geral do Brasil. Na grande obra de POHL, *Reise im Innern von Brasilien*, existem diversas observações geológicas e litológicas válidas ainda hoje, sobre a geologia dos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso.

Em 1831 o célebre naturalista DARWIN aqui esteve e entre as várias observações geológicas que fez, a mais interessante foi

a de ter reconhecido a ilha Fernando de Noronha como sendo de natureza vulcânica.

Em 1875 foi criada a Comissão Geológica do Império do Brasil, cabendo a direção a C. F. HARTT, que primeiramente foi geólogo da expedição THAYER, chefiada por J. L. R. AGASSIZ, famoso cientista suíço que aqui veio a fim de estudar a ictiofauna da Amazônia. HARTT escreveu *Geology and Physical Geography of Brazil*, obra de grande valor para a época e ainda consultada atualmente. Deve-se a ele a vinda de O. A. DERBY e J. C. BRANNER, dois grandes e imortais vultos da Geologia brasileira. DERBY publicou 174 trabalhos de pesquisas, versando todos os setores das ciências geológicas, além da realização de pesquisas cartográficas e também históricas. BRANNER publicou cerca de 60 trabalhos sobre a nossa geologia, editou o primeiro mapa geológico do Brasil, estudou pormenorizadamente a ilha Fernando de Noronha e é o autor de *Geologia Elementar*, excelente livro-texto, elucidado com exemplos nacionais ao descrever e explicar os fenômenos geológicos abordados.

O conhecimento geológico do nosso País vem sendo bastante incrementado nestes últimos anos. O número de geólogos, que era de poucas dezenas, passou para cerca de 4.000 nestes últimos 15 anos, e vem crescendo uma razão de quase 400 por ano. Graças aos métodos modernos, como o de sensores remotos, bem como, graças às facilidades propiciadas pelas novas vias de penetração, a geologia no nosso meio acha-se cada vez mais bem conhecida. Cada ano que passa verifica-se consideráveis mudanças nos nossos conhecimentos. Entende-se como muito bem conhecida toda área com um levantamento geológico executado numa escala de cerca de 1:100.000, isto é, em que um fenômeno geológico pode ser representado com exatidão de até 100 metros. Cerca de 60% dos EUA e quase 100% da Alemanha são conhecidos nesta escala.

Finalizando este resumo histórico, não podemos deixar de prestar no a homena-

gem a alguns geólogos brasileiros pelos benefícios que fizeram às nossas ciências geológicas, como Luis F. GONZAGA DE CAMPOS (1856-1925), Eusébio Paulo de OLIVEIRA (1882-1939), P. FRANCO DE CARVALHO (1893-1940), Luis Flores de MORAIS REGO (1896-1940), Alberto Betim PAIS LEME (1883-1938), Matiar ROXO (1885-1954), Reinhard MAACK (1892-1969), Avelino J. OLIVEIRA (1891-1970), Sylvio F. ABREU (1902-1972), Djalma GUIMARÃES (1895-1974) e Othon Henry LEONARDOS (1899-1977).

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ADAMS, F. D., *The Birth and Development of the Geological Sciences*, The Williams & Wilkins, Baltimore, 1938.

BERINGER, C. C., *Geschichte der Geologie und des Geologischen Weltbildes*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1954.

BERTRAND, M., *Oeuvres géologiques*, Dunod, Paris, 1928.

CAMARGO MENDES, J., e S. Petri, *Geologia do Brasil*, Inst. Nac. do Livro, Minist. Ed. e Cull., Rio de Janeiro, 1971.

LEINZ, Viktor, "A Geologia e a Paleontologia no Brasil", in Fernando de AZEVEDO, *As ciências no Brasil*, vol. 1, Edições Melhoramentos, São Paulo.

LEONARDOS, O. H., "A Mineralogia e a Petrografia no Brasil", in Fernando de AZEVEDO, *As ciências no Brasil*, vol. 1, Edições Melhoramentos, São Paulo.

OLIVEIRA, A. I. e O. H. LEONARDOS, *Geologia do Brasil*, Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.

SEIDLITZ, W. von, *Der Bau der Erde und die Bewegung ihre Oberfläche*, Verlag von Julius Springer, Berlin.

A N E X O 4

UNIDADES INTRODUTÓRIAS DA OBRA
"INVESTIGANDO A TERRA"
DO ESCP

Título do Original

Investigating the Earth

Publicado por Houghton Mifflin Company, Boston, E.U.A.
Copyright © 1967 American Geological Institute

Adaptação autorizada, com direitos reservados para o Brasil, à FUNBEC
— São Paulo.

© 1973 Direitos cedidos à Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda. pela
Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências.

"Exceto quanto aos direitos dos mapas, materiais fotográficos e outros, reservados por terceiros, conforme estabelecido nos Agradecimentos deste livro, é concedida permissão, pelo detentor do "copyright", a qualquer pessoa, para fazer uso deste trabalho após 31 de dezembro de 1974, desde que a publicação que incorpore materiais cobertos pelo "copyright" faça menção ao mesmo e declare que a publicação não é endossada pelo detentor do "copyright". No exercício dessa permissão, cópias deste trabalho ou de trechos dele podem ser feitas após 31 de março de 1974, desde que somente sejam entregues ao público após 31 de dezembro de 1974."

FICHA CATALOGRAFICA

(Preparada pelo Centro de Catalogação-na-fonte,
Câmara Brasileira do Livro, SP)

169 v.1-	Investigando a Terra; versão brasileira. São Paulo, Mc. Graw-Hill do Brasil, 1973. v. ilust.
	Edição norte-americana preparada pela equipe do Earth Science Curriculum Project; adaptação para o Brasil da FUNBEC.
	1. Geologia 2. Terra I. Earth Science Curriculum Project. II. Fundação Brasileira para o Desenvolvi- mento do Ensino de Ciências.
73-0057	CDD-550

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências da terra 550
2. Geociências 550
3. Geologia 550
4. Terra: Geologia 550

1975

Todos os direitos para a língua portuguesa reservados pela
EDITORA MCGRAW-HILL DO BRASIL, LTDA.

Rua Tabapuã, 1105 SÃO PAULO ESTADO DE SÃO PAULO	Av. Rio Branco, 156 s/2614 RIO DE JANEIRO EST. DO RIO DE JANEIRO
Av. Afonso Pena, 748 s/1012 BELO HORIZONTE MINAS GERAIS	Av. Alberto Bins, 325 s/29 PORTO ALEGRE RIO GRANDE DO SUL

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

Apresentação

Ultimamente tem sido cada vez maior o número de educadores que vêm se preocupando com a elaboração de programas integrados de ciências. O *Investigando a Terra* (*Investigating the Earth*) é um dos resultados concretos dos esforços nesse sentido.

Em 1966 a idéia de Geociências já estava entre nós impulsionada pelo entusiasmo do professor Isaías Raw, então diretor científico da FUNBEC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências). Porém, as atividades que visavam a disseminação da idéia em nosso país só se iniciaram efetivamente em 1967, quando o professor Nabor Ricardo Rüegg, do Departamento de Petrologia da Universidade de São Paulo, assumindo a coordenação da área de Geociências no CECISP de Treinamento para Professores de Ciências do Estado de São Paulo, desenvolveu o primeiro curso de férias do *Investigando a Terra*. Os cursos de treinamento prosseguiram dentro e fora do Estado de São Paulo e o entusiasmo com que as centenas de professores o recebiam comprovaram a validade do novo programa.

A versão brasileira do "Investigating the Earth" não é uma simples tradução do texto original. A grande diversificação desse programa foi uma das maiores dificuldades para uma adaptação integral. Entretanto, sempre que necessário e possível, as situações e ilustrações foram transpostas para o Brasil ou, então, para o Hemisfério Sul, tornando-o mais adequado e interessante para o estudante brasileiro. Esse trabalho foi realizado pela Equipe de Geociências da FUNBEC, com a colaboração de diversos especialistas. O capítulo 20, por exemplo, foi quase totalmente adaptado pelo professor Fahad M. Arid, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São José do Rio Preto, que substituiu a história da evolução do continente norte-americano pela do continente sul-americano.

O projeto completo no Brasil está sendo apresentado em dois volumes, acompanhados dos respectivos Guias do Professor. O material de laboratório correspondente foi todo adaptado pela FUNBEC, em grande parte sob a forma de kits, tornando possível o desenvolvimento das investigações sistematicamente propostas no texto.

O primeiro volume engloba as duas primeiras unidades — A Terra Dinâmica e Os Ciclos Terrestres — e o segundo as duas últimas — A Biografia da Terra e a Terra no Espaço.

A Unidade I é uma espécie de apresentação de nosso planeta. Funciona como um alicerce para os temas desenvolvidos nas demais

unidades. Caracteriza a Terra como um planeta em constante transformação e fornece as bases dos mecanismos que propulsionam essas transformações.

A Unidade II passa a tratar diretamente da dinâmica terrestre, apoiada basicamente nos dois grandes ciclos terrestres: o da água e o das rochas. Com esta abordagem, reúne praticamente todos os principais fenômenos físicos que estão ocorrendo junto à superfície terrestre ou próximo a ela.

A Unidade III, após discutir o significado do tempo geológico e as maneiras utilizadas para medi-lo, trata das transformações, tanto no aspecto físico quanto no biológico, por que passou a Terra no decorrer do seu passado partindo das evidências indicativas daquelas transformações.

A Unidade IV procura situar a Terra dentro do contexto Universo, tanto em termos de espaço quanto tempo, partindo de suas relações com a Lua, ampliando gradativamente para o Sistema Solar, Via Láctea e, finalmente, o próprio Universo.

Resta fazer uma apreciação do papel desempenhado pelo Investigando a Terra em seus dois primeiros anos no Brasil. Nos meios universitários, ele atendeu a uma necessidade premente de renovação na área de Geologia Introdutória. Tem sido aplicado com sucesso tanto em cursos e licenciatura de 1.º e 2.º graus como cursos que visam a formação profissional no próprio campo da geologia.

Com um enfoque adequado não só à própria área de conhecimento a que se refere como também ajustado aos problemas ambientais emergentes de nossa época, o Investigando a Terra passou a constituir um instrumento extremamente valioso a todos que pretendam compreender tanto as idéias e princípios básicos das Geociências como os mecanismos que regem a dinâmica da natureza.

Prefácio da edição norte-americana

Gostaríamos de lhe dizer como surgiu este livro. Centenas de pessoas trabalharam mais de três anos na sua elaboração. Por que tanta gente esteve envolvida? Por que foi dispendido tanto tempo?

Os cientistas e os educadores que planejaram o INVESTIGANDO A TERRA desejavam que pessoas de diferentes especialidades participassem da sua preparação. Solicitaram a colaboração de diversos cientistas para que os princípios básicos dos vários ramos da ciência pudessem compor uma história real integrada do planeta Terra. Quiseram obter dos professores informações a respeito de como poderiam os jovens investigar e obter melhores resultados na aprendizagem. Quiseram também verificar as reações e opiniões a respeito do que interessaria aos estudantes e do que os ajudaria no seu aprendizado.

Inicialmente, um grupo de planejamento preparou o esboço de um livro de ciências baseado na história da Terra. Em seguida foram convidadas 40 pessoas, cientistas e professores, para escrever a primeira versão do livro. Astrônomos, geólogos, geógrafos, geofísicos, meteorologistas, oceanógrafos, pedólogos, educadores e professores dirigiram-se para Boulder, Colorado, a fim de preparar os originais do livro.

A primeira versão do INVESTIGANDO A TERRA foi enviada a 77 professores de diferentes escolas dos Estados Unidos. Durante o primeiro ano o livro foi usado por 7.500 estudantes. Semanalmente, os professores e os seus alunos enviavam comentários para a equipe do E.S.C.P. e, no verão seguinte, outro grupo de pessoas reuniu-se em Boulder para preparar uma segunda versão. Agora, as modificações feitas no texto foram baseadas nas reações dos professores e estudantes que estavam utilizando o livro. A segunda versão também foi avaliada em diversas escolas e envolveu milhares de estudantes. Novamente, os comentários de professores e alunos foram semanalmente coletados, estudados e usados na elaboração da terceira e última versão, durante a primavera e verão de 1966. Esta terceira versão é o livro que você está lendo agora. As inúmeras pessoas que tomaram parte na sua preparação esperam que seus esforços tenham produzido um livro capaz de tornar mais interessante a sua investigação da Terra.

O conteúdo deste livro poderá despertar-lhe uma série de novas questões. Você conseguirá responder sozinho uma grande parte delas, depois de observar e realizar as investigações. Outras dessas questões serão respondidas pelo próprio texto. Além disso, seu professor o ajudará a resolver algumas delas. Apesar de tudo, haverá sempre aquelas que não terão respostas. Ao ler revistas e jornais, você perceberá que existe muita gente procurando também respostas para essas mesmas perguntas. Milhares de pessoas, tais como cientistas, filósofos e professores estão constantemente indagando sobre o desconhecido.

Embora os princípios básicos se modifiquem lentamente, muitas das idéias apresentadas neste livro estão mudando rapidamente à medida que o homem amplia seus conhecimentos. Será interessante compreender e acompanhar esse progresso.

As pessoas que trabalharam no INVESTIGANDO A TERRA tentaram informá-lo a respeito de alguns dos aspectos importantes das ciências da Terra, deixando-o encontrar as respostas por si mesmo. Deste modo, elas esperam que você possa apreciar melhor as futuras descobertas e, talvez, participar de algumas delas.

RAMON E. BISQUE

ROBERT L. HELLER

INVESTIGANDO A TERRA — VOL. I

VERSÃO BRASILEIRA

Supervisão geral do Projeto:
Nabor R. Rüegg

Coordenação dos trabalhos:
Ivan A. do Amaral

Adaptação de
Arno Erichta
Paulo Eduardo Avanzo

com a colaboração de:
Arley B. Macedo
Luis Antonio Chieriegatti
Mariene Martins Viadanna

Colaboradores
estagiários do CECISP
Adolfo A. Pimentel
Alvanir R. Figueiredo
Amado Admar de Brito Mota
Ana Maria Lelis da Silva
Antonio Ramos
Fernando Spinola Palma
Lucila Eliza Lorenz Góes
Sonia Maria de Brito Mota
Vanda Junqueira
Yara Marçal de Mello
Wilson dos Santos

Tradução, Revisão e Redação Final
Desna Celoria
Ivan A. do Amaral
Lucinda Campbell

Ilustrações do ESCP, incluídas
nesta edição, por
Mário Eduardo Iervolino

Capa
Lay-out e arte final:
Nelson Cordeia
Valéria A. do Amaral

Desenho:
Ademir Fontana

Diagramação:
Paulo Lopes

Investigando a Terra

Prólogo

Como a Terra se originou, que modificações tem sofrido e no que irá se transformar? Nascida nas profundezas do espaço e do tempo e movendo-se no Universo durante bilhões de anos, a Terra propõe um número sem fim de questões desafiantes. Imagine que você nunca tenha estado na Terra e esteja vindo das profundezas escuras do espaço, dirigindo-se para a estrela denominada Sol. À medida que viajar pelo Universo muitas coisas despertarão sua curiosidade. De onde surgiram todas as galáxias com seus bilhões de estrelas? O que faz as estrelas brilharem? Permanecerão sempre tão brilhantes? Com tantas estrelas brilhando, por que o espaço é tão escuro?

À medida que você se aproximar do Sistema Solar, o brilho do Sol tornar-se-á ofuscante. Olhando do Sol, notará os planetas brilhando na luz solar, muitos deles com luas girando em torno de si. Como são essas luas e esses planetas?

O terceiro planeta a partir do Sol atrai sua atenção. Através de sua atmosfera pode-se ver uma superfície que parece uma colcha de retalhos claros e escuros. Você decide observar mais atentamente esse corpo estranho — o planeta Terra.

À medida que começa a diminuir a velocidade para a aterrissagem, mais e mais detalhes tornam-se claros, embora a Terra sempre se apresente parcialmente coberta por massas de nuvens. Aberturas entre as nuvens permitem uma visão das grandes áreas de terra e água. Você observa que os mares cobrem mais da metade da superfície terrestre. Então, por que esse planeta não se chama "Planeta Mar"?

Você percebe, também, que algumas massas de terra se dispõem como peças de um quebra-cabeça. Fariam parte de uma única área, no passado?

Chegando mais perto pode verificar que na Terra existem desertos, florestas e geleiras. Cadeias de montanhas cercam algumas áreas.

Finalmente, você chega à superfície sólida terrestre e começa a explorá-la. Ao redor de você, solo, rochas, vegetação, grandes rios e pequenos riachos, nuvens, sol e céu. Você se assombra com a grande beleza e variedade das coisas. A Terra parece ser muito mais complicada do que quando vista do espaço. Existe vida em toda parte: no ar, na água, na terra. À medida que o Sol se eleva no céu, você sente a importância dele na manutenção da vida das plantas e dos animais terrestres.

Olhando para cima você repara nas nuvens reunidas lá no alto. O ar começa a agitar-se enquanto o céu se torna escuro e ameaçador. Chove. Pequenos cursos de água se reúnem onde a terra estava seca poucos minutos antes. Você percebe que esses cursos carregam terra. Mas para onde?

Rio abaixo nota que a lama é depositada num pequeno lago. Você encontrou resposta para uma questão, mas outras novas surgem: o que acontecerá quando o lago estiver cheio de sedimentos? Se a chuva continuar a lavar os terrenos, quanto tempo eles irão durar?

A chuva terminou e o Sol reaparece. Você começa a perceber que investigar a Terra é encontrar solução para problemas e que, resolvendo um problema, freqüentemente seguem-se novas questões. Portanto, em Geociências, você investiga, descobre e caminha para novos problemas. A investigação sobre a Terra está longe do término. Qual a sua idade? De que é constituída? Qual a duração do solo? A Terra é como qualquer outro planeta do Universo? O que aconteceria com a Terra se o Sol parasse de brilhar?

A curiosidade sem limites do homem empurra-o para o desconhecido. Você poderá se entusiasmar tanto pelas coisas que irá aprender e investigar nesse livro, que talvez descubra em si mesmo algo novo: a necessidade de pesquisar.

Qual é o modo mais eficiente de investigar o mundo em que vivemos? É o uso do potente telescópio mostrado na figura 1? Ou do submarino com o qual o homem explora o oceano? Ou seria do computador eletrônico, que organiza e guarda milhões de informações? Todos esses instrumentos são poderosos, mas nenhum o é tanto quanto um simples recurso de que cada um de nós dispõe: a mente.

Mesmo que tivéssemos os instrumentos mencionados e muitos outros, todos eles seriam inúteis, se não fosse nossa mente a dirigi-los. Na verdade, os instrumentos foram inventados pela mente para auxiliá-la na obtenção e organização de informações.

De que modo a mente ajuda você a investigar a Terra? Para começar, ela registra as observações feitas pelos nossos cinco sentidos.

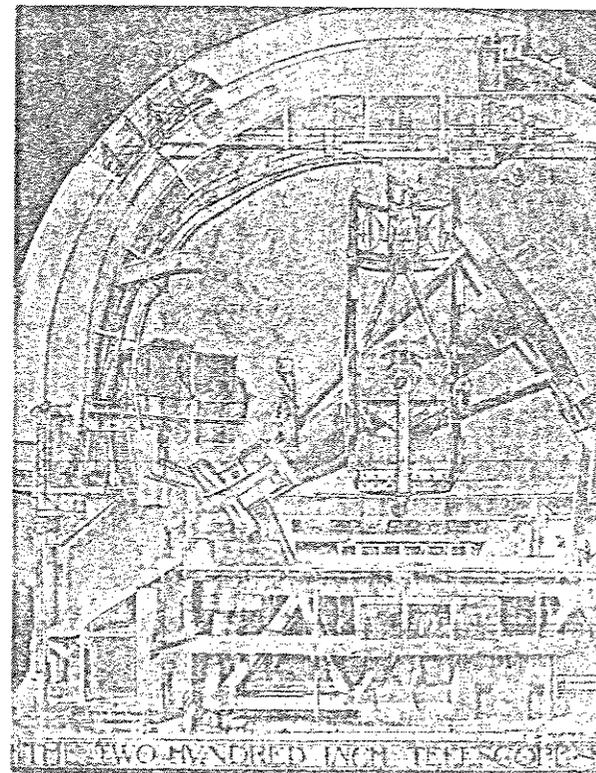


Fig. 1 — O maior telescópio do mundo, localizado no Monte Palomar, na Califórnia, cujo espelho tem aproximadamente 5 metros de diâmetro.



Fig. 2 — Que sentidos estes estudantes estão usando?

QUAL É O SEU PODER DE OBSERVAÇÃO? (P-1)

PROCEDIMENTO

O QUE É INVESTIGAR?

Observações são exames preliminares de coisas ou eventos. Podemos observar graças aos sentidos. Às vezes, entretanto, nossos sentidos necessitam de auxílio. Por isso o homem inventou instrumentos que lhe permitem ampliar os sentidos e fazer observações exatas. A mente deve então tomar a informação enviada pelos sentidos e interpretar seu significado.

Interpretações são julgamentos sobre as observações feitas ou explicações das mesmas.

Por exemplo, você observou várias vezes que a Lua se move no céu, da mesma maneira que o Sol. Como interpretar esse movimento? A Terra gira em torno da Lua? A Lua gira em torno da Terra? Ou esse movimento é recíproco: uma gira em torno da outra?

Qualquer que seja a resposta, ela será sua interpretação das observações.

Tanto na observação quanto na interpretação, a mente o ajuda a investigar.

Nesta investigação você fará observações, da mesma maneira que os estudantes da figura 2, e depois as interpretará.

Veja se pode dizer quando empregou somente os sentidos, quando e por que empregou instrumentos e quando usou julgamento.

Seu professor lhe dará as informações sobre o procedimento geral a ser seguido nesta investigação. Você encontrará também algumas instruções específicas nos lugares onde estão localizadas as caixas. Leia cuidadosamente as instruções antes de começar.

Agora que você acabou uma investigação, está mais preparado para responder à questão: **o que é investigar?**

Em sua investigação, você tentou julgar ou interpretar a natureza dos objetos contidos nas caixas. Como, algumas vezes, só lhe foi permitido usar um dos cinco sentidos, seu poder de observação ficou limitado e você teve que trabalhar com pouca evidência ao interpretar o conteúdo de cada caixa. Mesmo assim, você pode ter sido bastante preciso ao descrever os objetos.

Suponha que você desejasse resolver um problema mais complexo que o desta investigação. Como começaria? Talvez a melhor maneira de começar seja saber exatamente qual o problema ou questão a resolver.

A interpretação de uma situação ou a suposição a respeito do comportamento de alguma coisa denomina-se **hipótese**. Uma hipótese é sempre baseada na observação e, geralmente, leva a novas questões. As novas questões precisam ser testadas e a nova informação interpretada, para determinar se a hipótese é ou não correta. Você usará este processo ao fazer muitas das investigações deste livro. Às vezes, quando você começa a testar uma idéia, precisa de informações que os sentidos não podem fornecer, por exemplo, medidas precisas.

Medida é a descrição das características das coisas por intermédio de números. Ela requer o uso de instrumentos como, por exemplo, termômetros ou régua, que possibilitem expressar, no caso, a temperatura ou o comprimento por números exatos. Eles permitem medir quão quente ou fria, quão curta ou longa é uma coisa, em **unidades de medida**, como graus de temperatura ou centímetros de comprimento.

Os cientistas têm planejado instrumentos com os quais podem medir algumas propriedades como dureza, brilho, sonoridade e muitas outras (veja figura 3). Uma das funções dos instrumentos numa investigação é aumentar a precisão da medida. Outra é ajudar o homem a observar coisas que ele não seria capaz de detectar com os sentidos desarmados. O telescópio amplia o sentido da visão. Com ele, o homem pode olhar muito mais longe no espaço. Da mesma forma, o microscópio permite descobrir o mundo das coisas pequenas. Um instrumento chamado sismógrafo registra vibrações terrestres dema-



Fig. 3 — Os cientistas usam os mais diversos instrumentos para medidas. Esta garrafa especial é utilizada para coletar amostras de água em grandes profundidades oceânicas.

siadamente fracas para serem sentidas pelo homem. Outro instrumento, chamado gravímetro, torna possível medir diferenças extremamente pequenas de atração de gravidade.

A bússola e o magnetômetro são instrumentos que medem as propriedades magnéticas da Terra. O homem não pode ouvir, ver, cheirar, provar ou tocar as forças magnéticas. Sem instrumentos, não seríamos capazes de medir estas forças. O contador Geiger registra e mede as radiações atômicas que, de outra maneira, não seriam observadas. Todos esses instrumentos complicados podem levá-lo a achar que a observação baseada puramente nos sentidos não é proveitosa. Isso não é verdade. O tipo de observação a ser feita depende do tipo de problema a ser investigado. Suponha que você quisesse descobrir se os solos da grande cadeia dos Andes são diferentes daqueles que existem na Planície Amazônica. A resposta para esta e outras questões pode ser dada pela observação visual apenas.

A próxima investigação dar-lhe-á oportunidade de experimentar quase todas as coisas que se faz em investigações científicas. Nas suas observações você usará instrumentos para obtenção de medidas. Depois fará cálculos, usando uma fórmula matemática. Finalmente interpretará os resultados e tirará conclusões próprias. Tente identificar cada uma destas etapas, à medida que realizar a investigação.

**INVESTIGANDO MASSA,
VOLUME E DENSIDADE
(P-2)**

Observe os dois béqueres da figura 4. Cada béquer contém um líquido e um sólido. No béquer da esquerda, o líquido é a água e o sólido é um pedaço de granito. O béquer da direita também contém um pedaço de granito mas o líquido é mercúrio. Que diferença entre o mercúrio e a água explica o fato que você observa? Você pode responder esta questão depois de conhecer uma propriedade comum a toda matéria: a densidade. A densidade de uma substância é o quociente de

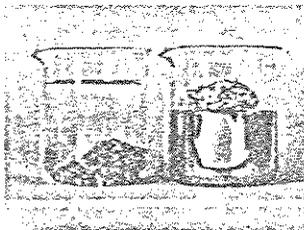


Fig. 4 — Por que um pedaço de granito afunda no líquido da esquerda e flutua no líquido da direita?

sua massa pelo seu volume. A massa de uma substância é sua quantidade de matéria. O volume de uma substância é a quantidade de espaço que ela ocupa.

A densidade é comumente expressa em termos de gramas (massa) por centímetros cúbicos (volume).

Se você representar a densidade pela letra *D*, a massa pela letra *M* e o volume pela letra *V*, a densidade poderá ser dada pela fórmula:

$$D = \frac{M}{V}$$

Supondo que um corpo tenha massa (*M*) de 100 g e o volume (*V*) de 20 cm³, qual a densidade (*D*) em g/cm³?

PARTE A — Determinando algumas densidades

Calcule a densidade (*D*) de cada um dos corpos fornecidos ao seu grupo. Para fazer isto, você precisa conhecer a massa (*M*) e o volume (*V*) desses corpos. Use uma balança para determinar a massa, como mostra a figura 5. O volume pode ser determinado de vários modos. Um deles é mostrado na figura 5. Você é capaz de imaginar outro? Depois de uma discussão em classe, escolha qual ou quais métodos usará. Determine e registre a massa e o volume de cada corpo. Faça uma tabela para auxiliá-lo no registro e organização dos dados.

Use a fórmula $D = \frac{M}{V}$ para calcular as densidades.

- (1) A forma que as amostras de metal apresentam influi na densidade? E o volume? Explique sua resposta.
- (2) A quantidade de massa de modelagem da amostra influi na densidade? Explique sua resposta.
- (3) Coloque os materiais em ordem decrescente de densidade.
- (4) Que valor você calculou para a densidade da água?

PARTE B — Determinando a densidade do gelo

Agora que já está familiarizado com a densidade, você está pronto para outro problema.

PROCEDIMENTO



Fig. 5 — Um estudante usando uma balança para determinar a massa de um corpo e uma régua para medir o tamanho. Quais as causas dos possíveis erros nessas medidas?

Observe a demonstraçã feita pelo seu professor. Em seguida, usando os materiais que você recebeu, determine a densidade aproximada do gelo (veja figura 6).

(1) Qual a densidade aproximada de seu pedaço de gelo?

(2) Exalique como obteve esse valor.

A IMPORTÂNCIA DE RELATAR INVESTIGAÇÕES

Desde que o homem começou a fazer investigações, sentiu a necessidade de registrá-las ou seja, de fazer relatórios sobre as mesmas. Qual a utilidade dessa prática? O que um relatório poderia conter?

Não existe um modo único de registrar e relatar uma investigação. Abaixo, segue-se um trecho de um relatório do geólogo José Moacir V. Coutinho, da Universidade de São Paulo, a respeito de radioatividade em solos (1968).



Fig. 6

Anomalia II Furo Principal				
Horizonte do solo	Profundidade em metros	Amostra n.º	U ₂ O ₅ + ThO ₂ menor ou igual a	
A	0 - 0,10	1	0,040 %	
B	0,10 - 0,40	2	0,070 %	
B	0,40 - 0,60	3	0,080 %	
B	0,60 - 0,80	4	0,090 %	
B	0,80 - 1,00	5	0,10 %	
B	1,00 - 1,20	6	0,11 %	
B	1,20 - 1,30	7	0,12 %	

Verificada maior radioatividade para os solos das Anomalias II Furo principal e Anomalias IV Furo 77, procedeu-se, pelos métodos usuais em sedimentologia, à separação de frações granulométricas do material de perfuração total.

De cada sacola de amostra, retiraram-se por quarteamento, quantidades iguais de solo, perfazendo 3 kg para cada furo. Em seguida, por decantação e lavagem, separou-se fração silício-argilosa até 70 µ. A parte arenosa foi passada por diversas peneiras, sendo depois pesadas as frações de material seco. Os resultados foram os seguintes:

Anomalia II Furo Principal

	Fração	Granulação em mm	Peso da fração em g
Amostragem total 3.000 g	Cascalho	1,651 - 10,000	87
	Areia grossa	0,297 - 1,651	418
	Areia fina	0,070 - 0,297	1192
	Silte + argila	< 0,070	1303

Anomalia IV Furo 77

	Fração	Granulação em mm	Peso da fração em g
Amostragem total 3.000 g	Cascalho	1,651 - 10,000	102
	Areia grossa	0,297 - 1,651	473
	Areia fina	0,070 - 0,297	1211
	Silte + argila	< 0,070	1214

Um bom relatório geralmente deve incluir as três partes principais de uma investigação:

- 1 — por que a investigação foi feita.
- 2 — o que foi feito.
- 3 — o que foi encontrado.

Em outros termos:

- 1 — finalidade
- 2 — procedimento
- 3 — resultado obtido.

Em algumas investigações deste livro, a finalidade e o procedimento são apresentados na própria investigação. Neste caso, em seu relatório faça apenas breves anotações sobre as mesmas, para que a investigação possa ser revista mais tarde.

Quando você mesmo escolher o procedimento, é particularmente importante que descreva minuciosamente o que fez. Assim, se alguém ler o relatório, poderá repetir a investigação a fim de testar os resultados.

Quando um cientista faz uma investigação, escreve um relatório semelhante aos que você fará neste curso. Se o relatório de um cien-

tista for publicado, seu trabalho será útil para outros cientistas. Os resultados poderão ser testados pelos outros e usados para novas descobertas sobre o mesmo problema. No seu caso, os relatórios o auxiliarão a organizar informações e permitirão que você as discuta com os colegas.

À medida que você fizer novas investigações, verá que não há um roteiro fixo a seguir.

A observação e a coleta de informações nos levam a outras questões e a possíveis interpretações ou hipóteses. Estas hipóteses sugerem mais observações, medidas, cálculos e testes. Mesmo com os mais recentes equipamentos e instrumentos disponíveis os métodos de observação nas ciências ainda estão limitados. Há lugares onde o homem ainda não pôde ir. Ainda não pôde visitar uma estrela, ou alcançar grandes profundidades no interior da Terra. Os instrumentos são também imperfeitos; no entanto, estão constantemente ampliando os poderes de observação do homem. As investigações que o homem realiza estão se tornando cada vez mais complicadas e a quantidade de informações que os instrumentos fornecem está aumentando dia-a-dia.

Novas informações sempre levam a novas questões. Quanto mais o homem investiga, mais coisas encontra para investigar.



Fig. 7 — Leonardo da Vinci (1452-1519) registrou seus estudos a respeito da distância entre o Sol e a Terra em anotações como estas.

UNIDADE I

A TERRA DINÂMICA

Tempestades, terremotos e outros fenômenos naturais sempre atraíram a atenção do homem. Na falta de conhecimentos para explicar esses fenômenos em termos de natureza, ele primeiramente os interpreta em termos de experiência humana. À medida que passa a compreender as causas naturais dos fenômenos, substitui as interpretações míticas por explicações científicas. Lendo os antigos mitos, que constam das introduções às unidades deste livro, você pode achar que eles são muito pouco científicos. Na nossa época temos a vantagem de séculos de investigação.

Você irá obtendo conhecimentos à medida que for lendo este livro, mas verificará também que muita coisa ainda é desconhecida. Explicações para muitos processos terrestres ainda estão colocadas em termos de teorias a serem testadas. Será que nossas "modernas" explicações dos fenômenos naturais e nossas teorias sobre o desconhecido parecerão primitivas às futuras gerações de investigadores?

Mitos sobre a terrível bola de luz que nasce e viaja no céu todos os dias são comuns nas civilizações primitivas. No Egito antigo, Ra era

A N E X O 5

UNIDADES INTRODUTÓRIAS DA OBRA
"GEOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA"
DE CHIOSSI

eo estudo geológico; 17.10. Condições geológicas para barragens no Brasil. 17.11. Barragens existentes no Brasil; 17.12. Resumo de alguns dados básicos de barragens brasileiras.

CAPÍTULO 18 – GEOLOGIA DE TÚNEIS 357

18.1. Histórico; 18.2. Introdução; 18.3. Reconhecimento geológico; 18.4. Fatores geológicos típicos e sua influência na construção de túneis (posição das camadas, condições hidrogeológicas, gases e temperatura); 18.5. Métodos de escavação em materiais duros: método tradicional e método mecânico; 18.6. Métodos de escavação em materiais moles: céu aberto e da couraça ("shield").

CAPÍTULO 19 – GEOLOGIA PRÁTICA..... 391

19.1. Introdução; 19.2. Construção de perfis geológicos a partir de levantamento topográfico e sondagens; 19.3. Construção de perfis geológicos para interpretação de elementos estruturais; 19.4. Mapas geológicos: definição, construção, representação, legendas geológicas, tipos de mapas geológicos (com camadas horizontais, verticais e inclinadas); 19.5. Construção de mapas geológicos com camadas inclinadas a partir de dois pontos de afloramentos e de um mapa topográfico; 19.6. Caracterização de uma camada inclinada no subsolo através de três locais de sondagens (determinação de sua direção, ângulo de inclinação e sentido); 19.7. Exercício sobre barragens; 19.8. Exercício sobre túneis.

1

INTRODUÇÃO E A POSIÇÃO DA GEOLOGIA APLICADA

1.1. INTRODUÇÃO

Durante a realização do II Congresso de Geologia de Engenharia, em agosto de 1974, em São Paulo, um dos temas discutidos foi o do ensino dessa especialidade. Ficou demonstrado, na ocasião, a necessidade de ser desenvolvida uma linguagem comum entre o Geólogo e o Engenheiro.

Dentro desse espírito publiquei em 1971 uma apostila na qual se baseia o presente livro. A sua filosofia era a de apresentar em uma linguagem simples e objetiva, ao estudante de engenharia e ao engenheiro, as numerosas aplicações da Geologia em projetos de Engenharia Civil.

Na ocasião, surgiram pedidos da obra de praticamente todas as Escolas de Engenharia do Brasil.

Esse fato me leva a agradecer, profunda e sinceramente, a todos os professores, profissionais e estudantes que prestigiaram a obra.

Foram publicadas três edições da referida apostila. Esse fato levou-me a proceder a uma revisão do texto inicial, para publicá-lo agora na forma de um livro-texto.

Foi mantido o mesmo espírito de dar à obra uma orientação onde a quase totalidade dos exemplos sejam nacionais, tanto os fenômenos geológicos, como as obras de engenharia. Assim, foram ampliados e atualizados vários capítulos, bem como o número de ilustrações fotográficas existentes na última edição em forma de apostila.

É meu desejo, pois, que esta nova edição venha contribuir para o desenvolvimento e afirmação do ensino da Geotecnia e da Geologia de Engenharia, dentro de uma linha que atenda fundamentalmente às necessidades nacionais.

Alguns capítulos poderão parecer aos geólogos como extremamente simplificados, porém o objetivo foi o de se tentar um meio de comunicação simples e prático, entre geólogos e engenheiros.

Dessa maneira, foram abandonados certos capítulos até então tradicionalmente desenvolvidos nos Cursos de Geologia de muitas Escolas de Engenharia, como Mineralogia; Fenômenos de dinâmica interna da Terra, como vulcanismo, terremotos e epirogênese, Fenômenos de dinâmica externa como, por exemplo, estudo da atividade do gelo; e em certos casos extremos onde chegavam a ser ministradas até Noções sobre Paleontologia.

O presente texto foi ainda desenvolvido dentro de um esquema no qual a Geologia Aplicada está curricularmente ligada à Mecânica dos Solos. Dessa maneira, alguns aspectos que podem aparecer com tendências essencialmente descritivas deverão ser mais profundamente analisados no Curso ou nos livros-textos de Mecânica dos Solos. Fundações e Obras de Terra.

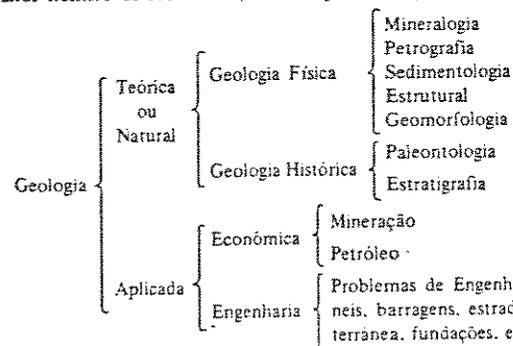
Acreditamos também que certos capítulos como, por exemplo, Mecânica das Rochas, devam ser somente desenvolvidos em Cursos de Pós-Graduação ou com a inclusão de mais um semestre no Curso de Geologia Aplicada.

1.2. POSIÇÃO DA GEOLOGIA APLICADA

No Brasil, só recentemente, ou seja, na última década, é que a Geologia Aplicada sofreu um grande impulso de desenvolvimento e afirmação.

A Geologia é definida como a ciência que trata da origem, evolução e estrutura da Terra, através do estudo das rochas.

Compreende um vasto campo, que pode ser dividido em dois grupos gerais que constituem; a Geologia Teórica ou Natural e a Geologia Aplicada, e um grande número de subdivisões, como exposto a seguir:



A seguir, definiremos sucintamente cada uma das divisões e subdivisões da Geologia anteriormente assinalados:

1. *Geologia natural ou teórica*: é subdividida em 2 partes: a física e a histórica.

1.1. *Parte física*: trata do estudo dos tipos de materiais e seu modo de ocorrência, bem como de estudo de certas estruturas. Engloba as seguintes especialidades:

a) *Mineralogia* — trata das propriedades cristalográficas (formas e estruturas), físicas e químicas dos minerais, bem como da sua classificação.

b) *Petrografia* — procura descrever os caracteres intrínsecos da rocha, analisando sua origem. Assim, descreve as rochas sob o ponto de vista de sua composição química, dos minerais que as compõem, do arranjo dos vários grânulos minerais, do seu estado de alteração, etc.

c) *Sedimentologia* — é o estudo dos sedimentos. Diz respeito à origem, transporte, deposição, bem como ao modo de ocorrência, na natureza, de sedimentos consolidados e inconsolidados.

d) *Estrutural* — é o ramo da Geologia que se interessa pela investigação dos elementos estruturais presentes nas rochas e causados por esforços. Esses elementos são: orientação dos minerais, fraturas, falhas, dobras, etc.

e) *Geomorfologia* — é definida como sendo a ciência que estuda a maneira como as formas da superfície da Terra são criadas e destruídas.

1.2. *Parte histórica*: diz respeito ao estudo da evolução dos acontecimentos e fenômenos ocorridos no passado. Está baseada em duas especialidades:

a) *Paleontologia* — estuda os seres que viveram em épocas anteriores à Época Atual, e que são conhecidos através de seus restos ou vestígios encontrados nas rochas.

b) *Estratigrafia* — trata do estudo da seqüência das camadas. Investiga as condições de sua formação e a correlação entre os diferentes estratos ou camadas.

2. *Geologia aplicada*: está ligada ao estudo da ocorrência, exploração de minerais e rochas sob o ponto de vista econômico, bem como à aplicação dos conhecimentos geológicos aos projetos e às construções de obras de Engenharia. A Geologia Aplicada envolve, pois, dois campos de aplicação:

2.a. *A Economia*: trata do estudo dos materiais do reino mineral que o homem extrai da Terra, para a sua sobrevivência e evolução. Inclui tanto substâncias orgânicas (carvão, petróleo) como inorgânicas (Fe, Al, Mn, Pb, Cu, Zn, Au, etc.).

2.b. *A Engenharia*: entende-se por Geologia Aplicada à Engenharia, ou Geologia de Engenharia, o emprego dos conhecimentos geológicos para a solução de certos problemas de Engenharia Civil, principalmente nos setores de construção de ferrovias e rodovias, implantação de barragens, aberturas de túneis e canais, obtenção de água subterrânea, projetos de fundações, etc.

UNIDADES INTRODUTÓRIAS DA OBRA
"GEOLOGIA GERAL"
DE POPP

COPYRIGHT © 1979, JOSÉ HENRIQUE POPP

Proibida a reprodução, total ou parcial, e por qualquer processo, sem autorização expressa do Autor e da Editora.

Capa: AG Comunicação Visual

CIP-Brasil. Catalogação-na-fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ.

Popp, José Henrique. P866g Geologia geral / José Henrique Popp. -- Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.
Bibliografia ISBN 85-216-0015-1
1. Geologia I. Título
79-0655
CDD - 550 CDU - 55

ISBN 85-216-0015-1

Direitos reservados por:
LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA S. A.
Av. Venezuela, 153 - Centro
20220 - Rio de Janeiro - RJ
1979
Impresso no Brasil

PREFÁCIO

Recentemente, no Brasil, o estudo da geologia geral foi incluído como disciplina curricular de diversos cursos da área de ciências além daqueles que tradicionalmente tratavam dessa matéria, como os cursos de engenharia, geografia, biologia e o próprio curso de geologia.

Enquanto o campo da geologia geral ganha novos estudantes, as fontes de consultas não têm acompanhado esse crescimento, notadamente no que se refere ao livro didático, pois permanece como único compêndio de geologia geral feito no Brasil a obra dos eminentes Profs. Viktor Leinz e Sérgio Estanislau do Amaral, agora em sua 7ª edição.

Os similares disponíveis no mercado são de origem estrangeira e, por isto, traduzem uma realidade distinta e que nem sempre pode ser constatada em nosso meio, uma vez que utilizam, naturalmente, exemplos dos países de origem, sendo estes, por conseguinte, inadequados aos iniciantes nos estudos das ciências geológicas.

Neste volume encontram-se reunidos os três grandes campos da geologia geral, ou seja, a mineralogia, a petrologia e a geologia geral propriamente dita. Em contraste com os tradicionais compêndios, neste, a extensão da matéria se limita aos programas usualmente exigidos pelos cursos brasileiros. Os conceitos básicos são seguidos, sempre que possível, de ilustrações, exemplos e mesmo história geológica, tomados da geologia brasileira, por vezes entremeados de informações suplementares, mas não menos importantes, expressas em gráficos e tabelas de modo a fornecer o maior número de informações de maneira concisa e objetiva. Julgamos importante a inclusão de um esboço da geologia do Brasil e também um pequeno capítulo referente aos recursos energéticos, particularmente brasileiros, hoje em fase de intensa pesquisa e debates.

Nosso atual estágio de desenvolvimento tem requerido cada vez mais conhecimentos da área de geologia, quer como ciência em si, quer como ciência aplicada. No campo da engenharia, os conhecimentos de geologia tornam-se dia a dia imprescindíveis, e o trabalho do geólogo lado a lado com o engenheiro somente é possível quando ambos falam uma linguagem comum para a solução de problemas comuns.

A geografia física e a geomorfologia dependem estreitamente dos conhecimentos de geologia para a compreensão da evolução das formas de relevo, hoje amplamente utilizadas nas fotografias aéreas, particularmente naquelas obtidas através de imagens de satélites. Nosso território está sendo pesquisado ainda em escala de grandes estruturas, permanecendo desconhecido em seus detalhes — não obstante os projetos como o RADAM-BRASIL, CPRM, NUCLEBRÁS, NUCLAM, PETROBRÁS, entre outros, que se destinam à busca de recursos minerais e energéticos ou de melhores condições para as práticas agrícolas ou reflorestamentos através do estudo dos tipos de solos e rochas e preservação ambiental.

8 / PREFÁCIO

Expressamos nossos agradecimentos aos Professores da Universidade Federal do Paraná Dr. Ríad Salamuni, pelas contribuições e críticas dos capítulos referentes a água de superfície, água subterrânea e bacias brasileiras; à Profª Cristina C. Fay, pela revisão e colaboração emprestada na parte concernente à mineralogia; à Profª Rosemary Dora Becker, pela inestimável contribuição na leitura e revisão dos textos de toda a obra; igualmente, à Profª Dulcinéia G. Delattre, do Departamento de Biblioteconomia da Universidade Federal do Paraná, pela orientação prestada nas referências bibliográficas; ao desenhista Takashi Dairiki e à Sra. Adela Dec Gapiski, pelos serviços de datilografia, bem como ao estagiário Max Palmer e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que esta obra se realizasse. Todas as críticas e sugestões que possam aprimorar nosso trabalho serão recebidas como uma contribuição ao ensino da geologia no Brasil.

O AUTOR

INTRODUÇÃO

O QUE É A GEOLOGIA ?

A geologia é a ciência da Terra, de seu arcabouço, de sua composição, de seus processos internos e externos e de sua evolução. O campo de atividade da geologia é, por conseguinte, a porção da Terra constituída de rochas que, por sua vez, são as fontes de informações. Entretanto, a formação das rochas decorre de um conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos, donde os interesses se entrecruzam repetidamente.

É objeto da geologia geral o estudo dos agentes de formação e transformação das rochas, da composição e disposição das rochas na crosta terrestre.

A petrologia é a ciência das rochas no sentido estrito, constituindo a base das ciências geológicas. A paleontologia descreve e classifica os antigos seres vivos que se encontram nas rochas. A geologia histórica descreve os eventos biológicos e estruturais dentro de uma cronologia. A estratigrafia ordena as rochas estratificadas, sistematizando-as a partir das mais antigas.

A geografia, cujos campos de ação estão na superfície da Terra e seus habitantes, quando se ocupa da conformação da crosta e da sua evolução (geografia física), passa a ser um campo especial da geologia. Estas são algumas das ramificações da geologia entre inúmeras outras, notadamente de sentido prático e aplicado à pesquisa de minerais ou às obras de engenharia.

HISTÓRICO DA GEOLOGIA

Conceitos Primitivos

Até meados do Séc. XVIII persistiu um "obscurantismo" com relação ao interesse pelos fenômenos geológicos naturais. É provável que esse desinteresse tenha sido influenciado pelas idéias dominantes na época proveniente de uma observância do livro do *Gênesis*, que considerava que todo o tempo geológico não ultrapassava alguns poucos milhares de anos. Segundo tais idéias, as rochas sedimentares tiveram origem na ação do dilúvio bíblico e os fósseis eram interpretados como uma evidência de seres de invenções diabólicas afogados pelo dilúvio.

Não havia até então estímulos à especulação pela crosta terrestre, exceto na busca de minerais úteis. Nessa época, além das observações esparsas de filósofos gregos haviam surgido publicações de manuais de mineralogia que tratavam de métodos de mineração e metalurgia escritos por Agricola (1494-1555).

Na segunda metade do Séc. XVIII as observações científicas de Steno, na Itália, e Hooke, na Inglaterra, produziram interpretações corretas do significado cronológico da sucessão de rochas estratificadas.

Arduino, em 1760, classificou rochas de uma região da Itália em primárias, rochas cristalinas; secundárias, rochas estratificadas com fósseis; e terciárias, rochas pouco consolidadas com conchas.

James Hutton (1726-1797) recusou-se a imaginar a criação da Terra a partir de um dilúvio, ou seja, um evento repentino e único. Examinando as rochas estratificadas, encontrou vestígios de repetidas perturbações nas rochas em alternância com longos e calmos períodos de sedimentação. Em muitos lugares constatou que uma sequência de estratos assenta sobre camadas revolvidas, enquanto que, em outros, corta camadas inclinadas. Ele explicou que inicialmente ambas as camadas eram horizontais, porém a mais inferior foi erguida e erodida antes da deposição da camada seguinte. Dessa forma, a história da crosta terrestre era a da "sucessão de mundos anteriores". Suas contestações foram resumidas na célebre frase "não encontramos nenhum sinal de um começo, nenhuma perspectiva de um fim".

O ponto de vista de Hutton veio a ser chamado "uniformitarismo", pois seus argumentos foram baseados nas observações da erosão nos rios, vales e encostas, concluindo que todas as rochas se formaram de material levado de outras rochas mais antigas e explicando a formação de todas as rochas com base nos processos que estão agora operando, não se exigindo, para isto, outra coisa senão o tempo.

Abraham G. Werner (1749-1815), um dos mais persuasivos e influentes mestres europeus, defendia arduamente uma doutrina denominada "netunista", a qual se coadunava melhor com a história bíblica. Tal doutrina sustentava que todas as rochas haviam sido formadas a partir de um oceano primitivo único que no passado cobriu toda a Terra. As rochas calcárias, graníticas e basálticas formavam-se a partir de precipitados químicos. Quando a água recuou, ficaram expostas todas as rochas com a configuração que hoje se encontra por sobre toda a superfície terrestre.

A tese de Hutton sobre o uniformitarismo, embora muito popular, não conseguiu suplantar a de Werner naquela época, só logrando liderança efetiva com Charles Lyell (1797-1875).

William Smith (1769-1839), modesto engenheiro inglês, prestou pouca atenção às controvérsias existentes na época entre os "netunistas" e os "uniformitaristas", se é que realmente teve notícias da existência de tais discussões.

Trabalhando com movimentação de terras, escavações de canais e construção de estradas, foi incorporado a uma equipe que trabalhava na construção do canal de Somerset. Para isto havia sido enviado inicialmente para o norte da Inglaterra para estudar métodos de construção de canais. Aproveitando a viagem para examinar as rochas expostas, cada vez mais se confirmavam suas suspeitas: as mesmas formações que conhecia no sul da Inglaterra se estendiam pelo norte e dentro da mesma ordem. Smith trabalhou cinco anos no canal de Somerset, quando descobriu que, entre diversas formações já conhecidas, muitas eram semelhantes à primeira vista, porém tinham uma característica que as diferenciava: os fósseis que continham não eram os mesmos. Descobriu então que os sedimentos de cada época tinham seus fósseis específicos. Smith divulgou, nessa ocasião, o primeiro mapa geológico, com divisões estratigráficas baseada nos fósseis.

Outras investigações científicas realizadas posteriormente na Europa por Cuvier e Lamarck, entre outros, terminaram por afastar a doutrina do netunismo. Com a publicação da obra *Princípios de Geologia*, de Charles Lyell, os conceitos de Hutton passaram a ser a idéia dominante. Em sua obra Lyell expôs com clareza os conhecimentos científicos da época com apoio na doutrina de que o presente é a chave do passado. As unidades geológicas foram dispostas em ordem cronológica por "grupos" e estes foram subdivididos em "períodos".

A grande obra de Lyell teve substancial influência no preparo do terreno para o florescimento das idéias de Charles Darwin desenvolvidas no Séc. XIX a respeito da evolução dos seres vivos.

As Pesquisas Pioneiras no Brasil

O primeiro trabalho científico realizado no Brasil (publicado em 1792) foi da autoria de José Bonifácio de Andrade e Silva e seu irmão Martin Francisco Ribeiro de Andrade sobre os diamantes no Brasil.

José Bonifácio devotou-se à mineralogia brasileira e na Alemanha assistiu a aulas proferidas por Werner, chegando a lecionar na Universidade de Coimbra.

Em 1833 o alemão Wilhem L. von Eschwege, engenheiro de minas, publica *O Plúto brasileiro*, sobre a geologia e mineralogia brasileiras.

Von Martius publica em 1854 um mapa geológico da América do Sul.

As primeiras pesquisas no campo da paleontologia foram realizadas pelo dinamarquês Peter Wilhelm Lund, descrevendo as ossadas de vertebrados pleistocênicos encontradas nas cavernas de Minas Gerais. Em seguida, Agassiz estuda peixes fósseis do Ceará enviados por Gardner, botânico inglês que visitara o Brasil.

Em 1875 foi organizada a primeira Comissão Geológica do Império do Brasil, objetivando o estudo da estrutura geológica, da paleontologia e das minas do Império, cuja direção coube ao geólogo canadense Charles Frederick Hartt, que já vinha trabalhando no Brasil desde 1865 e em 1870 havia publicado a obra *Geology and Physical Geography of Brazil*.

Em 1878 Orville A. Derby publica uma obra sobre a geologia e a paleontologia do Paraná.

Os brasileiros João Martins da Silva Coutinho e G. S. Capanema foram os pioneiros na investigação geológica da Amazônia e da faixa atlântica.

Com a fundação da Escola de Minas de Ouro Preto, a partir de 1876 tem o Brasil iniciada a formação de geólogos que viriam a trazer grande impulso à pesquisa e ao ensino de geologia no País.

A N E X O 7

CAPÍTULO 16
"GEOLOGIA GERAL"
LEINZ & AMARAL

A origem das montanhas e teorias geotectônicas

Generalidades

As elevações que se destacam numa região atraem a atenção do observador de tal forma, que já os antigos gregos cogitavam da origem desta configuração morfológica, que tanta beleza empresta à paisagem. PITÁGORAS explicava as montanhas como sendo o resultado do intumescimento produzido por vendavais fortíssimos subterrâneos. Este filósofo descreve uma colina, interpretada por ele como tendo sido plana em outras épocas, sendo mais tarde inflada pelos ventos. ARISTÓTELES advoga, igualmente, a importância destes vendavais subterrâneos na formação das montanhas e também na produção dos terremotos. LEONARDO DA VINCI reconheceu o papel da erosão, que esculpe as montanhas, sem contudo advogar outras causas. AGRÍCOLA já classificou as montanhas em cinco categorias, segundo a sua gênese: as formadas pela erosão, pelo depósito dos ventos, pelos ventos subterrâneos, por terremotos e, finalmente, pelos vulcões. NICOLAUS STENO foi provavelmente o primeiro a relacionar a perturbação dos estratos de rochas sedimentares com a formação das montanhas, dizendo ainda que todas elas "não existiram desde o início das coisas", sendo portanto geradas após a fase de sedimentação. Em fins do século XVIII, DE SAUSSURE, um dos primeiros a estudar

a geologia dos Alpes, reconheceu a importância das montanhas no estudo da Geologia. Pôs em evidência o fato de existirem milhares de metros de rochas expostas nas áreas montanhosas, que ao seu ver representam verdadeiras páginas imprescindíveis ao conhecimento do histórico da crosta terrestre.

O conceito popular de montanha é impreciso, pois, numa região plana, uma elevação de 100m se destaca na paisagem, o que não se dá numa região acidentada. Geralmente as elevações se agrupam, formando as serras. Estas, às vezes, podem ser tomadas em conjunto, constituindo as cordilheiras, como a dos Andes ou Himalaia.

As diferentes formas de montanhas são classificadas segundo os tipos de forças que as originaram. A morfologia exterior é, freqüentemente, apenas o resultado da ação erosiva e da denudação.

São diversos os fatores que determinam estas consideráveis elevações: podem ser de natureza vulcânica, erosiva, ou originar-se por falhamentos ou por dobramentos. Tal subdivisão, contudo, é feita para facilitar a explicação sistemática, mas na realidade, muitas vezes, acham-se intimamente associados. Assim é que a maioria dos vulcões ocorre em áreas perturbadas por tectonismo recente, responsável por elevações tectônicas. Também as montanhas originadas por

processos erosivos necessitam da força tectônica que soergue a região a ser gustada. Aquelas, originadas por dobramentos, muito comumente associam-se também a falhas. Muito embora nem sempre ocorram separadamente os tipos citados, passemos à descrição de alguns exemplos que esclareçam estes processos.

Montanhas de origem vulcânica

Já nos referimos às grandes elevações vulcânicas no capítulo XI. Tais elevações são formadas pelo acúmulo de material expulso, proveniente de partes profundas da crosta terrestre. Às vezes predominam lavas, como nos vulcões havaianos, outras vezes o material piroclástico, como é o caso do Parícutin, célebre por ter-se formado nos nossos dias, e, finalmente, ambos associados, lava e tufo, como no tipo estrato-vulcão, cujo exemplo clássico é o Vesúvio. Estas grandes elevações podem ter duração efêmera. Em pouco tempo a erosão as dilapida, não somente pela fácil decomposição química das lavas, geralmente porosas e desagregáveis, como também, pela pouca coerência dos tufo, quase sempre mal consolidados.

O Chimborazo e o Aconcágua, situados na cordilheira dos Andes, são notórios pelas suas grandes altitudes. Acham-se, contudo, situados em regiões soergidas, graças a tectonismo recente. Já o Vesúvio ergue-se abruptamente de uma região baixa, e as ilhas vulcânicas do Havai formam montanhas com mais de 9.000 metros de altura sobre o fundo oceânico, sendo que o Mauna Loa alteia-se a 4.200 metros acima do nível do mar.

Montanhas produzidas por dissecação erosiva de planalto

Regiões apiainadas ou mesmo originalmente planas, como são as formadas pelo entulhamento de lagos ou mares fechados, podem sofrer a ação de forças epirogenéticas

que determinem o seu levantamento sem deformações tectônicas consideráveis. Do desnível resultante, a consequência imediata é a erosão estimulada com maior ou menor intensidade. O estágio inicial pode ser exemplificado com o caso clássico do Grande Canhão do Colorado, que se encontra em ativa fase de erosão num planalto elevado. Passados uns poucos milhões de anos os tributários do Colorado, juntamente com os demais rios que drenam o planalto, terão dissecado parcialmente o planalto, perdurando somente as áreas correspondentes aos divisores das águas e aquelas localizadas nas nascentes dos rios. Formarão, desta maneira, montanhas causadas pela erosão. No caso citado, o planalto em vias de dissecação é constituído de rochas paleozóicas até mesozóicas, numa seqüência quase contínua e sem perturbações tectônicas. São quase horizontais, o que influirá na morfologia das elevações, o mesmo não se dando se as rochas forem previamente perturbadas. Como exemplo nacional de montanhas resultantes de processos erosivos, pode ser citada a serra Geral do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina. É formada por bancos horizontais de derrames basálticos, superpostos a arenitos desérticos mesozóicos. O planalto do Rio Grande do Sul está sendo dissecado profundamente pelos rios Pelotas, Uruguai, Jacuí e seus afluentes (figura 16-1). As escarpas abruptas, que atingem até 1.000m, são em parte devidas a falhamentos locais. Nos Estados de São Paulo e Paraná, a serra Geral não tem a forma típica de uma montanha. É uma escarpa de 200m de altura, que se estende desde o norte de São Paulo até o sul do Paraná, com diversas interrupções que dão passagem aos rios que demandam rumo noroeste. A fig. 5-20 mostra que, com a regressão destas escarpas, formam-se elevações isoladas de topoplano, denominadas *mesas*, que representam outro tipo de montanha formada por processo erosivo. Exemplo análogo poderia ser citado com as elevações de sedimentos cretáceos do Nordeste

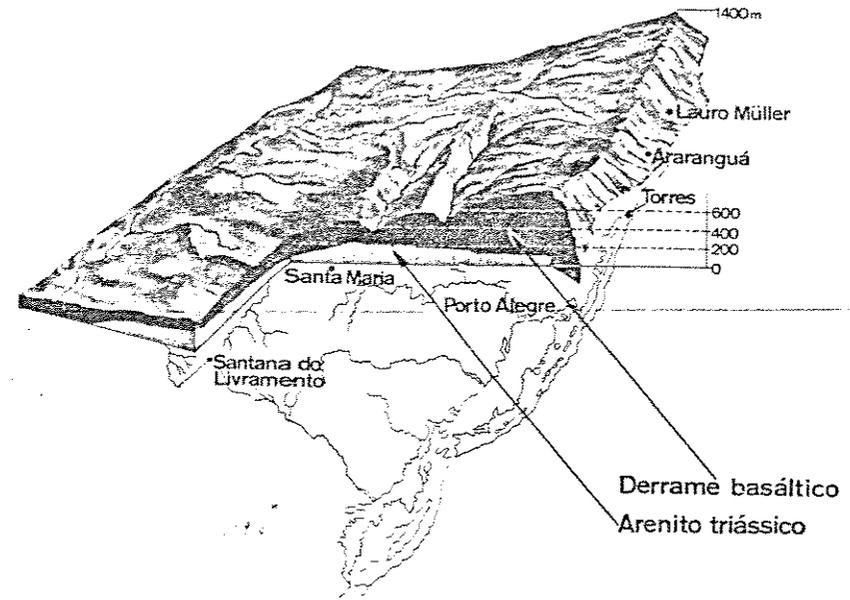


Fig. 16-1

Elevações montanhosas produzidas pela dissecação de planaltos. No caso presente o planalto é formado de diversos derrames basálticos sucessivos, que se deram por sobre os desertos triássicos (arenito Botucatu), sendo depois elevados epirogenicamente e agora intensamente entalhados pela drenagem, formando as elevações (segundo Leinz, modificado).

brasileiro, que formam mesas ou grandes tabuleiros. Poderão ainda ser citadas neste parágrafo as elevações produzidas pela erosão diferencial em corpos mais resistentes, dentre os quais os mais comuns são as intrusões magnéticas. Exemplo interessante pela beleza paisagística ocorre, entre vários outros, em Campos do Jordão, na Pedra do Baú, que se destaca nitidamente no relevo já bastante acidentado.

Montanhas produzidas por falhamentos

São várias as possibilidades da formação de elevações e montanhas motivadas

por falhas, podendo verificar-se a elevação de blocos numa região baixa, ou o abatimento em áreas elevadas, formando as fossas tectônicas (figs. 15-11 e 15-12) ou ainda, pode dar-se o levantamento geral dos blocos, uns mais do que os outros, como também, um abaixamento irregular. As montanhas de falhamento são caracterizadas pelo deslocamento principal no sentido vertical. Podem ocorrer flexuras, mas faltam as deformações plásticas. Contudo, em certos lugares ocorrem deslocamentos quase horizontais como falhas de empurrão, podendo gradativamente passar para regiões dobradas.

Às vezes a idade do falhamento é bastante antiga. Porém, sendo as falhas situa-

das sobre zonas instáveis, elas podem repetir-se e se reativarem várias vezes, com o decorrer do tempo geológico. As escarpas existentes na serra do Mar e da Mantiqueira são admitidas como tendo sido formadas por falhamentos, talvez decorrentes de movimentos basculantes. O estágio de acentuada juventude erosiva dos rios que se dirigem para o mar indica que este levantamento se deu em época recente, sob o ponto de vista geológico, provavelmente no terciário. Muito embora não haja evidências diretas de grandes deslocamentos produzidos por falhas, as configurações do terreno e as inúmeras zonas milonitizadas são sugestivas da ocorrência deste fenômeno.

As montanhas formadas por falhamento podem associar-se às cadeias de dobramento, tanto do ponto de vista geográfico como do sincronismo, significando aqui a ação conjunta dos vários e complexos esforços tectônicos orogênicos. Mas também regiões já há muito tempo fixas e estáveis podem sofrer um rejuvenescimento tectônico parcial, movimentando massas antigas, como na serra do Mar.

Montanhas produzidas por dobramentos

As mais famosas cadeias de montanhas do mundo, pelas suas dimensões, não so-

mente em área, como também pelas altitudes, são encontradas em áreas sujeitas às mais complexas perturbações, entre as quais, grandes e complicados dobramentos. Complicados, pelo fato de se associarem frequentemente a falhas, inclusive as do tipo *nappe*, onde se dá o deslizamento de massas rochosas, por vezes até de quilômetros de extensão, distante de suas raízes. Como exemplo clássico deste tipo de estrutura, responsável pela formação de montanhas, podem ser citados os Alpes (fig. 16-2). Apesar de gerações de geólogos se terem dedicado ao estudo pormenorizado destas montanhas, muitos problemas estruturais não foram ainda devidamente esclarecidos. Juntamente com os Alpes devem ser citados os Apeninos, Cárpatos, Cáucaso e o Himalaia. No continente americano citaremos os Andes e as Montanhas Rochosas, fazendo parte, como ilustra a fig. 16-3, da área perturbada pelo tectonismo cenozóico, que por sinal perdura até os nossos dias, sendo às vezes altamente desastroso, pelos abalos sísmicos consequentes.

As cadeias de montanhas originadas pelos dobramentos possuem vários caracteres em comum. Assim, grandes massas sedimentares marinhas, às vezes com intercalações magmáticas, ocupam hoje uma área cuja extensão é consideravelmente menor do que originalmente. Tudo mostra que a

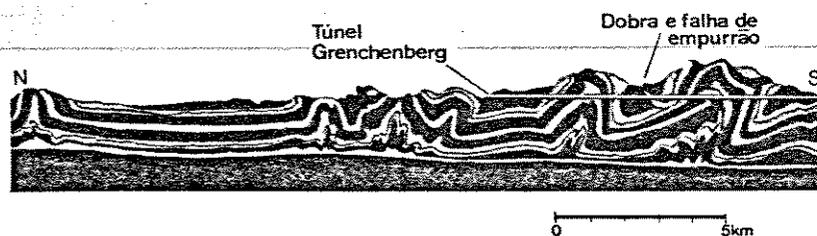


Fig. 16-2

Traços gerais da estrutura dos Alpes, numa secção através das montanhas do Jura, entre Suíça e França. Note-se a complexidade das dobras conjugadas com falhamentos (seg. Buxtorf).

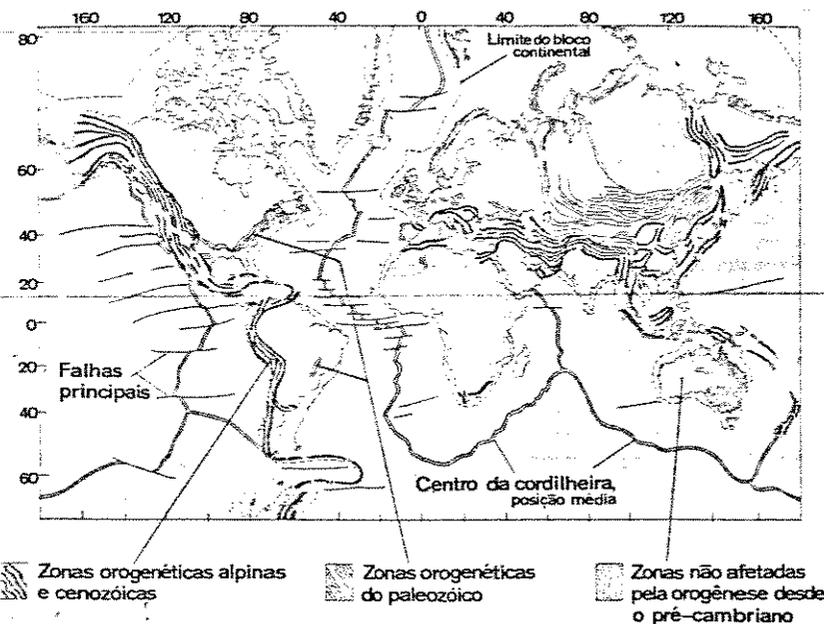


Fig. 16-3

Distribuição das zonas de orogénia cenozóica, orogénia paleozóica e das regiões não mais afetadas pelos movimentos orogénicos desde o Pré-cambriano.

crosta sofreu um deslocamento horizontal e um enrugamento. A. HEIM calculou que os Alpes atuais ocupariam antes do dobramento uma área acrescida, correspondente a uma faixa de 120km de largura, em toda a extensão das cordilheiras. Considerando-se todas as montanhas modernas formadas pelos dobramentos, este autor admite que o enrugamento total equivale à área de um fuso de quase 1.000km na linha do equador, o que corresponderia a cerca de 3% da circunferência do globo terrestre. O valor exato desta redução horizontal é discutível, mas não o fato em si. O aspecto peculiar a estas cadeias orogênicas é o da sua cons-

trução bilateral. Os dobramentos realizam-se em duas direções opostas (o que os alemães denominam *Vergenz*), mas não necessariamente simétricas na intensidade do grau de dobramento, manifestando ao contrário grande assimetria. Ambos os ramos das dobras curvam-se em direções opostas, voltando-se para os lados do "antepaís" que constitui a área estável que delimita lateralmente ambos os lados do geossinclinal. A zona central, de onde divergem as dobras, é mais sujeita à ação magmática, motivo pelo qual frequentemente se encontra afetada por intenso metamorfismo e intrusões magmáticas. Os dobramentos seguem suces-

sivas fases no tempo. Atividades vulcânicas intensas acompanham com muita frequência os processos de formação destas cadeias, como mostra claramente a fig. 16-5. Estas cordilheiras ainda formam, normalmente, arcos suaves e sucessivos, apresentando formas sinuosas.

Finalmente um característico bastante conspicuo e decisivo é que as grandes cadeias de dobramento têm o seu berço num geossinclinal.

Na maioria das vezes não há relação alguma entre a forma topográfica e a configuração do dobramento, pois a erosão pode obliterar a forma original da estrutura. Assim é que nem sempre uma anticlinal coincide com uma elevação ou um sinclinal com uma depressão. No decorrer do soerguimento geral da área amarrutada pelas dobras, as partes mais elevadas, que correspondem às anticlinais, são afetadas pelo desgaste erosivo antes das partes sinclinais, que se situam mais embaixo. Por isso, mais comumente, os sinclinais formam as partes mais altas, configuração em geral observada nas montanhas alpinas. Estas, juntamente com o Himalaia, Andes e Rochosas, devem sua origem a esforços orogenéticos recentes ainda hoje ativos (fig. 16-3).

Graças à estabilidade tectônica do nosso País, não temos exemplos de elevações produzidas por dobramentos recentes. As montanhas da serra do Espinhaço, constituída de rochas metamórficas perturbadas e de estrutura bastante complexa, têm relação com o fenômeno do dobramento, que é, entretanto, muito antigo, pois encontra-se arrasado quase até a raiz. Tais dobramentos, levantados e expostos à erosão, mostram a estrutura já delineada, como acontece com as montanhas dos Apalaches.

Geossinclinal

Há muito tempo verificou-se que as grandes e altas cadeias montanhosas são em parte constituídas por sedimentos marinhos, em boa parte deformados. Foi J. HALL que em 1857 enunciou claramente este fenômeno, por ele estudado nas montanhas apalachianas, tendo verificado que sedimentos típicos de mares rasos podem atingir na parte central cerca de 12.000m de espessura, diminuindo sensivelmente nas bordas (figura 16-4). Nestas, embora seja menor a espessura, os sedimentos são típicos de mares profundos. Foi assim conduzido a admitir que a zona central dos Apalaches se situa

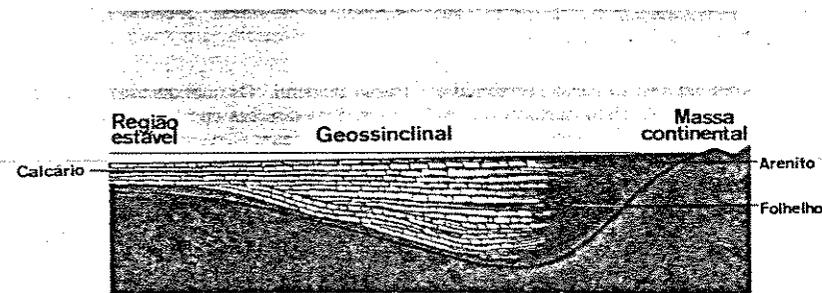


Fig. 16-4

Seção EW do geossinclinal apalachiano, antes da perturbação orogenética. Do lado este acha-se representada a zona instável, sujeita à subsidência e acúmulo, com a formação de sedimentos característicos de águas rasas e movimentadas, em zona próxima à área fornecedora dos detritos. Do lado oeste os sedimentos são pouco espessos e de mares profundos e distantes da área fornecedora (seg. Grabau).

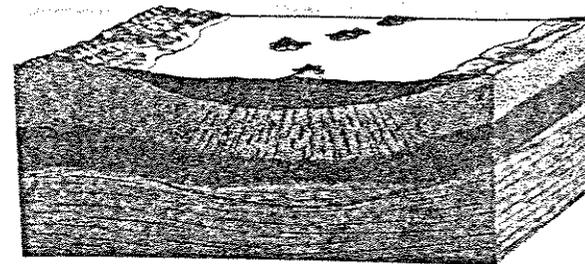


Fig. 16-5
Fases da evolução de um geossinclinal, em seção normal ao seu eixo maior. Em cima acha-se representada a fase inicial de subsidência e simultâneo acúmulo de sedimentos, afetados por vulcanismo basáltico. De ambos os lados acha-se a região estável do antepaís, que se levanta e se desgasta pela erosão, cujos detritos se acumulam à medida que o geossinclinal se abate. No meio tem-se a fase de dobramento acompanhada de intensa atividade magmática ácida, com intrusões graníticas e grande intensificação do afundamento do geossinclinal já deformado. Surgem como consequência do dobramento várias ilhas e formam-se depressões secundárias no sentido do maior eixo. Embaixo, na fase final estabiliza-se o tectonismo, dando-se o arqueamento geral da região, o que se denomina *undação*, fenômeno interpretado como resultado do equilíbrio gravitativo das massas leves junto ao substrato mais denso. Diversos falhamentos laterais ocorrem junto às camadas dobradas, e uma nova bacia alongada, subsidiária, forma-se à esquerda da área dobrada e soerguida, já em vias de desgaste erosivo (seg. Umbgrove).

numa parte da crosta, sujeita à maior densação, acumulando-se nela sedimentos das maiores espessuras conhecidas. A faixa mais espessa da zona central é estreita, muito alongada e arqueada.

DANA em 1873 introduziu o termo *Geossinclinal* para tais faixas marinhas de muitas centenas de km de comprimento e de de-

zenas de km de largura, em subsidência com a contínua sedimentação.

E. HAUG, em 1900, chamou a atenção que o entulhamento dos geossinclinais é caracterizado por uma sedimentação marinha de águas rasas, quase ininterrupta, sendo realizado até a profundidades de 900m.

Admite-se hoje que o peso dos sedimentos não é suficiente para deformar a crosta. A subsidência é um fenômeno próprio do geossinclinal, provocado por fenômenos tectônicos, e a sedimentação espessa é consequência, mas não causa do afundamento. Concomitantemente, a região que delimita o geossinclinal experimenta sucessiva ascensão, e conseqüentemente forma a sede de intensa erosão mecânica, que vai prover a bacia de sedimentos clásticos.

Característica importante é que a maioria dos sedimentos é de caráter nerítico, indicando que as velocidades de subsidência e de sedimentação andaram equilibradas, mantendo-se uma profundidade pequena, apesar do afundamento contínuo.

O geossinclinal freqüentemente fragmenta-se temporariamente em bacias parciais com *facies* sedimentar própria, mas une-se de novo posteriormente. O afundamento contínuo da base do geossinclinal e sua grande mobilidade são intimamente ligados a atividades magmáticas. São elas normalmente de caráter básico. Lavas e tufos basálticos ocorrem como intercalações nos sedimentos. Mas também gabros e serpentinitos (peridotitos hidratados) são freqüentes. Interessante é que o magmatismo básico na fase de geossinclinal muda para atividades ácidas no princípio do processo orogenético (fig. 16-5).

Estes magmas "sinorogenéticos" têm a composição de granitos e de seus derivados. São rochas silico-aluminosas que aparecem bruscamente, substituindo as derivadas das atividades básicas iniciais. O magmatismo ácido perdura por longo tempo, e pode permanecer até o período pós-orogenético, apresentando-se aqui como vulcanismo ácido ou intermediário. Finalmente, já na estabilização orogenética, pode terminar o ciclo magmático com vulcanismo final basáltico. A análise dos mapas paleotectônicos (ver citação de **TERMIER** na bibliografia) mostra que no decorrer das eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica, muitos geossinclinais cicatrizaram-se definitivamente, como

por exemplo o Caledoniano (lado ocidental da Península Escandinava), cuja duração foi do Cambriano até o Siluriano. Outros geossinclinais cicatrizaram-se temporariamente, para voltar à sua atividade inicial de subsidência após o levantamento orogenético. Mostra também a existência de áreas estáveis, inativas durante longo tempo geológico, e que mais tarde se transformaram em geossinclinal. O mais duradouro de todos, muito embora se tenha cicatrizado por duas vezes (a primeira, durante o Carbonífero Superior a Permiano Inferior, e a segunda, no decorrer do fim do Cretáceo ao início do Terciário), localizava-se em toda a costa oriental do continente australiano. Trata-se do geossinclinal *Tasmaniano*, que hoje forma as elevações montanhosas do sudeste da Austrália. Fenômenos análogos certamente se verificaram nos decorrer dos bilhões de anos que durou o Pré-cambriano. Contudo, a falta de fósseis e o metamorfismo que obliterou as estruturas e as rochas impossibilitam as correlações estratigráficas e a datação dos eventos tectônicos.

Velocidade da formação de um geossinclinal. — O afundamento é extremamente lento e muito irregular. As variações da velocidade refletem nas *facies* e na espessura da sedimentação. Os caracteres estruturais dos sedimentos denotam a existência de hiatos e erosão, tudo indicando a ocorrência de um movimento de sobe e desce, um vaivém contínuo, onde é mais pronunciado o movimento para baixo, resultando da subsidência geral da bacia. O tempo que leva para completar-se a evolução de um geossinclinal atinge vários períodos geológicos. O apalachiano perdurou por todo o Paleozóico (cerca de 300 milhões de anos) e o grande geossincline mediterrâneo — *Thetis*, desde o Paleozóico até ao Cenozóico.

A velocidade máxima da sedimentação é assim cerca de 1m em 30.000 anos, como valor médio.

Finalizando os conceitos relativos aos geossinclinais, admite-se, além da subsidên-

cia e sedimentação contínua, que eles representem os berços predestinados para as futuras cadeias de montanhas.

Assim, pode-se resumir a evolução de um geossinclinal nas seguintes fases orogenéticas:

1) *Fase pré-orogenética.* — Mar raso, com sedimentação intensiva e subsidência (fase geossinclinal).

2) *Fase orogenética inicial.* — Subsidência e sedimentação localmente aceleradas, sendo a sedimentação do tipo *Flysch* (caracterizada principalmente por grandes espessuras de grauvascas, dispostas em leitos de extensão considerável em área, e ritmicamente dispostos; são admitidos como sendo formados por correntes de turbidez periódicas). Relacionam-se a lombos submarinos, em parte, já aparecendo sobre o nível do mar. Atividade magmática intensa de caráter básico.

3) *Fase orogenética principal.* — Dobramentos intensivos, intrusões e efusões magmáticas ácidas. Sedimentação tipo *molasse* (sedimentos detriticos mais grosseiros enchendo depressões fechadas, locais). Elevação acima do nível do mar.

4) *Fase pós-orogenética*, com movimentos isostáticos e atividades efusivas interdiárias e básicas (fig. 16-5).

O conceito de geossinclinal foi ampliado ultimamente, mas talvez seja conveniente seguir **H. STILLE**, em 1936, que distinguiu: *Parageossinclinal*, que é uma bacia intracontinental, com subsidência menor, ausência quase total de magmatismo, e incapacidade para orogênese intensiva, distinguindo-se do verdadeiro geossinclinal ou *Ortogeossinclinal* que se situa entre massas continentais, bem como, adjacente a elas. Trata-se de bacias alongadas, de constante subsidência, com magmatismo e sedimentação intensiva e berço de futuras cadeias montanhosas de dobramento.

As causas e origens das forças orogenéticas

Para se entenderem os eventos da crosta terrestre torna-se necessária a análise das forças eventuais possíveis. As diferentes hipóteses *geotectônicas* procuram satisfazer às observações efetuadas na superfície.

Todas as hipóteses admitem, em comum, que as forças geotectônicas sejam as causas reais, localizando-se no interior, ou mesmo, abaixo da crosta terrestre propriamente dita. Assim sendo, estas regiões constituem a sede da causa, sendo acessíveis somente a poucos estudos e observações indiretas.

A Geologia dedica especial interesse ao conhecimento pormenorizado dos geossinclinais e do seu respectivo ciclo, porém vacila quando se propõe a dizer algo sobre a origem das forças que produzem uma revolução orogênica, porque recai em um domínio puramente especulativo. Assim, não há unanimidade na discussão deste importante tópico, pois várias teorias disputam o mérito da decifração da chave das forças que formam e comprimem um geossinclinal.

A controvérsia reside no problema de como explicar o mecanismo pelo qual a Terra cria forças de uma magnitude espantosa, capazes de deformar sua crosta e espessá-la e, ainda mais, de como os ciclos orogênicos se repetem na cronologia geológica, em uma verdadeira pulsação crustal. Sem dúvida, o calor é o agente mais conhecido, capaz de perturbar o equilíbrio da litosfera. A elevação da temperatura leva necessariamente à fusão das rochas e sua conseqüente expansão; o resfriamento, por seu turno, conduz à consolidação e decorrente contração.

Muito menos sabemos das regiões a poucos quilômetros debaixo de nossos pés do que das regiões situadas a centenas de quilômetros acima de nós.

Não é assim de estranhar-se que várias são as hipóteses geotectônicas que procuram explicar os fenômenos observados, relacionados com a formação das cadeias monta-

nhosas, tendo estas hipóteses adeptos e adversários, cheios de argumentos. Em todo caso, são 3 os principais grupos de hipóteses ou teorias, a saber:

- 1) A hipótese de contração.
- 2) A hipótese das correntes de convecção.
- 3) A hipótese das migrações continentais.

A explicação mais antiga, que é a da contração, é ainda hoje em parte aceita, com algumas ressalvas.

Teoria da contração. — Esta hipótese já foi esboçada por DESCARTES, e posteriormente elaborada por E. DE BEAUMONT, DANA e SUESS. Admite esta hipótese, como base, que o interior do globo terrestre está-se contraindo continuamente, desde os primórdios da sua solidificação superficial, devido à perda térmica constante.

A crosta, ou partes dela, uma vez consolidada, tender-se-ia a afundar no seu embasamento contraído, formando-se fendas e fraturas, e estes movimentos verticais determinariam esforços tangenciais, à maneira de cunhas que penetram num sólido qualquer, tendendo a forçar os lados.

Esta forma antiga e simplista da hipótese sofreu inúmeras críticas, às quais os defensores se adaptaram, mudando a idéia original, tendo em vista os novos conhecimentos. Assim, objeto-se que uma contração deveria ocorrer em toda crosta, com relativa homogeneidade, e não deveria haver áreas de tensões locais. No entanto a distribuição das cadeias montanhosas é irregular (fig. 16-3), o que é usado como crítica à hipótese da contração.

Os defensores desta teoria procuram explicar a irregularidade da distribuição na heterogeneidade da própria crosta, que seria originalmente anisotropa sob a ação destas forças. Haveria, então, zonas preferenciais, suscetíveis à deformação.

Contudo, a idéia básica da perda térmica da Terra, não é mais aceita como certa ou segura, tendo-se em vista a produção de energia térmica pela desintegração radioativa. Apesar disso, KOBER, em 1942, reformou o conceito da contração. Admitia que a Terra tenha passado por fases de densidade igual à do Sol, que é de 1,4, passando depois à fase atual, de densidade 5,5. Como as fases de condensação realizam-se sem a perda de matéria, infere-se que a Terra deva sofrer uma contração contínua e ainda em vigor.

SONDER estimou a intensidade da contração do globo terrestre durante o tempo geológico, fazendo uso de dados geológicos observados no campo. Calculou, assim, a redução horizontal dos antigos geossinclinais, hoje montanhas, tendo feito também considerações astronômicas e geodinâmicas. Admite ele que uma redução do raio terrestre, por contração, corresponderia a cerca de 1% em cada 200 milhões de anos. A tabela 16-1 representa os valores assim obtidos nestas precárias premissas. A formação das cadeias seria, desta maneira, provocada pela libertação da energia advinda da contração. As regiões móveis, por isso propícias às deformações, correspondentes às áreas dos geossinclinais, seriam assim comprimidas pela pressão horizontal resultante

TABELA 16-1
Contração suposta da terra no tempo geológico

Milhões de anos	Raio em km	Superfície em milhões de km ²	Volume em trilhões de km ³	Densidade
atual	6 370	510	1,08	5,52
1 000	6 700	564	1,25	4,7
2 000	7 000	616	1,44	4,2
3 000	7 400	698	1,7	3,5
4 000	7 800	763	1,98	3,0

da aproximação das massas continentais, como se os geossinclinais fossem apertados entre mandíbulas de um tornio.

Há pouco mais de duas décadas SONDER tentou ainda explicar desta maneira os dois grandes sistemas montanhosos terciários existentes na Terra. A cinta mediterrânea, com direção de EW, possui um comprimento de cerca de 20.000km e a cinta que segue o meridiano, partindo das Filipinas, passando pelas Aleutas, percorrendo de norte a sul todo continente americano até a Antártida, estende-se por 26.000km. Estas duas cintas encontram-se formando um ângulo quase reto. SONDER deduziu deste fenômeno que a crosta sofre tensões devido à contração secular e graças à mobilidade da crosta sobre o núcleo. Segundo este autor, as componentes resultantes deste esforço mecânico, produzido pela tensão na periferia de uma esfera, resultam em dois semicírculos, perpendiculares entre si. Tal afirmativa é baseada em dados teóricos juntamente com dados experimentais.

Mas, apesar das reformulações constantes desta antiga hipótese, muitos estudiosos não advogam mais seus postulados, principalmente pela dificuldade em admitir-se a transmissão dos esforços sobre vastas distâncias.

Teoria das correntes de convecção. — Várias idéias relativamente novas procuram explicar os fenômenos orogênicos pelas supostas correntes de convecção do substrato da crosta terrestre. Tais idéias têm em comum que os movimentos verticais e horizontais da litosfera são originados por correntes e deslocamentos de massas que se substituem mutuamente nas profundidades, situadas abaixo da delgada crosta terrestre. Os blocos siálicos seriam afetados por estas correntes, podendo ser arrastados pelo fluxo horizontal que se desliza por baixo, ou mesmo soerguidos ou abatidos, conforme a direção destas correntes, como será referido adiante. A película terrestre é insignificante em relação às regiões profundas, gi-

gantescas. Tendo a crosta uma constituição pouco rígida, é por isso relativamente sensível às correntes profundas, cuja natureza é admitida como sendo de diversas causas. Muitos autores acreditam que são correntes convecionais térmicas, imaginando o seguinte: as massas profundas ao receberem um aumento térmico, proveniente das maiores profundidades do manto ou da desintegração radioativa, sofrem, por conseguinte, um impulso para subir, segundo o princípio de Arquimedes. Por outro lado as mais elevadas condensam-se e tendem a afundar.

As regiões mais próximas dos fundos oceânicos, com suas temperaturas variando de 0 a 4°C, devem sofrer um resfriamento mais rápido do que aquelas situadas próximas às bases dos continentes, constituídos de massas siálicas refratárias à irradiação do calor. Estas diferenças térmicas devem provocar correntes no substrato plástico, ocasionando um deslizamento de um ramo que ascende por baixo dos continentes, deslocando-se para o fundo dos oceanos, o que determina uma frente descendente debaixo das áreas oceânicas. Resulta daí a formação de uma corrente de convecção cíclica, com a tendência para o equilíbrio térmico. Admite-se que a profundidade atingida por estes "rolos de correntes" chegue até 400km. O atrito produzido por estas correntes é transmitido à película rochosa rígida que vai sofrer as conseqüentes deformações, ora arrastando parte da crosta, ora adieçando-a, como nas regiões dos geossinclinais. Em outras áreas verifica-se a convergência destas correntes, produzindo uma verdadeira sucção da crosta, resultando no seu aprofundamento.

O ataque destas forças não se realiza neste caso pela compressão na zona superficial (T. da contração), mas sim nas profundidades, por uma espécie de alívio de carga, motivado pela força da sucção. A energia motora situa-se nas profundidades e o pacote rochoso superior é arrastado passivamente. A superfície da base dos continentes é assim a unidade atingida pelas forças. As

partes inferiores sofrem, por esta razão, um deslocamento maior que as partes superiores, justamente ao contrário do admitido para o efeito compressivo da contração, onde as partes superiores sofrem as maiores amplitudes de deslocamento.

Segundo a interpretação explicativa de GRIGGS pode-se imaginar o seguinte: o ciclo das correntes da convecção inicia-se nas profundezas do manto, em regiões anormalmente aquecidas em relação às partes circunvizinhas. Estabelece-se um desequilíbrio físico entre a parte profunda, mais aquecida, com a parte superior, menos aquecida e, assim, as massas quentes tendem a subir para a zona externa. Quando o calor transportado pelas massas atinge a parte superior, graças ao transporte de convecção, verifica-se o movimento de circulação no sentido horizontal, formando-se assim as correntes laterais junto à base dos blocos flutuantes de sial, caso o fenômeno se localize abaixo de uma área continental. Como consequência da circulação horizontal, a corrente vertical ascendente vai-se tornando cada vez mais fria (e por conseguinte mais densa),

porque se estabelece também outra coluna vertical descendente. Graças à natureza deste fluxo descendente, constituído de material mais denso, e por isso mais rígido, gera-se um esforço maior junto à zona mais aquecida, menos rígida, o que determina o aumento da velocidade das correntes ascendentes de convecção. Produzir-se-á conseqüentemente, um esforço de distensão e outro de compressão. O primeiro gera rupturas, enquanto que o segundo é o responsável pelos enrugamentos diretamente ligados à formação dos geossinclinais, o que se acha ilustrado na fig. 16-6. O movimento chega ao seu término quando o material frio começa a subir pela coluna central da zona de distúrbio convectivo. No que tange ao gradiente térmico, ele agora é inverso da posição inicial do ciclo: a parte fria acha-se embaixo e a quente em cima.

Experiência de GRIGGS. — Este autor procurou imitar em modelos dinâmicos especialmente concebidos, o dobramento de montanhas a fim de demonstrar a validade de suas idéias. Evidentemente é preciso ter em conta que as condições da experiência

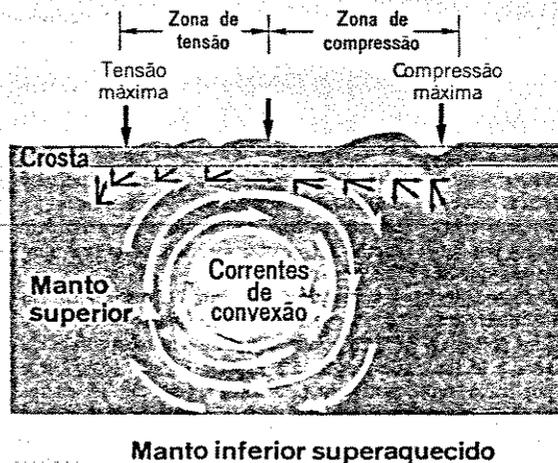


Fig. 16-6
Explicação do mecanismo das deformações da crosta pelas correntes de convecção. Acima da zona ascendente formam-se forças de tensão, responsáveis pelas rupturas vistas no desenho. Estas, por sua vez, propiciam a ascensão do magma e formação de regiões vulcânicas. A corrente magmática horizontal, em contato direto com a crosta, determina esforços de compressão que produzem o seu enrugamento, iniciando-se assim o geossinclinal.

Seg. Howell

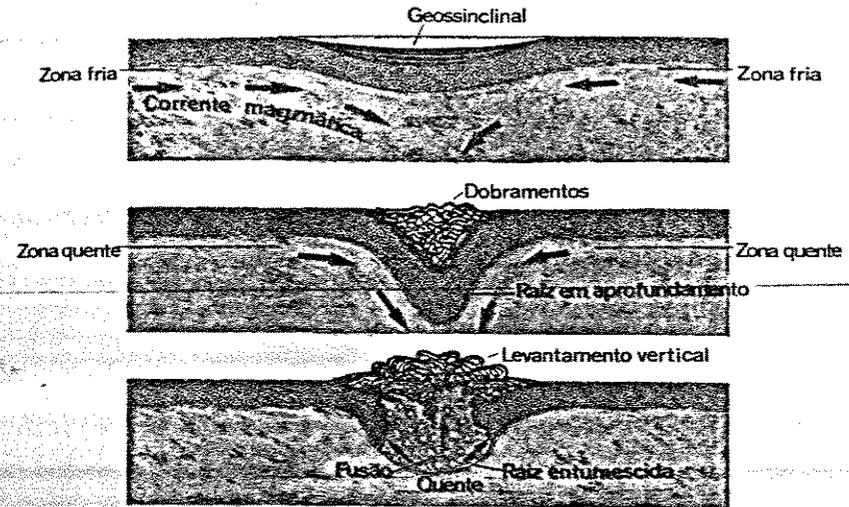


Fig. 16-7

Evolução de um geossinclinal formado pela sucção de correntes magmáticas do manto (seg. Griggs). Compare e veja a legenda da fig. 16-5.

procuram não reproduzir, mas apenas ilustrar os eventos que vigoram na Terra. Como materiais adequados, GRIGGS fez uma combinação de serragem e óleo pesado, os quais representariam as propriedades físicas da crosta. Como substrato usou a glicerina, contendo imersos dois cilindros giratórios. Submetendo-se os cilindros a movimentos circulares convergentes para o lado súpero-interno, obteve os seguintes resultados:

I — Girando-se os cilindros lentamente, forma-se na superfície um sulco linear, que reproduz assim a conformação de um geossinclinal.

II — Girando-se os cilindros rapidamente, forma-se uma raiz na crosta, ao mesmo tempo que surgem as carregaens.

III — Amortecendo-se a velocidade convergente dos cilindros, a raiz flutua e impõe o "sial" para cima, resultando uma protuberância linear, como nos sistemas montanhosos (fig. 16-7).

Tectógeno. — Dá-se o nome de *tectógeno* a um conjunto de feições tectônicas, estruturais e geofísicas existentes em longas faixas encurvadas de muitas centenas de quilômetros de comprimento, e existentes nas áreas oceânicas. São feições que coadunam bem com a teoria das correntes de convecção. Limitar-nos-emos a discutir brevemente as de maior importância.

- Existência de ilhas alinhadas em arco.
- Existência de anomalias gravimétricas positivas do lado externo da curvatura formada pelas ilhas, juntamente com anomalias magnéticas negativas no lado interno.
- Existência de vulcões alinhados em toda a extensão da faixa curvilínea.
- Existência de focos de terremotos alinhados da mesma maneira, sendo que os mais profundos se localizam na

parte interna, e os mais rasos na parte externa da faixa encurvada.

As anomalias gravimétricas positivas indicam a existência de verdadeiras protuberâncias do manto mais denso (fig. 16-6), enquanto que as negativas vêm indicar a formação de sulcos profundos preenchidos por sedimentos de menor densidade. Tudo indica tratar-se de verdadeiras geossinclinais em vias de formação. As ilhas em arco seriam formadas pelas mesmas protuberâncias que soergueram partes da crosta acima do nível do mar. Os vulcões e os focos de terremotos dispostos no mesmo alinhamento seriam conseqüentes das rupturas da crosta, sujeita a forças de compressão e de tensão, produzidas pelas correntes magmáticas do manto superior, o que se acha ilustrado nas figuras 16-6 e 16-8.

São vários os exemplos destas configurações, cuja importância geológica é patenteada

pelas inúmeras publicações e pelos estudos especializados a respeito. Observando-se um mapa-múndi com dados batimétricos, verifica-se a existência de diversas fossas oceânicas alongadas, associadas às ilhas em arco e em locais de intensa atividade tectônica. Como exemplo citaremos as da Indonésia e Filipinas, das Ilhas Curilas no norte do Japão, das Aleutas, Antilhas, e outras de menor importância.

Teoria da translação dos continentes.

(Teoria de Wegener) — Caminho completamente diferente tomou Alfred WEGENER na sua hipótese, ainda hoje discutida de forma apaixonada. Baseou-se na semelhança dos contornos dos continentes — homologia geográfica. As costas africanas voltadas para o Atlântico possuem um contorno similar à costa oriental sul-americana. As duas massas continentais, se justapostas, mostram

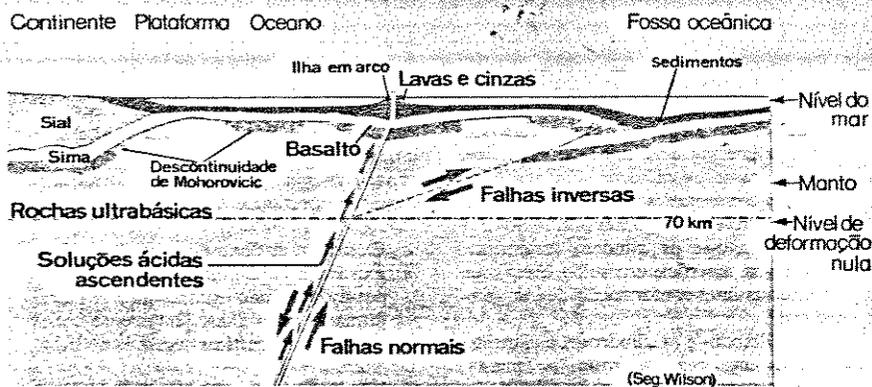


Fig. 16-8

Seção hipotética de uma zona de ilhas em arco. Além dos vulcões (estes se acham alinhados transversalmente em relação ao plano da seção) e das anomalias gravimétricas citadas no texto, ocorrem focos profundos de terremotos (estes, por sua vez, se alinham de maneira análoga à dos vulcões), o que se deve ao sistema de falhas observadas na gravura.

espaços vazios, não preenchidos, insignificantes (fig. 16-10). A lombada submarina atlântica acompanha os contornos atuais dos continentes vizinhos. Além da semelhança geográfica também é grande a semelhança geológica e paleontológica entre certas massas continentais, no sentido EW, principalmente entre a África e o Brasil. Da mesma forma, também o paleoclima (principalmente as glaciações permocarboníferas que atingiram tanto a Austrália, Índia, África, América do Sul e Antártida) parece indicar que houve antigamente uma maior aproximação entre estas massas continentais. Por outro lado, as medidas paleomagnéticas, obtidas nos últimos anos, indicam que o pólo magnético localizava-se próximo do paralelo 30° de latitude, como se vê na fig. 16-11. O pólo sul situar-se-ia no interior do continente africano, que naquela época estaria mais ao sul. A partir dos argumentos citados, exceto o último, WEGENER (1912) optou com extrema convicção pelo conceito de isostasia de AIRY, ou seja, as massas

continentais constituídas de sial (leve) flutuam sobre o estrato pesado do sima, como a madeira ou o gelo sobre a água.

Estes blocos continentais leves são suscetíveis, segundo WEGENER, de iniciar um movimento horizontal deslizando, movido por duas forças principais: a fuga dos pólos e as forças decorrentes da rotação da Terra. As marés originadas pela eventual atração do substrato sísmico são também consideradas, por muitos, como outra força ativa neste processo. A força proveniente da fuga dos pólos já foi inicialmente aventada por EOTVOS, cuja explicação é a seguinte: a Terra, sendo elipsóide, possui uma distribuição gravimétrica tal, que as massas continentais mais leves tendem a ser empurradas rumo ao equador, ou com outras palavras: as massas flutuantes leves fogem da região mais comprimida, que a dos pólos, para a região distendida, que é a equatorial. Neste processo de achatamento dos pólos e expansão do equador, deve o substrato viscoso mover-se para a região equatorial. Este

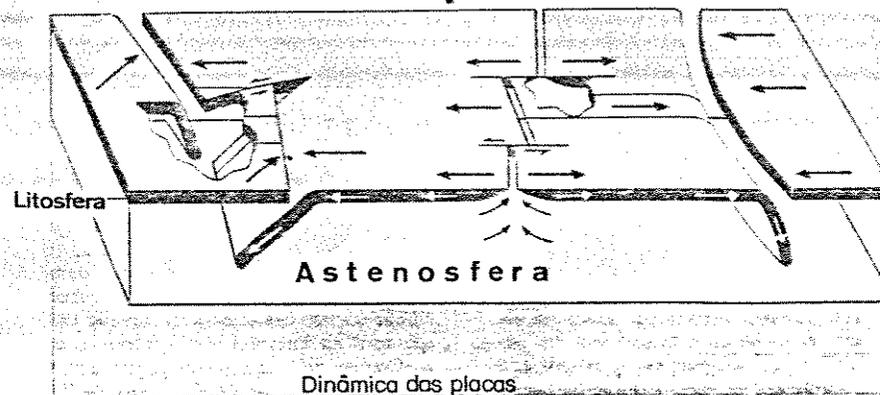


Fig. 16-9

Mecanismo hipotético relativo à teoria da tectônica de placas rígidas. A litosfera — que segundo essa teoria possui 200 km de espessura — é empurrada para os lados graças ao fluxo ascendente de material magmático do manto superior, enquanto que as sobras laterais mergulham nas grandes fendas, mais comumente localizadas junto às margens dos continentes (Zona de Benioff) (seg. Isaacs, Oliver e Sykes, *Jour. Geoph.*, 1968).

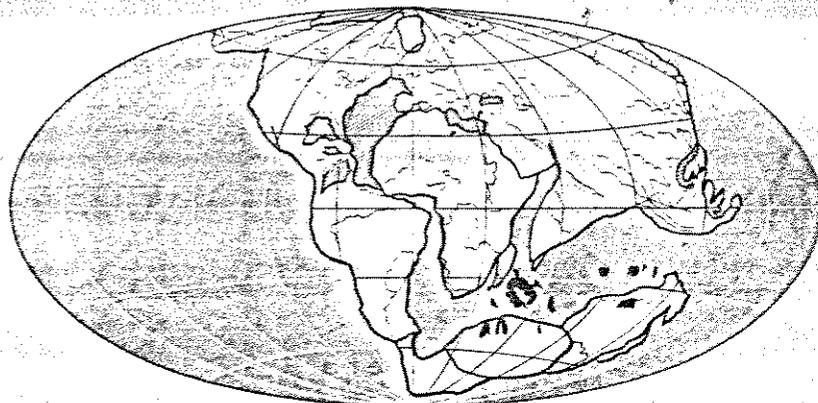
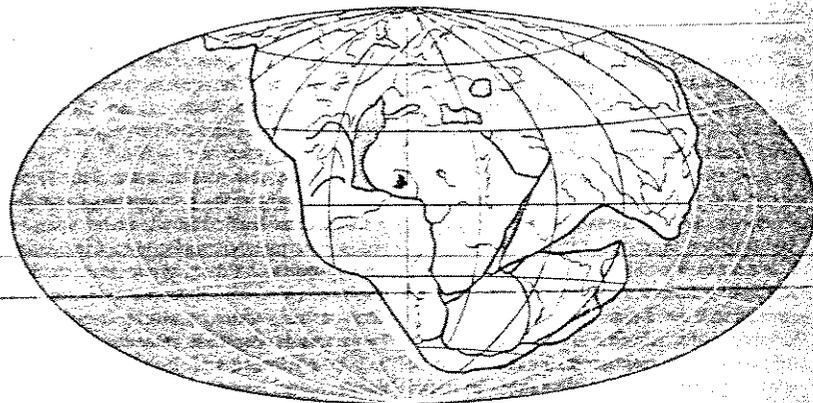


Fig. 16-10

No alto, a hipotética "Pangea" de Wegener, contendo em seu interior mares epicontinentais, com o símbolo tracejado. Embaixo, inicia-se a separação dos blocos em vias de migração, o que teria sucedido no início da era Mesozóica.

movimento seria uma causa provável do arrastamento dos blocos siálicos flutuantes rumo ao equador.

Esta força existe, e WEGENER julga-a capaz de provocar a eventual migração das massas continentais, enquanto que seus opo-

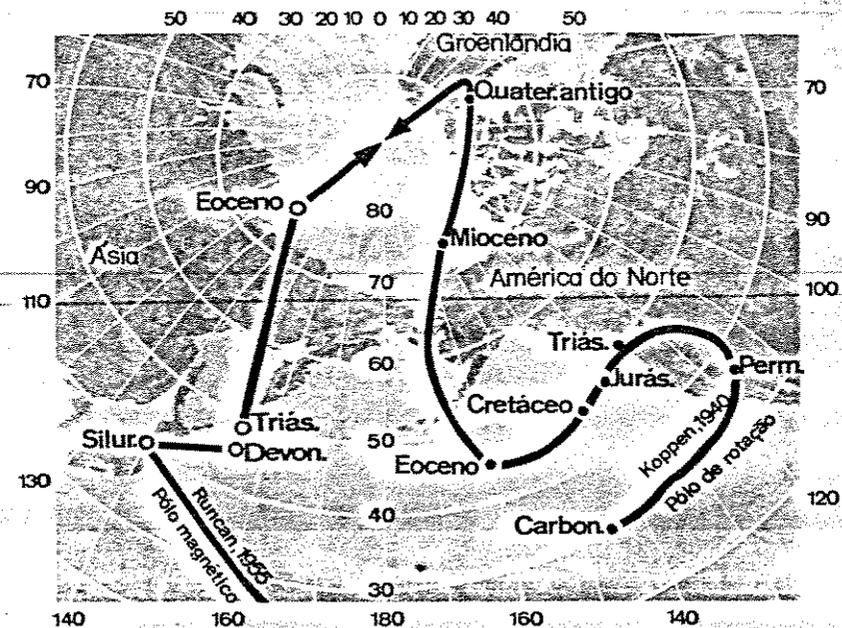


Fig. 16-11

Prováveis localizações do Pólo Norte no passado geológico, segundo as concepções de dois autores. Koeppen usa elementos paleoclimáticos, enquanto Runcorn usa as medidas paleomagnéticas para estabelecer as diversas posições do Pólo Norte no passado.

nentes acham que o atrito dos blocos siálicos sobre o sima (substrato de alto grau de viscosidade) é muito superior à citada força e que esta então tornar-se-ia ineficiente.

O que é de fato mais do que duvidoso é que a pequeníssima diferença da força centrífuga seja suficiente para que se verifique o deslocamento. Para isso, seria necessário que esta pequena força ultrapasse o atrito exercido pelas frentes continentais em vias de deslocamento. A causa da força centrífuga reside na posição mais elevada das massas continentais (e com isto maior raio e maior aceleração), em relação aos fundos

oceânicos, onde é menor o raio terrestre. Por outro lado, a disposição quase circular que assumem os continentes americano e asiático ao redor do Pólo Norte (fig. 16-12) sugere uma fuga a partir dos pólos e certamente em épocas geológicas remotas. WEGENER, em todo caso, admitiu, e os seus adeptos continuam admitindo que a força da fuga dos pólos é suficiente para provocar um deslocamento de massas continentais rumo Equador, sobre o seu substrato fluido. Assim, a massa continental denominada de "Gondwana" derivava rumo Equador e comprimia o grande geossinclinal mediterrâneo *Thetis* contra a massa Euroasiática, resul-

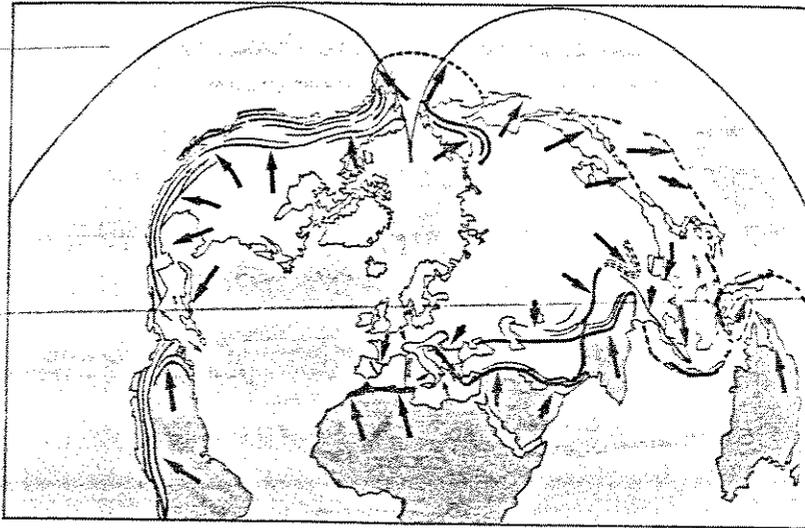


Fig. 16-12

Cintas orogênicas relativas ao diastrofismo cenozóico. As flechas indicam as direções prováveis segundo as quais se movimentaram os blocos continentais, segundo a aceção de Wegener. Note-se a disposição quase circular dos continentes ao redor do Pólo Norte.

tando deste movimento o vasto arco de cordilheiras desde os Pireneus, passando pelo Himalaia até a Indonésia.

Deve ser acrescido ainda que WEGENER, baseado em dados paleoclimáticos, geofísicos e outros, postulou a existência da migração dos pólos durante toda a história da Terra. Realmente tudo indica que as cintas climatológicas mudaram durante os tempos geológicos, como se pode observar na fig. 16-13, com a distribuição hipotética das massas continentais cobertas pelo gelo, durante o Carbonífero. Nos últimos anos foi possível ainda demonstrar experimentalmente que os pólos magnéticos realmente mudaram. Os estudos feitos no Brasil em amostras coletadas e orientadas com alta precisão mostram que os basaltos mesozóicos possuem uma orientação magnética "fossilizada", ou fixada no momento de sua consolidação, indicando que o Pólo Sul situava-se na latitude de aproximadamente 30° sul.

As variações dos pólos atualmente observadas (fig. 16-14) são muito pequenas, e não se sabe ao certo se estas variações são apenas periódicas, ou se ocorre um deslocamento "secular" dirigido. As variações observadas são sempre muito pequenas, com um deslocamento a partir do centro de cerca de 15cm por ano, mas se forem uniformes, durante os tempos geológicos seria possível admitir-se um deslocamento dos pólos, em base nestas observações fundamentadas no princípio do atualismo.

A segunda força resulta da atração exercida pelo Sol e pela Lua, segundo WEGENER, o que determinaria verdadeiras marés terrestres e faria com que o bloco siálico ame-

ricano fosse deslocado rumo oeste. Neste movimento, que se teria efetivado no fim da era mesozóica, dar-se-ia a compressão e o dobramento do imenso geossinclineo que margeia toda a costa ocidental americana. Este seria comprimido pelo bloco e escorado pelo substrato de síma do Pacífico, levantando o pacote sedimentar à maneira de uma grande onda na proa de um navio. Assim, a energia proveniente da fuga dos pólos, empurrando o continente *Gondwana* contra a *Eurásia* (fig. 16-15) e a deriva a oeste, empurrando a América contra o fundo superior do Pacífico, seriam a causa das grandes cadeias atuais, como se pode observar na fig. 16-3. A dedução geofísica das forças provenientes do atrito provocado pelas "marés" no interior da crosta terrestre,

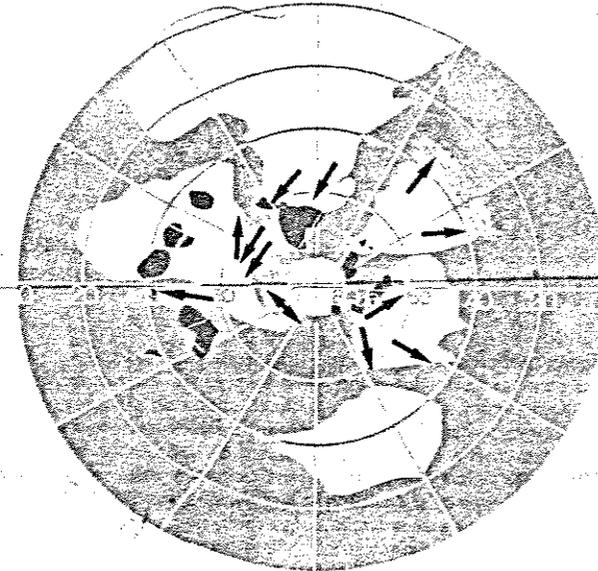


Fig. 16-13

Distribuição dos continentes ao redor do Pólo Sul, durante as glaciações permocarboníferas. A parte pontilhada representa os antigos vestígios das glaciações que se efetuaram naquela época, e as flechas indicam a direção do movimento das massas de gelo.

a sua eventual conseqüência, como também os componentes energéticos da deriva para oeste constituem um problema altamente complexo e especulativo; poderemos apenas recomendar ao leitor que consulte literatura especializada.

De qualquer modo, as discussões que ainda hoje perduram, sobre a existência da migração horizontal dos continentes, mostraram que ela não pode ser negada "in totum". Mesmo as correntes magmáticas profundas poderiam ser explicadas em base das causas admitidas por WEGENER. Contudo, teriam menor envergadura no mecanismo das forças propostas pelo autor citado.

Ainda uma das grandes dificuldades é a admissão de uma *Pangea* hipotética, que existiu até o Carbonífero, isto é, até a idade

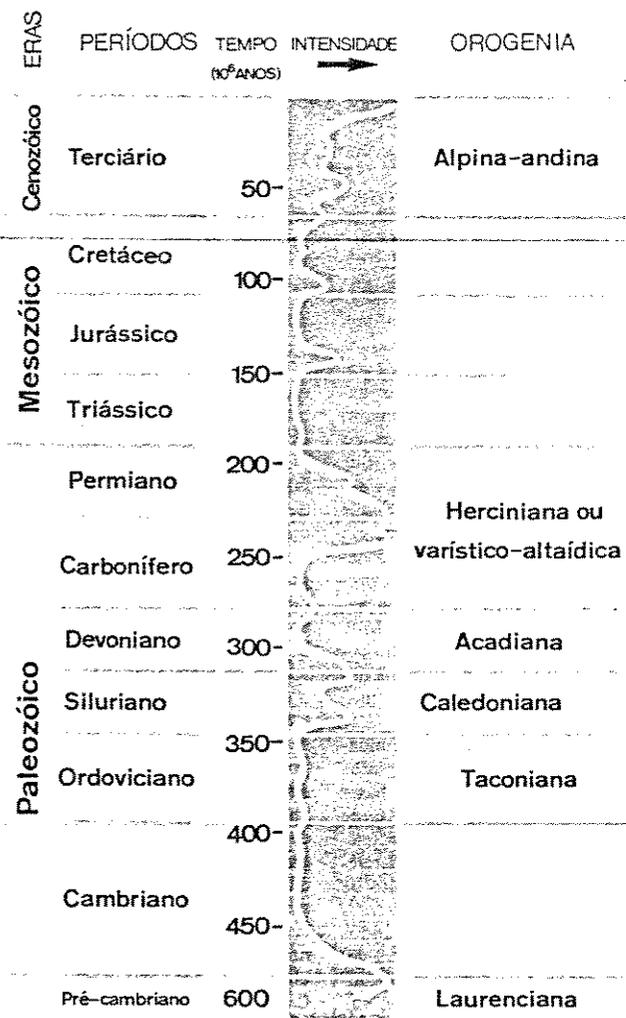


Fig. 16-16

Representação gráfica dos ciclos orogênicos que se realizaram no tempo geológico.

placas, que do lado oposto mergulhariam pelo substrato adentro. A água acarretada junto com os sedimentos fluidificariam o magma, facilitando a formação de fenômenos vulcânicos, enquanto que o atrito faria aumentar a temperatura, auxiliando também o citado processo. A depressão resultante pode dar origem a um geossinclíneo, e com o afundamento da placa menos densa forma-se uma protuberância logo acima. Na região desta protuberância haveria uma anomalia gravimétrica positiva, enquanto na reentrância a anomalia seria negativa, tal como se verifica nos tectógenos, já mencionados. Os Alpes são interpretados como resultantes da penetração de uma placa por baixo do continente europeu, resultando daí os grandes carreamentos que ocorrem na região.

Acredita-se que a espessura das placas seja da ordem de 50 a 100km nas regiões oceânicas, e de mais de 200km na região continental. Desta maneira, englobaria a crosta mais parte do manto superior. A região inferior da placa, de menor rigidez para que se possa verificar o movimento, denomina-se *astenosfera* (do grego, "asthenes", fraco), que delimita inferiormente as placas (fig. 16-9). Os demais limites entre as placas são os seguintes: as cristas oceânicas onde se processa o acréscimo de material vindo do manto, as fossas onde a crosta é calcada e destruída no interior do manto, e, finalmente, as regiões das falhas transcorrentes, onde apenas se processa o movimento, como por exemplo a já citada falha de Santo André, na Califórnia.

Outras evidências a favor da teoria da translação dos continentes acham-se ainda em vias de estudo. Dizem respeito à coincidência geocronológica de rochas pré-cambrianas do Nordeste brasileiro com rochas análogas do Congo, além da similaridade sob vários pontos de vista referente às estruturas destas áreas.

Apesar do acervo de longas e laboriosas pesquisas de campo e de laboratório, nada se pode afirmar, até o presente momento,

continuando esta apaixonante hipótese no domínio das conjecturas.

Ciclos orogênicos

Analisando-se os eventos orogênicos tectônicos e sua relação com o tempo geológico, verificou-se que eles se realizam com descontinuidade periódica. Parece possível reconstruir-se certo ciclo dos fenômenos orogênicos. Iniciam-se estes com períodos de calma prolongada, sendo a seguir interrompidos por inquietação tectônica de pouca duração. Nos períodos de calma sucedem-se os grandes movimentos seculares epirogenéticos e nas curtas épocas de subsidência as grandes revoluções orogênicas, cujas fases parecem atingir ao mesmo tempo praticamente todo o globo terrestre, tal como observamos hoje com a orogênese cenozóica.

Os ritmos parecem ser "mundiais", sendo estes ciclos orogênicos ilustrados na fig. 16-16.

Parece-nos todavia que as observações se referem essencialmente ao hemisfério norte e somente a partir do Cambriano, e, no entanto, o tempo geológico pré-cambriano é 3 a 5 vezes maior do que o pós-cambriano. Contudo, por enquanto não possuímos documentação segura e suficiente sobre o sincronismo dos eventos orogênicos destes longos primórdios geológicos, o que dificulta julgar se estes ciclos orogênicos são apenas aparentes, ou se de fato representam um fenômeno geológico generalizado.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- FOUMARIER, P., *Principes de géologie*, vols. I e II, Masson & Cie., Editeurs, Paris, 1949.
- METZ, Karl, *Lehrbuch der tektonischen Geologie*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1957.
- RUNCORN, S. K., *Continental Drift*, Academic Press, Nova York e Londres, 1962.
- SCHIEDGGER, A. E., *Principles of Geodynamics*, Springer Verlag, 1958.
- TERMIER, H., e G. TERMIER, *Histoire géologique de la biosphère*, Masson & Cie., Editeurs, 1952.
- UMBROVE, J. H. F., *The Pulse of the Earth*, Martinus Nijhoff, Haia, 1947.

A N E X O 8

CAPÍTULO 14
"INVESTIGANDO A TERRA"
ESCP

Capítulo 14

MONTANHAS SURGIDAS DO MAR

No início deste século foi feita uma descoberta extraordinária no alto das Montanhas Rochosas canadenses. Um burro de carga, que acompanhava um geólogo, pisou numa placa de folhelho preto, virando-a. Incrustados na rocha havia restos de animais que haviam vivido no mar. Ainda mais surpreendente era o fato de que as partes moles de organismos delicados como água-viva e vermes marinhos estavam perfeitamente preservadas. Esta descoberta de fósseis forneceu importantes evidências acerca da origem das rochas que constituem as Montanhas Rochosas.

Os fósseis foram achados em rochas que tinham se formado a partir de sedimentos marinhos ricos em organismos. Há cerca de 500 milhões de anos atrás estes organismos estavam enterrados na areia e na lama do fundo do mar, quando então foram cobertos e comprimidos por depósitos que chegaram a atingir diversos quilômetros de espessura.

Existem outras evidências de que rochas atualmente encontradas no alto das montanhas foram originalmente depositadas no mar? O que a estratificação (disposição em camadas) das rochas sugere? Estas rochas poderiam haver estado algum dia no fundo de uma bacia oceânica? Se você comparar alguns fósseis com certos animais atuais, encontrará diversas semelhanças. Qual a importância deste fato?

Parece óbvio que muitas rochas encontradas hoje no alto das montanhas originalmente constituíram depósitos de sedimentos no mar. Como conseguiram elevar-se tanto acima do nível do mar? Até agora ninguém conseguiu dar uma resposta precisa a esta questão.

No capítulo anterior você viu o que acontecia aos sedimentos quando finalmente chegavam ao mar. Agora você irá investigar alguns aspectos do assoalho marinho e algumas atividades da crosta terrestre que se verificam tanto nas bordas dos continentes como nas profundezas do mar. A

partir disto, você terá condições para formar uma idéia de como os sedimentos do fundo do mar podem vir a fazer parte das mais altas montanhas da superfície terrestre.

14.1 Desenvolvimento de uma idéia — Uma excursão de James Hall ao campo

Por volta de 1837, James Hall, geólogo pertencente ao Serviço Geológico do Estado de Nova York, ficou perplexo com a grande espessura de sedimentos típicos de águas rasas que encontrou a oeste desse Estado. Ficou intrigado também com as inexplicáveis variações na espessura de cada camada rochosa, bem como com o fato de algumas delas se apresentarem inclinadas apesar de terem sido originalmente depositadas em camadas horizontais ou aproximadamente horizontais.

Usando o mesmo tipo de informações utilizadas por Hall, você terá oportunidade de repetir alguns estudos de campo feitos por esse geólogo. Reúna evidências na área que se estende desde Buffalo, Nova York, até a oeste de Massachusetts, conforme é mostrado na figura 14.1. Observe as fotografias da figura 14-2 e tente reconstruir os eventos passados, interpretando as evidências ali apresentadas.

Trace um perfil geológico ao longo da rota apresentada na figura 14-1. Utilize os dados da Tabela 14-1 para estabelecer espessura das camadas de rocha em cada uma das estações. Já que todos os sedimentos se depositaram sob a superfície oceânica, aqueles que estiverem no topo da bacia devem ser planos. A unidade de rocha I está acima da unidade de rocha II.



PROCEDIMENTO

Fig. 14-1 — Mapa mostrando a localização das estações incluídas nesta investigação.

TABELA 14-1 ESPESSURA EM METROS DAS ROCHAS SEDIMENTARES SITUADAS ABAIXO DA SUPERFÍCIE AO LONGO DA ROTA APRESENTADA NA FIGURA 14-1

ESTAÇÕES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UNIDADE DE ROCHA I	900	1500	1500	1500	1500	2000	2500	0	0	?
UNIDADE DE ROCHA II	300	250	650	3000	3300	3300	3000	3300	3000	?

EVIDÊNCIAS DE
GEOSINCLINAIS

UNIDADES INTRODUTÓRIAS DA OBRA
"GEOLOGIA GERAL"
DE POPP

COPYRIGHT © 1979, JOSÉ HENRIQUE POPP

Proibida a reprodução, total ou parcial, e por qualquer processo, sem autorização expressa do Autor e da Editora.

Capa: AG Comunicação Visual

CIP-Brasil. Catalogação-na-fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ.

Popp, José Henrique. P866g Geologia geral / José Henrique Popp. -- Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.
Bibliografia ISBN 85-216-0015-1
1. Geologia I. Título
79-0655
CDD - 550 CDU - 55

ISBN 85-216-0015-1

Direitos reservados por:
LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA S. A.
Av. Venezuela, 153 - Centro
20220 - Rio de Janeiro - RJ
1979
Impresso no Brasil

PREFÁCIO

Recentemente, no Brasil, o estudo da geologia geral foi incluído como disciplina curricular de diversos cursos da área de ciências além daqueles que tradicionalmente tratavam dessa matéria, como os cursos de engenharia, geografia, biologia e o próprio curso de geologia.

Enquanto o campo da geologia geral ganha novos estudantes, as fontes de consultas não têm acompanhado esse crescimento, notadamente no que se refere ao livro didático, pois permanece como único compêndio de geologia geral feito no Brasil a obra dos eminentes Profs. Viktor Leinz e Sérgio Estanislau do Amaral, agora em sua 7ª edição.

Os similares disponíveis no mercado são de origem estrangeira e, por isto, traduzem uma realidade distinta e que nem sempre pode ser constatada em nosso meio, uma vez que utilizam, naturalmente, exemplos dos países de origem, sendo estes, por conseguinte, inadequados aos iniciantes nos estudos das ciências geológicas.

Neste volume encontram-se reunidos os três grandes campos da geologia geral, ou seja, a mineralogia, a petrologia e a geologia geral propriamente dita. Em contraste com os tradicionais compêndios, neste, a extensão da matéria se limita aos programas usualmente exigidos pelos cursos brasileiros. Os conceitos básicos são seguidos, sempre que possível, de ilustrações, exemplos e mesmo história geológica, tomados da geologia brasileira, por vezes entremeados de informações suplementares, mas não menos importantes, expressas em gráficos e tabelas de modo a fornecer o maior número de informações de maneira concisa e objetiva. Julgamos importante a inclusão de um esboço da geologia do Brasil e também um pequeno capítulo referente aos recursos energéticos, particularmente brasileiros, hoje em fase de intensa pesquisa e debates.

Nosso atual estágio de desenvolvimento tem requerido cada vez mais conhecimentos da área de geologia, quer como ciência em si, quer como ciência aplicada. No campo da engenharia, os conhecimentos de geologia tornam-se dia a dia imprescindíveis, e o trabalho do geólogo lado a lado com o engenheiro somente é possível quando ambos falam uma linguagem comum para a solução de problemas comuns.

A geografia física e a geomorfologia dependem estreitamente dos conhecimentos de geologia para a compreensão da evolução das formas de relevo, hoje amplamente utilizadas nas fotografias aéreas, particularmente naquelas obtidas através de imagens de satélites. Nosso território está sendo pesquisado ainda em escala de grandes estruturas, permanecendo desconhecido em seus detalhes — não obstante os projetos como o RADAM-BRASIL, CPRM, NUCLEBRÁS, NUCLAM, PETROBRÁS, entre outros, que se destinam à busca de recursos minerais e energéticos ou de melhores condições para as práticas agrícolas ou reflorestamentos através do estudo dos tipos de solos e rochas e preservação ambiental.

8 / PREFÁCIO

Expressamos nossos agradecimentos aos Professores da Universidade Federal do Paraná Dr. Riad Salamuni, pelas contribuições e críticas dos capítulos referentes a água de superfície, água subterrânea e bacias brasileiras; à Profª Cristina C. Fay, pela revisão e colaboração emprestada na parte concernente à mineralogia; à Profª Rosemary Dora Becker, pela inestimável contribuição na leitura e revisão dos textos de toda a obra; igualmente, à Profª Dulcinéia G. Delattre, do Departamento de Biblioteconomia da Universidade Federal do Paraná, pela orientação prestada nas referências bibliográficas; ao desenhista Takashi Dairiki e à Sra. Adela Dec Gapiski, pelos serviços de datilografia, bem como ao estagiário Max Palmer e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que esta obra se realizasse. Todas as críticas e sugestões que possam aprimorar nosso trabalho serão recebidas como uma contribuição ao ensino da geologia no Brasil.

O AUTOR

INTRODUÇÃO

O QUE É A GEOLOGIA ?

A geologia é a ciência da Terra, de seu arcabouço, de sua composição, de seus processos internos e externos e de sua evolução. O campo de atividade da geologia é, por conseguinte, a porção da Terra constituída de rochas que, por sua vez, são as fontes de informações. Entretanto, a formação das rochas decorre de um conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos, donde os interesses se entrecruzam repetidamente.

É objeto da geologia geral o estudo dos agentes de formação e transformação das rochas, da composição e disposição das rochas na crosta terrestre.

A petrologia é a ciência das rochas no sentido estrito, constituindo a base das ciências geológicas. A paleontologia descreve e classifica os antigos seres vivos que se encontram nas rochas. A geologia histórica descreve os eventos biológicos e estruturais dentro de uma cronologia. A estratigrafia ordena as rochas estratificadas, sistematizando-as a partir das mais antigas.

A geografia, cujos campos de ação estão na superfície da Terra e seus habitantes, quando se ocupa da conformação da crosta e da sua evolução (geografia física), passa a ser um campo especial da geologia. Estas são algumas das ramificações da geologia entre inúmeras outras, notadamente de sentido prático e aplicado à pesquisa de minerais ou às obras de engenharia.

HISTÓRICO DA GEOLOGIA

Conceitos Primitivos

Até meados do Séc. XVIII persistiu um "obscurantismo" com relação ao interesse pelos fenômenos geológicos naturais. É provável que esse desinteresse tenha sido influenciado pelas idéias dominantes na época proveniente de uma observância do livro do *Gênesis*, que considerava que todo o tempo geológico não ultrapassava alguns poucos milhares de anos. Segundo tais idéias, as rochas sedimentares tiveram origem na ação do dilúvio bíblico e os fósseis eram interpretados como uma evidência de seres de invenções diabólicas afogados pelo dilúvio.

Não havia até então estímulos à especulação pela crosta terrestre, exceto na busca de minerais úteis. Nessa época, além das observações esparsas de filósofos gregos haviam surgido publicações de manuais de mineralogia que tratavam de métodos de mineração e metalurgia escritos por Agricola (1494-1555).

Na segunda metade do Séc. XVIII as observações científicas de Steno, na Itália, e Hooke, na Inglaterra, produziram interpretações corretas do significado cronológico da sucessão de rochas estratificadas.

Arduino, em 1760, classificou rochas de uma região da Itália em primárias, rochas cristalinas; secundárias, rochas estratificadas com fósseis; e terciárias, rochas pouco consolidadas com conchas.

James Hutton (1726-1797) recusou-se a imaginar a criação da Terra a partir de um dilúvio, ou seja, um evento repentino e único. Examinando as rochas estratificadas, encontrou vestígios de repetidas perturbações nas rochas em alternância com longos e calmos períodos de sedimentação. Em muitos lugares constatou que uma sequência de estratos assenta sobre camadas revolvidas, enquanto que, em outros, corta camadas inclinadas. Ele explicou que inicialmente ambas as camadas eram horizontais, porém a mais inferior foi erguida e erodida antes da deposição da camada seguinte. Dessa forma, a história da crosta terrestre era a da "sucessão de mundos anteriores". Suas contestações foram resumidas na célebre frase "não encontramos nenhum sinal de um começo, nenhuma perspectiva de um fim".

O ponto de vista de Hutton veio a ser chamado "uniformitarismo", pois seus argumentos foram baseados nas observações da erosão nos rios, vales e encostas, concluindo que todas as rochas se formaram de material levado de outras rochas mais antigas e explicando a formação de todas as rochas com base nos processos que estão agora operando, não se exigindo, para isto, outra coisa senão o tempo.

Abraham G. Werner (1749-1815), um dos mais persuasivos e influentes mestres europeus, defendia arduamente uma doutrina denominada "netunista", a qual se coadunava melhor com a história bíblica. Tal doutrina sustentava que todas as rochas haviam sido formadas a partir de um oceano primitivo único que no passado cobriu toda a Terra. As rochas calcárias, graníticas e basálticas formavam-se a partir de precipitados químicos. Quando a água recuou, ficaram expostas todas as rochas com a configuração que hoje se encontra por sobre toda a superfície terrestre.

A tese de Hutton sobre o uniformitarismo, embora muito popular, não conseguiu suplantar a de Werner naquela época, só logrando liderança efetiva com Charles Lyell (1797-1875).

William Smith (1769-1839), modesto engenheiro inglês, prestou pouca atenção às controvérsias existentes na época entre os "netunistas" e os "uniformitaristas", se é que realmente teve notícias da existência de tais discussões.

Trabalhando com movimentação de terras, escavações de canais e construção de estradas, foi incorporado a uma equipe que trabalhava na construção do canal de Somerset. Para isto havia sido enviado inicialmente para o norte da Inglaterra para estudar métodos de construção de canais. Aproveitando a viagem para examinar as rochas expostas, cada vez mais se confirmavam suas suspeitas: as mesmas formações que conhecia no sul da Inglaterra se estendiam pelo norte e dentro da mesma ordem. Smith trabalhou cinco anos no canal de Somerset, quando descobriu que, entre diversas formações já conhecidas, muitas eram semelhantes à primeira vista, porém tinham uma característica que as diferenciava: os fósseis que continham não eram os mesmos. Descobriu então que os sedimentos de cada época tinham seus fósseis específicos. Smith divulgou, nessa ocasião, o primeiro mapa geológico, com divisões estratigráficas baseada nos fósseis.

Outras investigações científicas realizadas posteriormente na Europa por Cuvier e Lamarck, entre outros, terminaram por afastar a doutrina do netunismo. Com a publicação da obra *Princípios de Geologia*, de Charles Lyell, os conceitos de Hutton passaram a ser a idéia dominante. Em sua obra Lyell expôs com clareza os conhecimentos científicos da época com apoio na doutrina de que o presente é a chave do passado. As unidades geológicas foram dispostas em ordem cronológica por "grupos" e estes foram subdivididos em "períodos".

A grande obra de Lyell teve substancial influência no preparo do terreno para o florescimento das idéias de Charles Darwin desenvolvidas no Séc. XIX a respeito da evolução dos seres vivos.

As Pesquisas Pioneiras no Brasil

O primeiro trabalho científico realizado no Brasil (publicado em 1792) foi da autoria de José Bonifácio de Andrade e Silva e seu irmão Martin Francisco Ribeiro de Andrade sobre os diamantes no Brasil.

José Bonifácio devotou-se à mineralogia brasileira e na Alemanha assistiu a aulas proferidas por Werner, chegando a lecionar na Universidade de Coimbra.

Em 1833 o alemão Wilhem L. von Eschwege, engenheiro de minas, publica *O Plúto brasileiro*, sobre a geologia e mineralogia brasileiras.

Von Martius publica em 1854 um mapa geológico da América do Sul.

As primeiras pesquisas no campo da paleontologia foram realizadas pelo dinamarquês Peter Wilhelm Lund, descrevendo as ossadas de vertebrados pleistocênicos encontradas nas cavernas de Minas Gerais. Em seguida, Agassiz estuda peixes fósseis do Ceará enviados por Gardner, botânico inglês que visitara o Brasil.

Em 1875 foi organizada a primeira Comissão Geológica do Império do Brasil, objetivando o estudo da estrutura geológica, da paleontologia e das minas do Império, cuja direção coube ao geólogo canadense Charles Frederick Hartt, que já vinha trabalhando no Brasil desde 1865 e em 1870 havia publicado a obra *Geology and Physical Geography of Brazil*.

Em 1878 Orville A. Derby publica uma obra sobre a geologia e a paleontologia do Paraná.

Os brasileiros João Martins da Silva Coutinho e G. S. Capanema foram os pioneiros na investigação geológica da Amazônia e da faixa atlântica.

Com a fundação da Escola de Minas de Ouro Preto, a partir de 1876 tem o Brasil iniciada a formação de geólogos que viriam a trazer grande impulso à pesquisa e ao ensino de geologia no País.

A N E X O 7

CAPÍTULO 16
"GEOLOGIA GERAL"
LEINZ & AMARAL

A origem das montanhas e teorias geotectônicas

Generalidades

As elevações que se destacam numa região atraem a atenção do observador de tal forma, que já os antigos gregos cogitavam da origem desta configuração morfológica, que tanta beleza empresta à paisagem. PITÁGORAS explicava as montanhas como sendo o resultado do intumescimento produzido por vendavais fortíssimos subterrâneos. Este filósofo descreve uma colina, interpretada por ele como tendo sido plana em outras épocas, sendo mais tarde inflada pelos ventos. ARISTÓTELES advoga, igualmente, a importância destes vendavais subterrâneos na formação das montanhas e também na produção dos terremotos. LEONARDO DA VINCI reconheceu o papel da erosão, que esculpe as montanhas, sem contudo advogar outras causas. AGRÍCOLA já classificou as montanhas em cinco categorias, segundo a sua gênese: as formadas pela erosão, pelo depósito dos ventos, pelos ventos subterrâneos, por terremotos e, finalmente, pelos vulcões. NICOLAUS STENO foi provavelmente o primeiro a relacionar a perturbação dos estratos de rochas sedimentares com a formação das montanhas, dizendo ainda que todas elas "não existiram desde o início das coisas", sendo portanto geradas após a fase de sedimentação. Em fins do século XVIII, DE SAUSSURE, um dos primeiros a estudar

a geologia dos Alpes, reconheceu a importância das montanhas no estudo da Geologia. Pôs em evidência o fato de existirem milhares de metros de rochas expostas nas áreas montanhosas, que ao seu ver representam verdadeiras páginas imprescindíveis ao conhecimento do histórico da crosta terrestre.

O conceito popular de montanha é impreciso, pois, numa região plana, uma elevação de 100m se destaca na paisagem, o que não se dá numa região acidentada. Geralmente as elevações se agrupam, formando as serras. Estas, às vezes, podem ser tomadas em conjunto, constituindo as cordilheiras, como a dos Andes ou Himalaia.

As diferentes formas de montanhas são classificadas segundo os tipos de forças que as originaram. A morfologia exterior é, freqüentemente, apenas o resultado da ação erosiva e da denudação.

São diversos os fatores que determinam estas consideráveis elevações: podem ser de natureza vulcânica, erosiva, ou originar-se por falhamentos ou por dobramentos. Tal subdivisão, contudo, é feita para facilitar a explicação sistemática, mas na realidade, muitas vezes, acham-se intimamente associados. Assim é que a maioria dos vulcões ocorre em áreas perturbadas por tectonismo recente, responsável por elevações tectônicas. Também as montanhas originadas por

processos erosivos necessitam da força tectônica que soergue a região a ser gustada. Aquelas, originadas por dobramentos, muito comumente associam-se também a falhas. Muito embora nem sempre ocorram separadamente os tipos citados, passemos à descrição de alguns exemplos que esclareçam estes processos.

Montanhas de origem vulcânica

Já nos referimos às grandes elevações vulcânicas no capítulo XI. Tais elevações são formadas pelo acúmulo de material expulso, proveniente de partes profundas da crosta terrestre. Às vezes predominam lavas, como nos vulcões havaianos, outras vezes o material piroclástico, como é o caso do Parícutin, célebre por ter-se formado nos nossos dias, e, finalmente, ambos associados, lava e tufo, como no tipo estrato-vulcão, cujo exemplo clássico é o Vesúvio. Estas grandes elevações podem ter duração efêmera. Em pouco tempo a erosão as dilapida, não somente pela fácil decomposição química das lavas, geralmente porosas e desagregáveis, como também, pela pouca coerência dos tufo, quase sempre mal consolidados.

O Chimborazo e o Aconcágua, situados na cordilheira dos Andes, são notórios pelas suas grandes altitudes. Acham-se, contudo, situados em regiões soergidas, graças a tectonismo recente. Já o Vesúvio ergue-se abruptamente de uma região baixa, e as ilhas vulcânicas do Havai formam montanhas com mais de 9.000 metros de altura sobre o fundo oceânico, sendo que o Mauna Loa alteia-se a 4.200 metros acima do nível do mar.

Montanhas produzidas por dissecação erosiva de planalto

Regiões apiainadas ou mesmo originalmente planas, como são as formadas pelo entulhamento de lagos ou mares fechados, podem sofrer a ação de forças epirogenéticas

que determinem o seu levantamento sem deformações tectônicas consideráveis. Do desnível resultante, a consequência imediata é a erosão estimulada com maior ou menor intensidade. O estágio inicial pode ser exemplificado com o caso clássico do Grande Canhão do Colorado, que se encontra em ativa fase de erosão num planalto elevado. Passados uns poucos milhões de anos os tributários do Colorado, juntamente com os demais rios que drenam o planalto, terão dissecado parcialmente o planalto, perdurando somente as áreas correspondentes aos divisores das águas e aquelas localizadas nas nascentes dos rios. Formarão, desta maneira, montanhas causadas pela erosão. No caso citado, o planalto em vias de dissecação é constituído de rochas paleozóicas até mesozóicas, numa seqüência quase contínua e sem perturbações tectônicas. São quase horizontais, o que influirá na morfologia das elevações, o mesmo não se dando se as rochas forem previamente perturbadas. Como exemplo nacional de montanhas resultantes de processos erosivos, pode ser citada a serra Geral do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina. É formada por bancos horizontais de derrames basálticos, superpostos a arenitos desérticos mesozóicos. O planalto do Rio Grande do Sul está sendo dissecado profundamente pelos rios Pelotas, Uruguai, Jacuí e seus afluentes (figura 16-1). As escarpas abruptas, que atingem até 1.000m, são em parte devidas a falhamentos locais. Nos Estados de São Paulo e Paraná, a serra Geral não tem a forma típica de uma montanha. É uma escarpa de 200m de altura, que se estende desde o norte de São Paulo até o sul do Paraná, com diversas interrupções que dão passagem aos rios que demandam rumo noroeste. A fig. 5-20 mostra que, com a regressão destas escarpas, formam-se elevações isoladas de topoplano, denominadas *mesas*, que representam outro tipo de montanha formada por processo erosivo. Exemplo análogo poderia ser citado com as elevações de sedimentos cretáceos do Nordeste

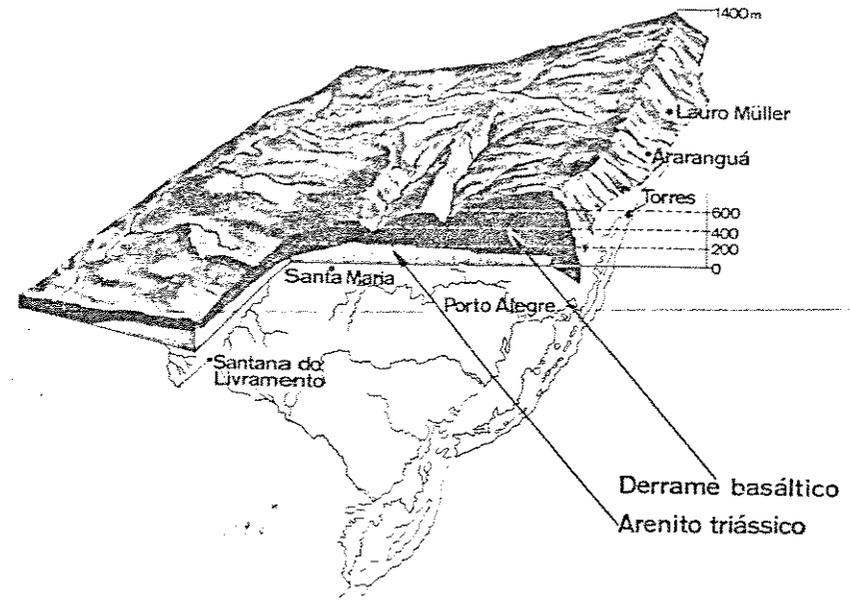


Fig. 16-1

Elevações montanhosas produzidas pela dissecação de planaltos. No caso presente o planalto é formado de diversos derrames basálticos sucessivos, que se deram por sobre os desertos triássicos (arenito Botucatu), sendo depois elevados epirogenicamente e agora intensamente entalhados pela drenagem, formando as elevações (segundo Leinz, modificado).

brasileiro, que formam mesas ou grandes tabuleiros. Poderão ainda ser citadas neste parágrafo as elevações produzidas pela erosão diferencial em corpos mais resistentes, dentre os quais os mais comuns são as intrusões magnéticas. Exemplo interessante pela beleza paisagística ocorre, entre vários outros, em Campos do Jordão, na Pedra do Baú, que se destaca nitidamente no relevo já bastante acidentado.

Montanhas produzidas por falhamentos

São várias as possibilidades da formação de elevações e montanhas motivadas

por falhas, podendo verificar-se a elevação de blocos numa região baixa, ou o abatimento em áreas elevadas, formando as fossas tectônicas (figs. 15-11 e 15-12) ou ainda, pode dar-se o levantamento geral dos blocos, uns mais do que os outros, como também, um abaixamento irregular. As montanhas de falhamento são caracterizadas pelo deslocamento principal no sentido vertical. Podem ocorrer flexuras, mas faltam as deformações plásticas. Contudo, em certos lugares ocorrem deslocamentos quase horizontais como falhas de empurrão, podendo gradativamente passar para regiões dobradas.

Às vezes a idade do falhamento é bastante antiga. Porém, sendo as falhas situa-

das sobre zonas instáveis, elas podem repetir-se e se reativarem várias vezes, com o decorrer do tempo geológico. As escarpas existentes na serra do Mar e da Mantiqueira são admitidas como tendo sido formadas por falhamentos, talvez decorrentes de movimentos basculantes. O estágio de acentuada juventude erosiva dos rios que se dirigem para o mar indica que este levantamento se deu em época recente, sob o ponto de vista geológico, provavelmente no terciário. Muito embora não haja evidências diretas de grandes deslocamentos produzidos por falhas, as configurações do terreno e as inúmeras zonas milonitizadas são sugestivas da ocorrência deste fenômeno.

As montanhas formadas por falhamento podem associar-se às cadeias de dobramento, tanto do ponto de vista geográfico como do sincronismo, significando aqui a ação conjunta dos vários e complexos esforços tectônicos orogênicos. Mas também regiões já há muito tempo fixas e estáveis podem sofrer um rejuvenescimento tectônico parcial, movimentando massas antigas, como na serra do Mar.

Montanhas produzidas por dobramentos

As mais famosas cadeias de montanhas do mundo, pelas suas dimensões, não so-

mente em área, como também pelas altitudes, são encontradas em áreas sujeitas às mais complexas perturbações, entre as quais, grandes e complicados dobramentos. Complicados, pelo fato de se associarem frequentemente a falhas, inclusive as do tipo *nappe*, onde se dá o deslizamento de massas rochosas, por vezes até de quilômetros de extensão, distante de suas raízes. Como exemplo clássico deste tipo de estrutura, responsável pela formação de montanhas, podem ser citados os Alpes (fig. 16-2). Apesar de gerações de geólogos se terem dedicado ao estudo pormenorizado destas montanhas, muitos problemas estruturais não foram ainda devidamente esclarecidos. Juntamente com os Alpes devem ser citados os Apeninos, Cárpatos, Cáucaso e o Himalaia. No continente americano citaremos os Andes e as Montanhas Rochosas, fazendo parte, como ilustra a fig. 16-3, da área perturbada pelo tectonismo cenozóico, que por sinal perdura até os nossos dias, sendo às vezes altamente desastroso, pelos abalos sísmicos consequentes.

As cadeias de montanhas originadas pelos dobramentos possuem vários caracteres em comum. Assim, grandes massas sedimentares marinhas, às vezes com intercalações magmáticas, ocupam hoje uma área cuja extensão é consideravelmente menor do que originalmente. Tudo mostra que a

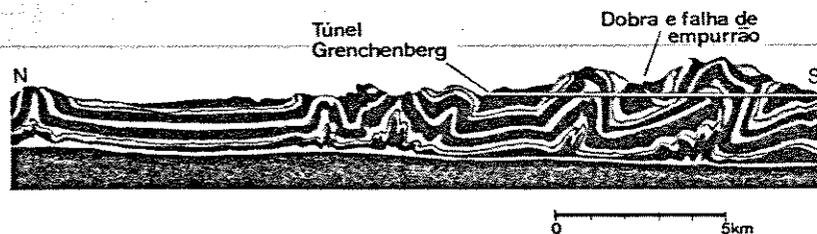


Fig. 16-2

Traços gerais da estrutura dos Alpes, numa secção através das montanhas do Jura, entre Suíça e França. Note-se a complexidade das dobras conjugadas com falhamentos (seg. Buxtorf).

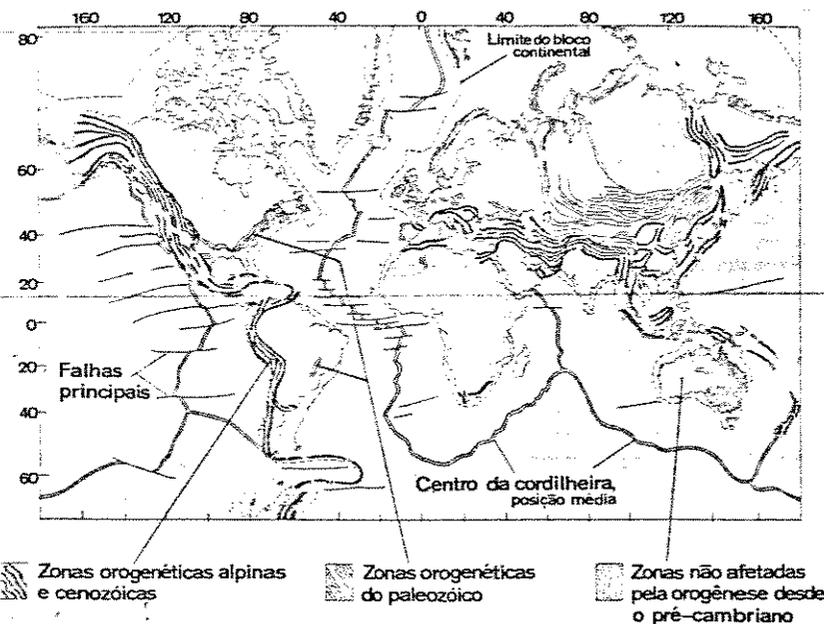


Fig. 16-3

Distribuição das zonas de orogénia cenozóica, orogénia paleozóica e das regiões não mais afetadas pelos movimentos orogénicos desde o Pré-cambriano.

crosta sofreu um deslocamento horizontal e um enrugamento. A. HEIM calculou que os Alpes atuais ocupariam antes do dobramento uma área acrescida, correspondente a uma faixa de 120km de largura, em toda a extensão das cordilheiras. Considerando-se todas as montanhas modernas formadas pelos dobramentos, este autor admite que o enrugamento total equivale à área de um fuso de quase 1.000km na linha do equador, o que corresponderia a cerca de 3% da circunferência do globo terrestre. O valor exato desta redução horizontal é discutível, mas não o fato em si. O aspecto peculiar a estas cadeias orogênicas é o da sua cons-

trução bilateral. Os dobramentos realizam-se em duas direções opostas (o que os alemães denominam *Vergenz*), mas não necessariamente simétricas na intensidade do grau de dobramento, manifestando ao contrário grande assimetria. Ambos os ramos das dobras curvam-se em direções opostas, voltando-se para os lados do "antepaís" que constitui a área estável que delimita lateralmente ambos os lados do geossinclinal. A zona central, de onde divergem as dobras, é mais sujeita à ação magmática, motivo pelo qual frequentemente se encontra afetada por intenso metamorfismo e intrusões magmáticas. Os dobramentos seguem suces-

sivas fases no tempo. Atividades vulcânicas intensas acompanham com muita frequência os processos de formação destas cadeias, como mostra claramente a fig. 16-5. Estas cordilheiras ainda formam, normalmente, arcos suaves e sucessivos, apresentando formas sinuosas.

Finalmente um característico bastante conspicuo e decisivo é que as grandes cadeias de dobramento têm o seu berço num geossinclinal.

Na maioria das vezes não há relação alguma entre a forma topográfica e a configuração do dobramento, pois a erosão pode obliterar a forma original da estrutura. Assim é que nem sempre uma anticlinal coincide com uma elevação ou um sinclinal com uma depressão. No decorrer do soergimento geral da área amarrutada pelas dobras, as partes mais elevadas, que correspondem às anticlinais, são afetadas pelo desgaste erosivo antes das partes sinclinais, que se situam mais embaixo. Por isso, mais comumente, os sinclinais formam as partes mais altas, configuração em geral observada nas montanhas alpinas. Estas, juntamente com o Himalaia, Andes e Rochosas, devem sua origem a esforços orogenéticos recentes ainda hoje ativos (fig. 16-3).

Graças à estabilidade tectônica do nosso País, não temos exemplos de elevações produzidas por dobramentos recentes. As montanhas da serra do Espinhaço, constituída de rochas metamórficas perturbadas e de estrutura bastante complexa, têm relação com o fenômeno do dobramento, que é, entretanto, muito antigo, pois encontra-se arrasado quase até a raiz. Tais dobramentos, levantados e expostos à erosão, mostram a estrutura já delineada, como acontece com as montanhas dos Apalaches.

Geossinclinal

Há muito tempo verificou-se que as grandes e altas cadeias montanhosas são em parte constituídas por sedimentos marinhos, em boa parte deformados. Foi J. HALL que em 1857 enunciou claramente este fenômeno, por ele estudado nas montanhas apalachianas, tendo verificado que sedimentos típicos de mares rasos podem atingir na parte central cerca de 12.000m de espessura, diminuindo sensivelmente nas bordas (figura 16-4). Nestas, embora seja menor a espessura, os sedimentos são típicos de mares profundos. Foi assim conduzido a admitir que a zona central dos Apalaches se situa

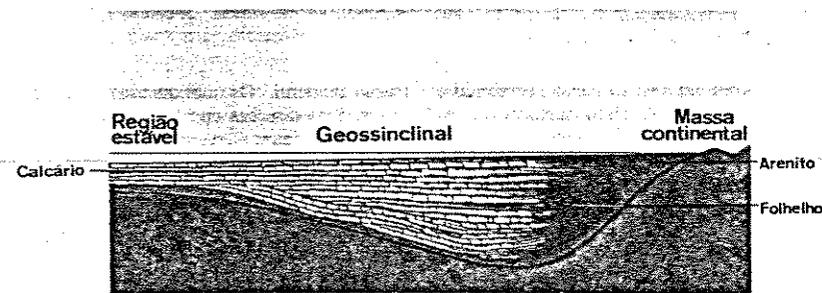


Fig. 16-4

Seção EW do geossinclinal apalachiano, antes da perturbação orogenética. Do lado este acha-se representada a zona instável, sujeita à subsidência e acúmulo, com a formação de sedimentos característicos de águas rasas e movimentadas, em zona próxima à área fornecedora dos detritos. Do lado oeste os sedimentos são pouco espessos e de mares profundos e distantes da área fornecedora (seg. Grabau).

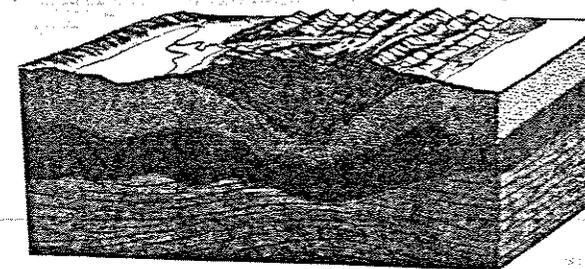
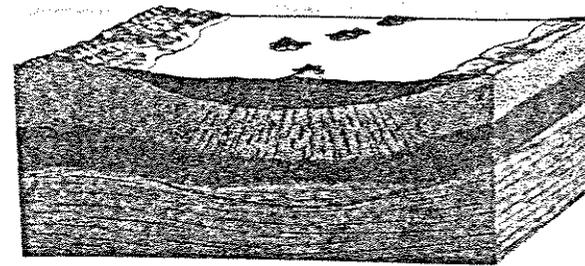


Fig. 16-5
Fases da evolução de um geossinclinal, em secção normal ao seu eixo maior. Em cima acha-se representada a fase inicial de subsidência e simultâneo acúmulo de sedimentos, afetados por vulcanismo basáltico. De ambos os lados acha-se a região estável do antepaís, que se levanta e se desgasta pela erosão, cujos detritos se acumulam à medida que o geossinclinal se abate. No meio tem-se a fase de dobramento acompanhada de intensa atividade magmática ácida, com intrusões graníticas e grande intensificação do afundamento do geossinclinal já deformado. Surgem como consequência do dobramento várias ilhas e formam-se depressões secundárias no sentido do maior eixo. Embaixo, na fase final estabiliza-se o tectonismo, dando-se o arqueamento geral da região, o que se denomina *undação*, fenômeno interpretado como resultado do equilíbrio gravitativo das massas leves junto ao substrato mais denso. Diversos falhamentos laterais ocorrem junto às camadas dobradas, e uma nova bacia alongada, subsidiária, forma-se à esquerda da área dobrada e soerguida, já em vias de desgaste erosivo (seg. Umbgrove).

numa parte da crosta, sujeita à maior densação, acumulando-se nela sedimentos das maiores espessuras conhecidas. A faixa mais espessa da zona central é estreita, muito alongada e arqueada.

DANA em 1873 introduziu o termo *Geossinclinal* para tais faixas marinhas de muitas centenas de km de comprimento e de de-

zenas de km de largura, em subsidência com a contínua sedimentação.

E. HAUG, em 1900, chamou a atenção que o entulhamento dos geossinclinais é caracterizado por uma sedimentação marinha de águas rasas, quase ininterrupta, sendo realizado até a profundidades de 900m.

Admite-se hoje que o peso dos sedimentos não é suficiente para deformar a crosta. A subsidência é um fenômeno próprio do geossinclinal, provocado por fenômenos tectônicos, e a sedimentação espessa é consequência, mas não causa do afundamento. Concomitantemente, a região que delimita o geossinclinal experimenta sucessiva ascensão, e conseqüentemente forma a sede de intensa erosão mecânica, que vai prover a bacia de sedimentos clásticos.

Característica importante é que a maioria dos sedimentos é de caráter nerítico, indicando que as velocidades de subsidência e de sedimentação andaram equilibradas, mantendo-se uma profundidade pequena, apesar do afundamento contínuo.

O geossinclinal freqüentemente fragmenta-se temporariamente em bacias parciais com *facies* sedimentar própria, mas une-se de novo posteriormente. O afundamento contínuo da base do geossinclinal e sua grande mobilidade são intimamente ligados a atividades magmáticas. São elas normalmente de caráter básico. Lavas e tufos basálticos ocorrem como intercalações nos sedimentos. Mas também gabros e serpentinitos (peridotitos hidratados) são freqüentes. Interessante é que o magmatismo básico na fase de geossinclinal muda para atividades ácidas no princípio do processo orogenético (fig. 16-5).

Estes magmas "sinorogenéticos" têm a composição de granitos e de seus derivados. São rochas silico-aluminosas que aparecem bruscamente, substituindo as derivadas das atividades básicas iniciais. O magmatismo ácido perdura por longo tempo, e pode permanecer até o período pós-orogenético, apresentando-se aqui como vulcanismo ácido ou intermediário. Finalmente, já na estabilização orogenética, pode terminar o ciclo magmático com vulcanismo final basáltico. A análise dos mapas paleotectônicos (ver citação de **TERMIER** na bibliografia) mostra que no decorrer das eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica, muitos geossinclinais cicatrizaram-se definitivamente, como

por exemplo o Caledoniano (lado ocidental da Península Escandinava), cuja duração foi do Cambriano até o Siluriano. Outros geossinclinais cicatrizaram-se temporariamente, para voltar à sua atividade inicial de subsidência após o levantamento orogenético. Mostra também a existência de áreas estáveis, inativas durante longo tempo geológico, e que mais tarde se transformaram em geossinclinal. O mais duradouro de todos, muito embora se tenha cicatrizado por duas vezes (a primeira, durante o Carbonífero Superior a Permiano Inferior, e a segunda, no decorrer do fim do Cretáceo ao início do Terciário), localizava-se em toda a costa oriental do continente australiano. Trata-se do geossinclinal *Tasmaniano*, que hoje forma as elevações montanhosas do sudeste da Austrália. Fenômenos análogos certamente se verificaram nos decorrer dos bilhões de anos que durou o Pré-cambriano. Contudo, a falta de fósseis e o metamorfismo que obliterou as estruturas e as rochas impossibilitam as correlações estratigráficas e a datação dos eventos tectônicos.

Velocidade da formação de um geossinclinal. — O afundamento é extremamente lento e muito irregular. As variações da velocidade refletem nas *facies* e na espessura da sedimentação. Os caracteres estruturais dos sedimentos denotam a existência de hiatos e erosão, tudo indicando a ocorrência de um movimento de sobe e desce, um vaivém contínuo, onde é mais pronunciado o movimento para baixo, resultando da subsidência geral da bacia. O tempo que leva para completar-se a evolução de um geossinclinal atinge vários períodos geológicos. O apalachiano perdurou por todo o Paleozóico (cerca de 300 milhões de anos) e o grande geossincline mediterrâneo — *Thetis*, desde o Paleozóico até ao Cenozóico.

A velocidade máxima da sedimentação é assim cerca de 1m em 30.000 anos, como valor médio.

Finalizando os conceitos relativos aos geossinclinais, admite-se, além da subsidên-

cia e sedimentação contínua, que eles representem os berços predestinados para as futuras cadeias de montanhas.

Assim, pode-se resumir a evolução de um geossinclinal nas seguintes fases orogenéticas:

1) *Fase pré-orogenética.* — Mar raso, com sedimentação intensiva e subsidência (fase geossinclinal).

2) *Fase orogenética inicial.* — Subsidência e sedimentação localmente aceleradas, sendo a sedimentação do tipo *Flysch* (caracterizada principalmente por grandes espessuras de grauvascas, dispostas em leitos de extensão considerável em área, e rítmicamente dispostos; são admitidos como sendo formados por correntes de turbidez periódicas). Relacionam-se a lombos submarinos, em parte, já aparecendo sobre o nível do mar. Atividade magmática intensa de caráter básico.

3) *Fase orogenética principal.* — Dobramentos intensivos, intrusões e efusões magmáticas ácidas. Sedimentação tipo *molasse* (sedimentos detriticos mais grosseiros enchendo depressões fechadas, locais). Elevação acima do nível do mar.

4) *Fase pós-orogenética*, com movimentos isostáticos e atividades efusivas interdiárias e básicas (fig. 16-5).

O conceito de geossinclinal foi ampliado ultimamente, mas talvez seja conveniente seguir **H. STILLE**, em 1936, que distinguiu: *Parageossinclinal*, que é uma bacia intracontinental, com subsidência menor, ausência quase total de magmatismo, e incapacidade para orogênese intensiva, distinguindo-se do verdadeiro geossinclinal ou *Ortogeossinclinal* que se situa entre massas continentais, bem como, adjacente a elas. Trata-se de bacias alongadas, de constante subsidência, com magmatismo e sedimentação intensiva e berço de futuras cadeias montanhosas de dobramento.

As causas e origens das forças orogenéticas

Para se entenderem os eventos da crosta terrestre torna-se necessária a análise das forças eventuais possíveis. As diferentes hipóteses *geotectônicas* procuram satisfazer às observações efetuadas na superfície.

Todas as hipóteses admitem, em comum, que as forças geotectônicas sejam as causas reais, localizando-se no interior, ou mesmo, abaixo da crosta terrestre propriamente dita. Assim sendo, estas regiões constituem a sede da causa, sendo acessíveis somente a poucos estudos e observações indiretas.

A Geologia dedica especial interesse ao conhecimento pormenorizado dos geossinclinais e do seu respectivo ciclo, porém vacila quando se propõe a dizer algo sobre a origem das forças que produzem uma revolução orogênica, porque recai em um domínio puramente especulativo. Assim, não há unanimidade na discussão deste importante tópico, pois várias teorias disputam o mérito da decifração da chave das forças que formam e comprimem um geossinclinal.

A controvérsia reside no problema de como explicar o mecanismo pelo qual a Terra cria forças de uma magnitude espantosa, capazes de deformar sua crosta e espessá-la e, ainda mais, de como os ciclos orogênicos se repetem na cronologia geológica, em uma verdadeira pulsação crustal. Sem dúvida, o calor é o agente mais conhecido, capaz de perturbar o equilíbrio da litosfera. A elevação da temperatura leva necessariamente à fusão das rochas e sua conseqüente expansão; o resfriamento, por seu turno, conduz à consolidação e decorrente contração.

Muito menos sabemos das regiões a poucos quilômetros debaixo de nossos pés do que das regiões situadas a centenas de quilômetros acima de nós.

Não é assim de estranhar-se que várias são as hipóteses geotectônicas que procuram explicar os fenômenos observados, relacionados com a formação das cadeias monta-

nhosas, tendo estas hipóteses adeptos e adversários, cheios de argumentos. Em todo caso, são 3 os principais grupos de hipóteses ou teorias, a saber:

- 1) A hipótese de contração.
- 2) A hipótese das correntes de convecção.
- 3) A hipótese das migrações continentais.

A explicação mais antiga, que é a da contração, é ainda hoje em parte aceita, com algumas ressalvas.

Teoria da contração. — Esta hipótese já foi esboçada por DESCARTES, e posteriormente elaborada por E. DE BEAUMONT, DANA e SUSS. Admite esta hipótese, como base, que o interior do globo terrestre está-se contraindo continuamente, desde os primórdios da sua solidificação superficial, devido à perda térmica constante.

A crosta, ou partes dela, uma vez consolidada, tender-se-ia a afundar no seu embasamento contraído, formando-se fendas e fraturas, e estes movimentos verticais determinariam esforços tangenciais, à maneira de cunhas que penetram num sólido qualquer, tendendo a forçar os lados.

Esta forma antiga e simplista da hipótese sofreu inúmeras críticas, às quais os defensores se adaptaram, mudando a idéia original, tendo em vista os novos conhecimentos. Assim, objeto-se que uma contração deveria ocorrer em toda crosta, com relativa homogeneidade, e não deveria haver áreas de tensões locais. No entanto a distribuição das cadeias montanhosas é irregular (fig. 16-3), o que é usado como crítica à hipótese da contração.

Os defensores desta teoria procuram explicar a irregularidade da distribuição na heterogeneidade da própria crosta, que seria originalmente anisotropa sob a ação destas forças. Haveria, então, zonas preferenciais, suscetíveis à deformação.

Contudo, a idéia básica da perda térmica da Terra, não é mais aceita como certa ou segura, tendo-se em vista a produção de energia térmica pela desintegração radioativa. Apesar disso, KOBER, em 1942, reformou o conceito da contração. Admitia que a Terra tenha passado por fases de densidade igual à do Sol, que é de 1,4, passando depois à fase atual, de densidade 5,5. Como as fases de condensação realizam-se sem a perda de matéria, infere-se que a Terra deva sofrer uma contração contínua e ainda em vigor.

SONDER estimou a intensidade da contração do globo terrestre durante o tempo geológico, fazendo uso de dados geológicos observados no campo. Calculou, assim, a redução horizontal dos antigos geossinclinais, hoje montanhas, tendo feito também considerações astronômicas e geodinâmicas. Admite ele que uma redução do raio terrestre, por contração, corresponderia a cerca de 1% em cada 200 milhões de anos. A tabela 16-1 representa os valores assim obtidos nestas precárias premissas. A formação das cadeias seria, desta maneira, provocada pela libertação da energia advinda da contração. As regiões móveis, por isso propícias às deformações, correspondentes às áreas dos geossinclinais, seriam assim comprimidas pela pressão horizontal resultante

TABELA 16-1
Contração suposta da terra no tempo geológico

Milhões de anos	Raio em km	Superfície em milhões de km ²	Volume em trilhões de km ³	Densidade
atual	6 370	510	1,08	5,52
1 000	6 700	564	1,25	4,7
2 000	7 000	616	1,44	4,2
3 000	7 400	698	1,7	3,5
4 000	7 800	763	1,98	3,0

da aproximação das massas continentais, como se os geossinclinais fossem apertados entre mandíbulas de um torno.

Há pouco mais de duas décadas SONDER tentou ainda explicar desta maneira os dois grandes sistemas montanhosos terciários existentes na Terra. A cinta mediterrânea, com direção de EW, possui um comprimento de cerca de 20.000km e a cinta que segue o meridiano, partindo das Filipinas, passando pelas Aleutas, percorrendo de norte a sul todo continente americano até a Antártida, estende-se por 26.000km. Estas duas cintas encontram-se formando um ângulo quase reto. SONDER deduziu deste fenômeno que a crosta sofre tensões devido à contração secular e graças à mobilidade da crosta sobre o núcleo. Segundo este autor, as componentes resultantes deste esforço mecânico, produzido pela tensão na periferia de uma esfera, resultam em dois semicírculos, perpendiculares entre si. Tal afirmativa é baseada em dados teóricos juntamente com dados experimentais.

Mas, apesar das reformulações constantes desta antiga hipótese, muitos estudiosos não advogam mais seus postulados, principalmente pela dificuldade em admitir-se a transmissão dos esforços sobre vastas distâncias.

Teoria das correntes de convecção. — Várias idéias relativamente novas procuram explicar os fenômenos orogenéticos pelas supostas correntes de convecção do substrato da crosta terrestre. Tais idéias têm em comum que os movimentos verticais e horizontais da litosfera são originados por correntes e deslocamentos de massas que se substituem mutuamente nas profundidades, situadas abaixo da delgada crosta terrestre. Os blocos siálicos seriam afetados por estas correntes, podendo ser arrastados pelo fluxo horizontal que se desliza por baixo, ou mesmo soerguidos ou abatidos, conforme a direção destas correntes, como será referido adiante. A película terrestre é insignificante em relação às regiões profundas, gi-

gantescas. Tendo a crosta uma constituição pouco rígida, é por isso relativamente sensível às correntes profundas, cuja natureza é admitida como sendo de diversas causas. Muitos autores acreditam que são correntes convecionais térmicas, imaginando o seguinte: as massas profundas ao receberem um aumento térmico, proveniente das maiores profundidades do manto ou da desintegração radioativa, sofrem, por conseguinte, um impulso para subir, segundo o princípio de Arquimedes. Por outro lado as mais elevadas condensam-se e tendem a afundar.

As regiões mais próximas dos fundos oceânicos, com suas temperaturas variando de 0 a 4°C, devem sofrer um resfriamento mais rápido do que aquelas situadas próximas às bases dos continentes, constituídos de massas siálicas refratárias à irradiação do calor. Estas diferenças térmicas devem provocar correntes no substrato plástico, ocasionando um deslizamento de um ramo que ascende por baixo dos continentes, deslocando-se para o fundo dos oceanos, o que determina uma frente descendente debaixo das áreas oceânicas. Resulta daí a formação de uma corrente de convecção cíclica, com a tendência para o equilíbrio térmico. Admite-se que a profundidade atingida por estes "rolos de correntes" chegue até 400km. O atrito produzido por estas correntes é transmitido à película rochosa rígida que vai sofrer as conseqüentes deformações, ora arrastando parte da crosta, ora adieçando-a, como nas regiões dos geossinclinais. Em outras áreas verifica-se a convergência destas correntes, produzindo uma verdadeira sucção da crosta, resultando no seu aprofundamento.

O ataque destas forças não se realiza neste caso pela compressão na zona superficial (T. da contração), mas sim nas profundidades, por uma espécie de alívio de carga, motivado pela força da sucção. A energia motora situa-se nas profundidades e o pacote rochoso superior é arrastado passivamente. A superfície da base dos continentes é assim a unidade atingida pelas forças. As

partes inferiores sofrem, por esta razão, um deslocamento maior que as partes superiores, justamente ao contrário do admitido para o efeito compressivo da contração, onde as partes superiores sofrem as maiores amplitudes de deslocamento.

Segundo a interpretação explicativa de GRIGGS pode-se imaginar o seguinte: o ciclo das correntes da convecção inicia-se nas profundezas do manto, em regiões anormalmente aquecidas em relação às partes circunvizinhas. Estabelece-se um desequilíbrio físico entre a parte profunda, mais aquecida, com a parte superior, menos aquecida e, assim, as massas quentes tendem a subir para a zona externa. Quando o calor transportado pelas massas atinge a parte superior, graças ao transporte de convecção, verifica-se o movimento de circulação no sentido horizontal, formando-se assim as correntes laterais junto à base dos blocos flutuantes de sial, caso o fenômeno se localize abaixo de uma área continental. Como consequência da circulação horizontal, a corrente vertical ascendente vai-se tornando cada vez mais fria (e por conseguinte mais densa),

porque se estabelece também outra coluna vertical descendente. Graças à natureza deste fluxo descendente, constituído de material mais denso, e por isso mais rígido, gera-se um esforço maior junto à zona mais aquecida, menos rígida, o que determina o aumento da velocidade das correntes ascendentes de convecção. Produzir-se-á conseqüentemente, um esforço de distensão e outro de compressão. O primeiro gera rupturas, enquanto que o segundo é o responsável pelos enrugamentos diretamente ligados à formação dos geossinclinais, o que se acha ilustrado na fig. 16-6. O movimento chega ao seu término quando o material frio começa a subir pela coluna central da zona de distúrbio convectivo. No que tange ao gradiente térmico, ele agora é inverso da posição inicial do ciclo: a parte fria acha-se embaixo e a quente em cima.

Experiência de GRIGGS. — Este autor procurou imitar em modelos dinâmicos especialmente concebidos, o dobramento de montanhas a fim de demonstrar a validade de suas idéias. Evidentemente é preciso ter em conta que as condições da experiência

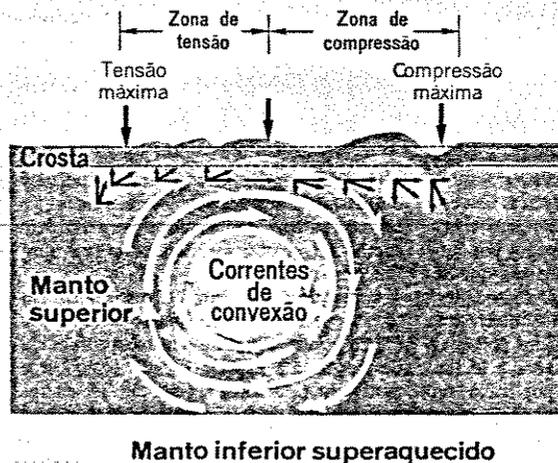


Fig. 16-6
Explicação do mecanismo das deformações da crosta pelas correntes de convecção. Acima da zona ascendente formam-se forças de tensão, responsáveis pelas rupturas vistas no desenho. Estas, por sua vez, propiciam a ascensão do magma e formação de regiões vulcânicas. A corrente magmática horizontal, em contato direto com a crosta, determina esforços de compressão que produzem o seu enrugamento, iniciando-se assim o geossinclinal.

Seg. Howell

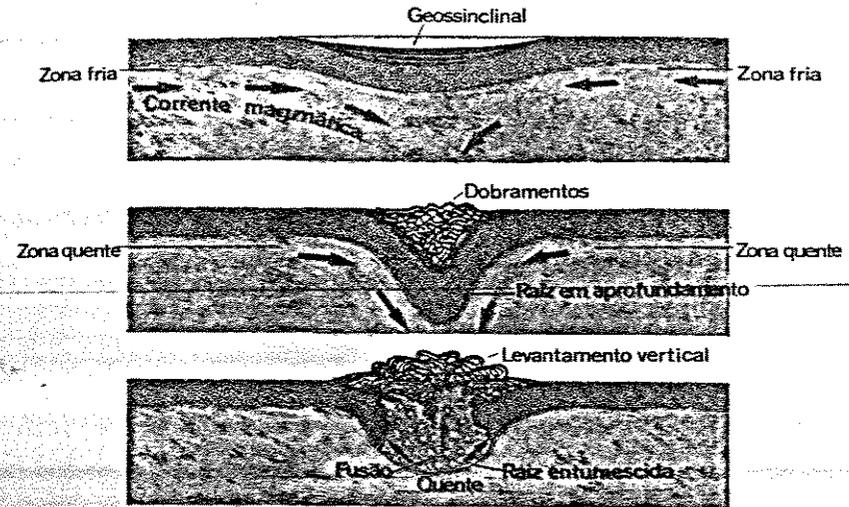


Fig. 16-7

Evolução de um geossinclinal formado pela sucção de correntes magmáticas do manto (seg. Griggs). Compare e veja a legenda da fig. 16-5.

procuram não reproduzir, mas apenas ilustrar os eventos que vigoram na Terra. Como materiais adequados, GRIGGS fez uma combinação de serragem e óleo pesado, os quais representariam as propriedades físicas da crosta. Como substrato usou a glicerina, contendo imersos dois cilindros giratórios. Submetendo-se os cilindros a movimentos circulares convergentes para o lado súpero-interno, obteve os seguintes resultados:

I — Girando-se os cilindros lentamente, forma-se na superfície um sulco linear, que reproduz assim a conformação de um geossinclinal.

II — Girando-se os cilindros rapidamente, forma-se uma raiz na crosta, ao mesmo tempo que surgem as carregens.

III — Amortecendo-se a velocidade convergente dos cilindros, a raiz flutua e impõe o "sial" para cima, resultando uma protuberância linear, como nos sistemas montanhosos (fig. 16-7).

Tectógeno. — Dá-se o nome de *TECTÓGENO* a um conjunto de feições tectônicas, estruturais e geofísicas existentes em longas faixas encurvadas de muitas centenas de quilômetros de comprimento, e existentes nas áreas oceânicas. São feições que coadunam bem com a teoria das correntes de convecção. Limitar-nos-emos a discutir brevemente as de maior importância.

- a) Existência de ilhas alinhadas em arco.
- b) Existência de anomalias gravimétricas positivas do lado externo da curvatura formada pelas ilhas, juntamente com anomalias magnéticas negativas no lado interno.
- c) Existência de vulcões alinhados em toda a extensão da faixa curvilínea.
- d) Existência de focos de terremotos alinhados da mesma maneira, sendo que os mais profundos se localizam na

parte interna, e os mais rasos na parte externa da faixa encurvada.

As anomalias gravimétricas positivas indicam a existência de verdadeiras protuberâncias do manto mais denso (fig. 16-6), enquanto que as negativas vêm indicar a formação de sulcos profundos preenchidos por sedimentos de menor densidade. Tudo indica tratar-se de verdadeiras geossinclinais em vias de formação. As ilhas em arco seriam formadas pelas mesmas protuberâncias que soergueram partes da crosta acima do nível do mar. Os vulcões e os focos de terremotos dispostos no mesmo alinhamento seriam conseqüentes das rupturas da crosta, sujeita a forças de compressão e de tensão, produzidas pelas correntes magmáticas do manto superior, o que se acha ilustrado nas figuras 16-6 e 16-8.

São vários os exemplos destas configurações, cuja importância geológica é patenteada

pelas inúmeras publicações e pelos estudos especializados a respeito. Observando-se um mapa-múndi com dados batimétricos, verifica-se a existência de diversas fossas oceânicas alongadas, associadas às ilhas em arco e em locais de intensa atividade tectônica. Como exemplo citaremos as da Indonésia e Filipinas, das Ilhas Curilas no norte do Japão, das Aleutas, Antilhas, e outras de menor importância.

Teoria da translação dos continentes.

(Teoria de Wegener) — Caminho completamente diferente tomou Alfred WEGENER na sua hipótese, ainda hoje discutida de forma apaixonada. Baseou-se na semelhança dos contornos dos continentes — homologia geográfica. As costas africanas voltadas para o Atlântico possuem um contorno similar à costa oriental sul-americana. As duas massas continentais, se justapostas, mostram

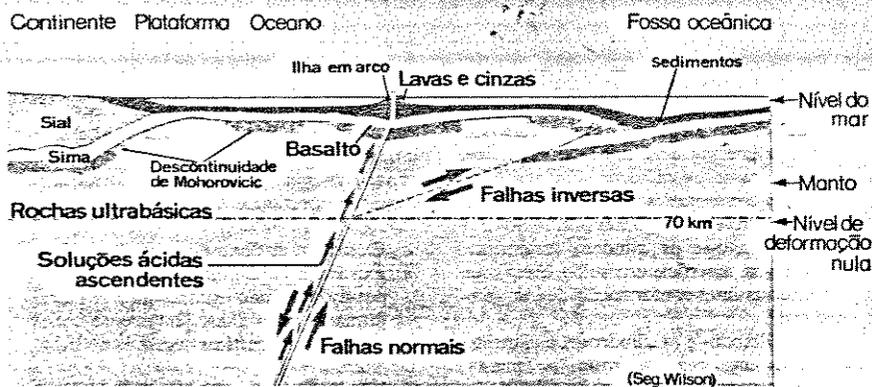


Fig. 16-8

Secção hipotética de uma zona de ilhas em arco. Além dos vulcões (estes se acham alinhados transversalmente em relação ao plano da secção) e das anomalias gravimétricas citadas no texto, ocorrem focos profundos de terremotos (estes, por sua vez, se alinham de maneira análoga à dos vulcões), o que se deve ao sistema de falhas observadas na gravura.

espaços vazios, não preenchidos, insignificantes (fig. 16-10). A lombada submarina atlântica acompanha os contornos atuais dos continentes vizinhos. Além da semelhança geográfica também é grande a semelhança geológica e paleontológica entre certas massas continentais, no sentido EW, principalmente entre a África e o Brasil. Da mesma forma, também o paleoclima (principalmente as glaciações permocarboníferas que atingiram tanto a Austrália, Índia, África, América do Sul e Antártida) parece indicar que houve antigamente uma maior aproximação entre estas massas continentais. Por outro lado, as medidas paleomagnéticas, obtidas nos últimos anos, indicam que o pólo magnético localizava-se próximo do paralelo 30° de latitude, como se vê na fig. 16-11. O pólo sul situar-se-ia no interior do continente africano, que naquela época estaria mais ao sul. A partir dos argumentos citados, exceto o último, WEGENER (1912) optou com extrema convicção pelo conceito de isostasia de AIRY, ou seja, as massas

continentais constituídas de sial (leve) flutuam sobre o estrato pesado do sima, como a madeira ou o gelo sobre a água.

Estes blocos continentais leves são suscetíveis, segundo WEGENER, de iniciar um movimento horizontal deslizando, movido por duas forças principais: a fuga dos pólos e as forças decorrentes da rotação da Terra. As marés originadas pela eventual atração do substrato sísmico são também consideradas, por muitos, como outra força ativa neste processo. A força proveniente da fuga dos pólos já foi inicialmente aventada por EOTVOS, cuja explicação é a seguinte: a Terra, sendo elipsóide, possui uma distribuição gravimétrica tal, que as massas continentais mais leves tendem a ser empurradas rumo ao equador, ou com outras palavras: as massas flutuantes leves fogem da região mais comprimida, que a dos pólos, para a região distendida, que é a equatorial. Neste processo de achatamento dos pólos e expansão do equador, deve o substrato viscoso mover-se para a região equatorial. Este

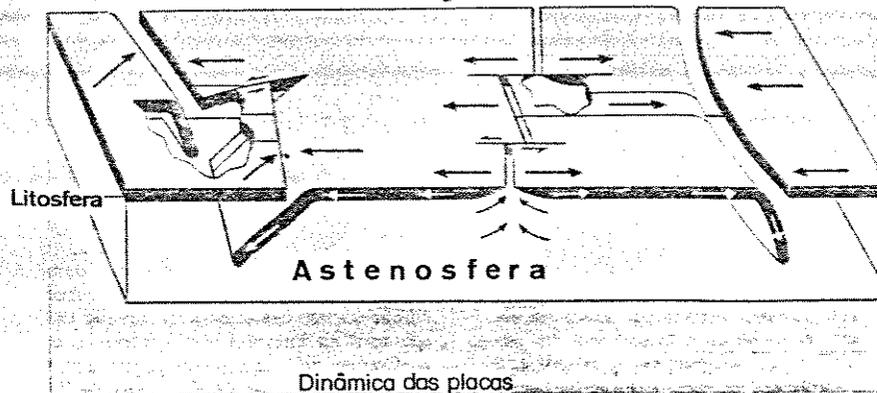


Fig. 16-9

Mecanismo hipotético relativo à teoria da tectônica de placas rígidas. A litosfera — que segundo essa teoria possui 200 km de espessura — é empurrada para os lados graças ao fluxo ascendente de material magmático do manto superior, enquanto que as sobras laterais mergulham nas grandes fendas, mais comumente localizadas junto às margens dos continentes (Zona de Benioff) (seg. Isaacs, Oliver e Sykes, *Jour. Geoph.*, 1968).

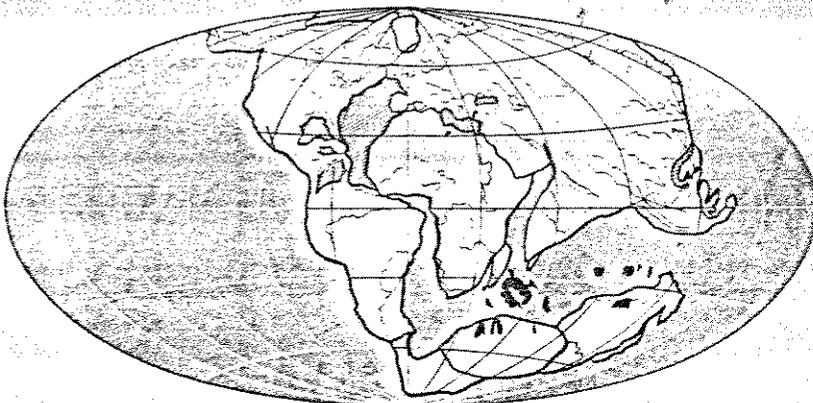
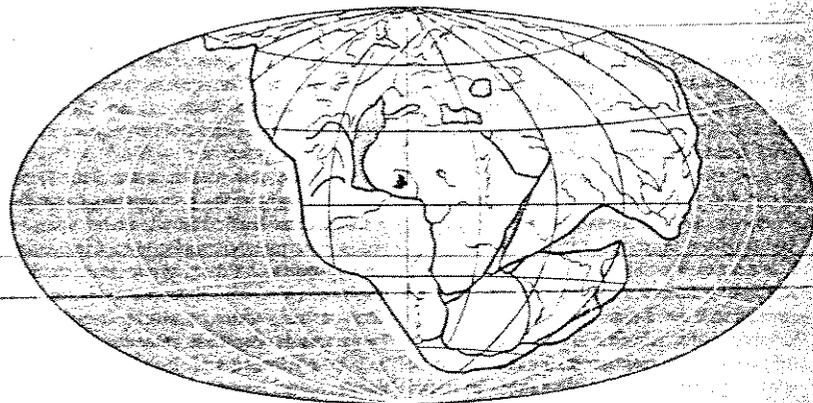


Fig. 16-10

No alto, a hipotética "Pangea" de Wegener, contendo em seu interior mares epicontinentais, com o símbolo tracejado. Embaixo, inicia-se a separação dos blocos em vias de migração, o que teria sucedido no início da era Mesozóica.

movimento seria uma causa provável do arrastamento dos blocos siálicos flutuantes rumo ao equador.

Esta força existe, e WEGENER julga-a capaz de provocar a eventual migração das massas continentais, enquanto que seus opo-

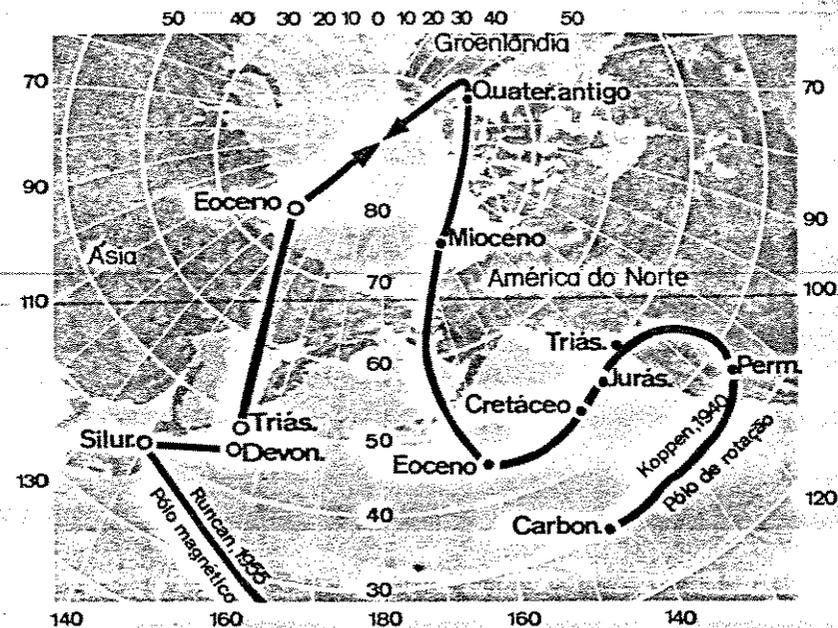


Fig. 16-11

Prováveis localizações do Pólo Norte no passado geológico, segundo as concepções de dois autores. Koeppen usa elementos paleoclimáticos, enquanto Runcorn usa as medidas paleomagnéticas para estabelecer as diversas posições do Pólo Norte no passado.

nentes acham que o atrito dos blocos siálicos sobre o sima (substrato de alto grau de viscosidade) é muito superior à citada força e que esta então tornar-se-ia ineficiente.

O que é de fato mais do que duvidoso é que a pequenissima diferença da força centrífuga seja suficiente para que se verifique o deslocamento. Para isso, seria necessário que esta pequena força ultrapasse o atrito exercido pelas frentes continentais em vias de deslocamento. A causa da força centrífuga reside na posição mais elevada das massas continentais (e com isto maior raio e maior aceleração), em relação aos fundos

oceânicos, onde é menor o raio terrestre. Por outro lado, a disposição quase circular que assumem os continentes americano e asiático ao redor do Pólo Norte (fig. 16-12) sugere uma fuga a partir dos pólos e certamente em épocas geológicas remotas. WEGENER, em todo caso, admitiu, e os seus adeptos continuam admitindo que a força da fuga dos pólos é suficiente para provocar um deslocamento de massas continentais rumo Equador, sobre o seu substrato fluido. Assim, a massa continental denominada de "Gondwana" derivava rumo Equador e comprimia o grande geossinclinal mediterrâneo *Thetis* contra a massa Euroasiática, resul-

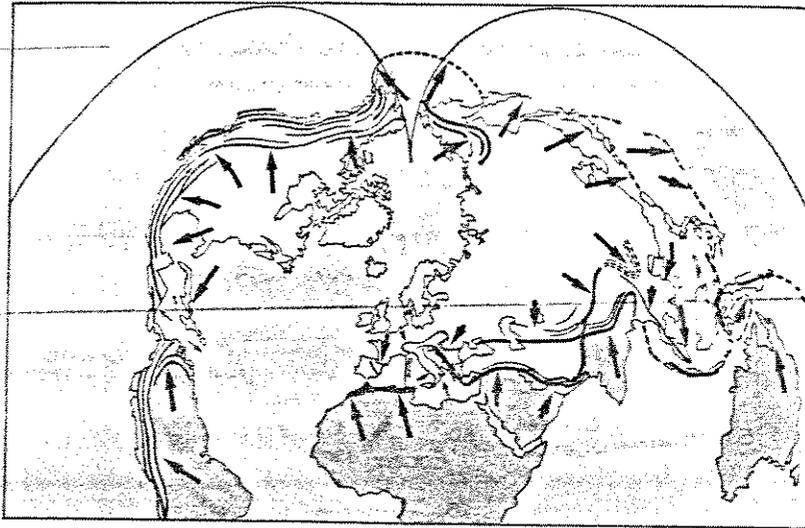


Fig. 16-12

Cintas orogênicas relativas ao diastrofismo cenozóico. As flechas indicam as direções prováveis segundo as quais se movimentaram os blocos continentais, segundo a aceção de Wegener. Note-se a disposição quase circular dos continentes ao redor do Pólo Norte.

tando deste movimento o vasto arco de cordilheiras desde os Pireneus, passando pelo Himalaia até a Indonésia.

Deve ser acrescido ainda que WEGENER, baseado em dados paleoclimáticos, geofísicos e outros, postulou a existência da migração dos pólos durante toda a história da Terra. Realmente tudo indica que as cintas climatológicas mudaram durante os tempos geológicos, como se pode observar na fig. 16-13, com a distribuição hipotética das massas continentais cobertas pelo gelo, durante o Carbonífero. Nos últimos anos foi possível ainda demonstrar experimentalmente que os pólos magnéticos realmente mudaram. Os estudos feitos no Brasil em amostras coletadas e orientadas com alta precisão mostram que os basaltos mesozóicos possuem uma orientação magnética "fossilizada", ou fixada no momento de sua consolidação, indicando que o Pólo Sul situava-se na latitude de aproximadamente 30° sul.

As variações dos pólos atualmente observadas (fig. 16-14) são muito pequenas, e não se sabe ao certo se estas variações são apenas periódicas, ou se ocorre um deslocamento "secular" dirigido. As variações observadas são sempre muito pequenas, com um deslocamento a partir do centro de cerca de 15cm por ano, mas se forem uniformes, durante os tempos geológicos seria possível admitir-se um deslocamento dos pólos, em base nestas observações fundamentadas no princípio do atualismo.

A segunda força resulta da atração exercida pelo Sol e pela Lua, segundo WEGENER, o que determinaria verdadeiras marés terrestres e faria com que o bloco siálico ame-

ricano fosse deslocado rumo oeste. Neste movimento, que se teria efetivado no fim da era mesozóica, dar-se-ia a compressão e o dobramento do imenso geossinclineo que margeia toda a costa ocidental americana. Este seria comprimido pelo bloco e escorado pelo substrato de síma do Pacífico, levantando o pacote sedimentar à maneira de uma grande onda na proa de um navio. Assim, a energia proveniente da fuga dos pólos, empurrando o continente *Gondwana* contra a *Eurásia* (fig. 16-15) e a deriva a oeste, empurrando a América contra o fundo superior do Pacífico, seriam a causa das grandes cadeias atuais, como se pode observar na fig. 16-3. A dedução geofísica das forças provenientes do atrito provocado pelas "marés" no interior da crosta terrestre,

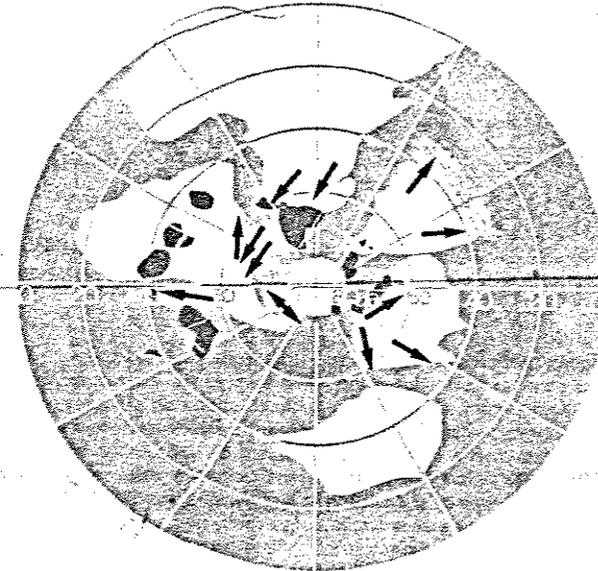


Fig. 16-13

Distribuição dos continentes ao redor do Pólo Sul, durante as glaciações permocarboníferas. A parte pontilhada representa os antigos vestígios das glaciações que se efetuaram naquela época, e as flechas indicam a direção do movimento das massas de gelo.

a sua eventual consequência, como também os componentes energéticos da deriva para oeste constituem um problema altamente complexo e especulativo; poderemos apenas recomendar ao leitor que consulte literatura especializada.

De qualquer modo, as discussões que ainda hoje perduram, sobre a existência da migração horizontal dos continentes, mostraram que ela não pode ser negada "in totum". Mesmo as correntes magmáticas profundas poderiam ser explicadas em base das causas admitidas por WEGENER. Contudo, teriam menor envergadura no mecanismo das forças propostas pelo autor citado.

Ainda uma das grandes dificuldades é a admissão de uma *Pangea* hipotética, que existiu até o Carbonífero, isto é, até a idade

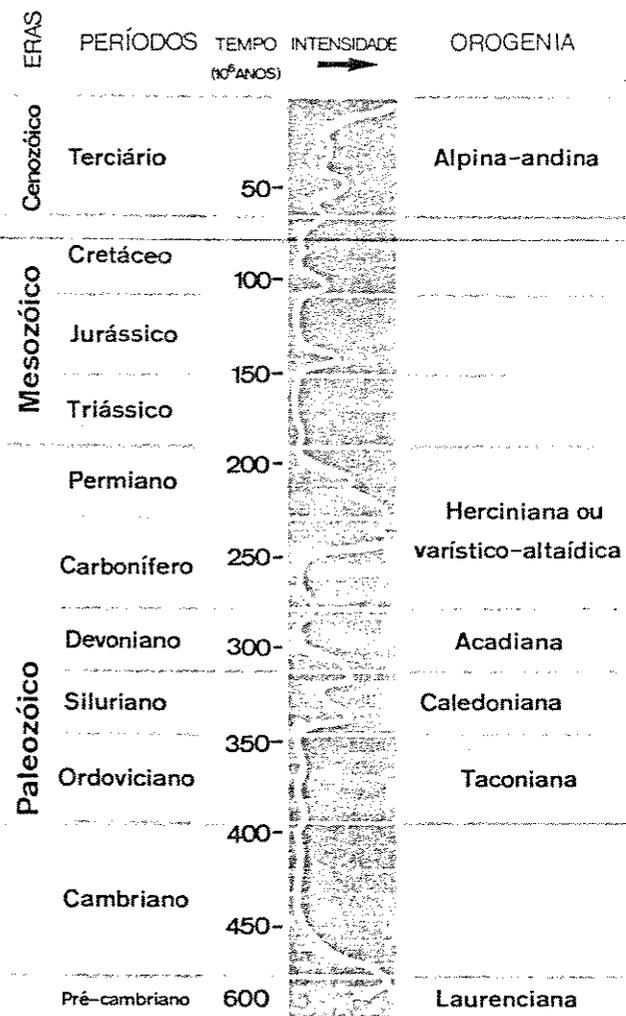


Fig. 16-16

Representação gráfica dos ciclos orogênicos que se realizaram no tempo geológico.

placas, que do lado oposto mergulhariam pelo substrato adentro. A água acarretada junto com os sedimentos fluidificariam o magma, facilitando a formação de fenômenos vulcânicos, enquanto que o atrito faria aumentar a temperatura, auxiliando também o citado processo. A depressão resultante pode dar origem a um geossinclinal, e com o afundamento da placa menos densa forma-se uma protuberância logo acima. Na região desta protuberância haveria uma anomalia gravimétrica positiva, enquanto na reentrância a anomalia seria negativa, tal como se verifica nos tectógenos, já mencionados. Os Alpes são interpretados como resultantes da penetração de uma placa por baixo do continente europeu, resultando daí os grandes carreamentos que ocorrem na região.

Acredita-se que a espessura das placas seja da ordem de 50 a 100km nas regiões oceânicas, e de mais de 200km na região continental. Desta maneira, englobaria a crosta mais parte do manto superior. A região inferior da placa, de menor rigidez para que se possa verificar o movimento, denomina-se *astenosfera* (do grego, "asthenes", fraco), que delimita inferiormente as placas (fig. 16-9). Os demais limites entre as placas são os seguintes: as cristas oceânicas onde se processa o acréscimo de material vindo do manto, as fossas onde a crosta é calcada e destruída no interior do manto, e, finalmente, as regiões das falhas transcorrentes, onde apenas se processa o movimento, como por exemplo a já citada falha de Santo André, na Califórnia.

Outras evidências a favor da teoria da translação dos continentes acham-se ainda em vias de estudo. Dizem respeito à coincidência geocronológica de rochas pré-cambrianas do Nordeste brasileiro com rochas análogas do Congo, além da similaridade sob vários pontos de vista referente às estruturas destas áreas.

Apesar do acervo de longas e laboriosas pesquisas de campo e de laboratório, nada se pode afirmar, até o presente momento,

continuando esta apaixonante hipótese no domínio das conjecturas.

Ciclos orogênicos

Analisando-se os eventos orogênicos tectônicos e sua relação com o tempo geológico, verificou-se que eles se realizam com descontinuidade periódica. Parece possível reconstruir-se certo ciclo dos fenômenos orogênicos. Iniciam-se estes com períodos de calma prolongada, sendo a seguir interrompidos por inquietação tectônica de pouca duração. Nos períodos de calma sucedem-se os grandes movimentos seculares epirogenéticos e nas curtas épocas de subsidência as grandes revoluções orogênicas, cujas fases parecem atingir ao mesmo tempo praticamente todo o globo terrestre, tal como observamos hoje com a orogênese cenozóica.

Os ritmos parecem ser "mundiais", sendo estes ciclos orogênicos ilustrados na fig. 16-16.

Parece-nos todavia que as observações se referem essencialmente ao hemisfério norte e somente a partir do Cambriano, e, no entanto, o tempo geológico pré-cambriano é 3 a 5 vezes maior do que o pós-cambriano. Contudo, por enquanto não possuímos documentação segura e suficiente sobre o sincronismo dos eventos orogênicos destes longos primórdios geológicos, o que dificulta julgar se estes ciclos orogênicos são apenas aparentes, ou se de fato representam um fenômeno geológico generalizado.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- FOUMARIER, P., *Principes de géologie*, vols. I e II, Masson & Cie., Editeurs, Paris, 1949.
- METZ, Karl, *Lehrbuch der tektonischen Geologie*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1957.
- RUNCORN, S. K., *Continental Drift*, Academic Press, Nova York e Londres, 1962.
- SCHIEDGGER, A. E., *Principles of Geodynamics*, Springer Verlag, 1958.
- TERMIER, H., e G. TERMIER, *Histoire géologique de la biosphère*, Masson & Cie., Editeurs, 1952.
- UMBROVE, J. H. F., *The Pulse of the Earth*, Martinus Nijhoff, Haia, 1947.

A N E X O 8

CAPÍTULO 14
"INVESTIGANDO A TERRA"
ESCP

Capítulo 14

MONTANHAS SURGIDAS DO MAR

No início deste século foi feita uma descoberta extraordinária no alto das Montanhas Rochosas canadenses. Um burro de carga, que acompanhava um geólogo, pisou numa placa de folhelho preto, virando-a. Incrustados na rocha havia restos de animais que haviam vivido no mar. Ainda mais surpreendente era o fato de que as partes moles de organismos delicados como água-viva e vermes marinhos estavam perfeitamente preservadas. Esta descoberta de fósseis forneceu importantes evidências acerca da origem das rochas que constituem as Montanhas Rochosas.

Os fósseis foram achados em rochas que tinham se formado a partir de sedimentos marinhos ricos em organismos. Há cerca de 500 milhões de anos atrás estes organismos estavam enterrados na areia e na lama do fundo do mar, quando então foram cobertos e comprimidos por depósitos que chegaram a atingir diversos quilômetros de espessura.

Existem outras evidências de que rochas atualmente encontradas no alto das montanhas foram originalmente depositadas no mar? O que a estratificação (disposição em camadas) das rochas sugere? Estas rochas poderiam haver estado algum dia no fundo de uma bacia oceânica? Se você comparar alguns fósseis com certos animais atuais, encontrará diversas semelhanças. Qual a importância deste fato?

Parece óbvio que muitas rochas encontradas hoje no alto das montanhas originalmente constituíram depósitos de sedimentos no mar. Como conseguiram elevar-se tanto acima do nível do mar? Até agora ninguém conseguiu dar uma resposta precisa a esta questão.

No capítulo anterior você viu o que acontecia aos sedimentos quando finalmente chegavam ao mar. Agora você irá investigar alguns aspectos do assoalho marinho e algumas atividades da crosta terrestre que se verificam tanto nas bordas dos continentes como nas profundezas do mar. A

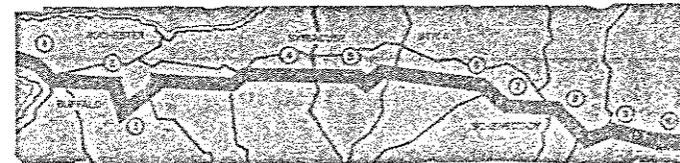
partir disto, você terá condições para formar uma idéia de como os sedimentos do fundo do mar podem vir a fazer parte das mais altas montanhas da superfície terrestre.

14.1 Desenvolvimento de uma idéia — Uma excursão de James Hall ao campo

Por volta de 1837, James Hall, geólogo pertencente ao Serviço Geológico do Estado de Nova York, ficou perplexo com a grande espessura de sedimentos típicos de águas rasas que encontrou a oeste desse Estado. Ficou intrigado também com as inexplicáveis variações na espessura de cada camada rochosa, bem como com o fato de algumas delas se apresentarem inclinadas apesar de terem sido originalmente depositadas em camadas horizontais ou aproximadamente horizontais.

Usando o mesmo tipo de informações utilizadas por Hall, você terá oportunidade de repetir alguns estudos de campo feitos por esse geólogo. Reúna evidências na área que se estende desde Buffalo, Nova York, até a oeste de Massachusetts, conforme é mostrado na figura 14.1. Observe as fotografias da figura 14-2 e tente reconstruir os eventos passados, interpretando as evidências ali apresentadas.

Trace um perfil geológico ao longo da rota apresentada na figura 14-1. Utilize os dados da Tabela 14-1 para estabelecer espessura das camadas de rocha em cada uma das estações. Já que todos os sedimentos se depositaram sob a superfície oceânica, aqueles que estiverem no topo da bacia devem ser planos. A unidade de rocha I está acima da unidade de rocha II.



PROCEDIMENTO

Fig. 14-1 — Mapa mostrando a localização das estações incluídas nesta investigação.

TABELA 14-1 ESPESSURA EM METROS DAS ROCHAS SEDIMENTARES SITUADAS ABAIXO DA SUPERFÍCIE AO LONGO DA ROTA APRESENTADA NA FIGURA 14-1

ESTAÇÕES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UNIDADE DE ROCHA I	900	1500	1500	1500	1500	2000	2500	0	0	?
UNIDADE DE ROCHA II	300	250	650	3000	3300	3300	3000	3300	3000	?

EVIDÊNCIAS DE
GEOSINCLINAIS

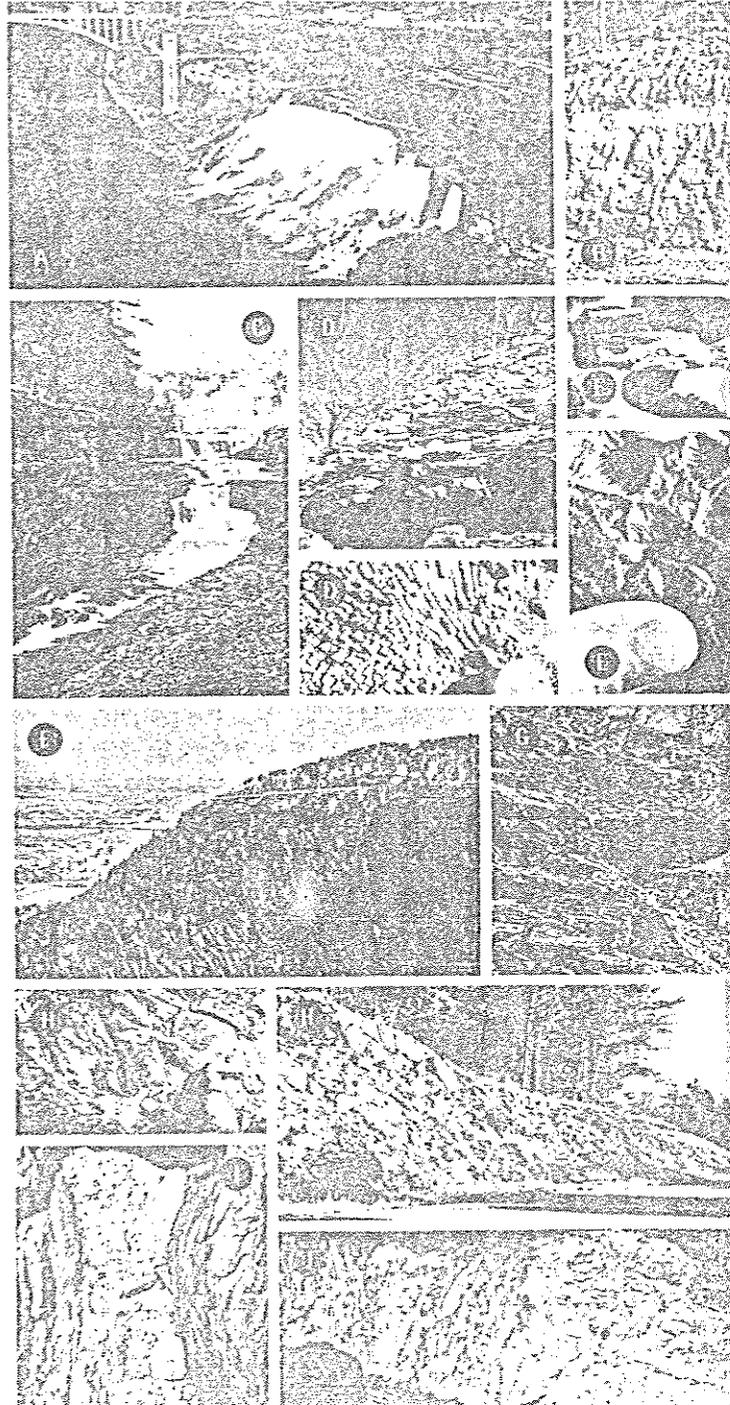


Fig. 14-2 — (A) Rio Niagara correndo sobre camadas sedimentares (estação 1). (B) Rochas sedimentares planas (estação 2). (C) Camadas de rochas (estação 3). (D) Rochas contendo fósseis de corais (estação 5). (E) Fósseis e camadas finas, bastante comuns na estação 6. (F) A erosão expôs camadas sedimentares ligeiramente arqueadas (estação 7). (G) Rochas dobradas e fraturadas (estação 8). (H, I, J.) As rochas nas estações 9 e 10 mostram evidências de atividade ignea.

- (1) Que evidências as fotografias mostram de que estes sedimentos são marinhos?
- (2) Baseando-se no perfil traçado, descreva a forma geral da bacia.
- (3) O que indicam as evidências observáveis na bacia?
- (4) Compare os tipos de rocha encontrados nas últimas estações com os encontrados nas estações iniciais. Como você explicaria as diferenças observadas?

14.2 Como se formam os geossinclinais?

Os estudos de campo realizados por James Hall levaram-no à formulação de conceitos de geossinclinal. Geossinclinal é uma bacia oceânica rasa que está sofrendo subsidência (afundamento) constante e sedimentação contínua. Tais bacias ocorrem próximo à costa. A resposta que você deu à questão 2 da Seção 14-1 se assemelha a esta definição?

O conceito de geossinclinal desenvolvido por James Hall teria sido útil até mesmo se ele tivesse se limitado a aplicá-lo somente às áreas que estudou. Entretanto, suas explicações contribuíram tão substancialmente para a compreensão do processo, que têm sido usadas com êxito na interpretação e identificação de muitos geossinclinais antigos e recentes.

Vamos supor que ampliássemos nossa Investigação 14-1 para regiões mais a oeste. Você veria então que rochas com 13000 a 14000 metros de espessura em Nova York apresentam apenas um décimo desta espessura nas regiões a oeste. Medições realizadas em diversas partes do mundo mostram que as rochas sedimentares das áreas montanhosas freqüentemente têm 10000 a 15000 metros de espessura. Na América do Sul, por exemplo, na área dos Andes, estas espessuras atingem vários milhares de metros. Cada uma destas camadas com espessura variável originou-se, em toda a sua extensão, num intervalo de tempo. Em todos os locais, nas áreas correspondentes às maiores espessuras, há evidências de que os sedimentos se depositaram em água rasa. Por exemplo, as rochas contêm fósseis parecidos com organismos atuais que vivem em águas pouco profundas. Elas também apresentam marcas onduladas, que são pequenos enrugamentos formados em águas rasas pela ação das ondas sobre os sedimentos.

No Brasil, na Serra do Espinhaço (veja figura 14-3), o geólogo alemão Reinhard Pflug estudou rochas sedimentares com espessuras superiores a 10000 metros, na região de Guanhães, ao norte de Belo Horizonte. O geossinclinal que originou o Espinhaço data de época bastante remota, daí a ausência de fósseis em toda a área. Entre-

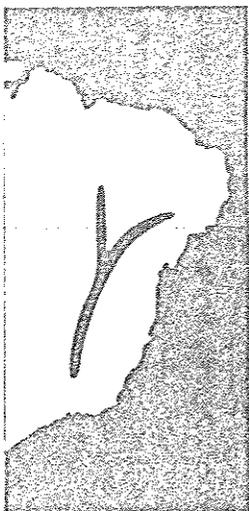


Fig. 14-3 — Geossinclinal do Espinhaço, no Brasil desenvolvido há mais de 600 milhões de anos. Acredita-se que tenha evoluído de maneira semelhante ao geossinclinal dos Apalaches (veja também a figura 14-16).

Fig. 14-4 — Regiões continentais onde, durante a história geológica, desenvolveram-se algumas montanhas de origem geossinclinal. Procure saber que cadeias de montanhas ocorrem atualmente nessas regiões.

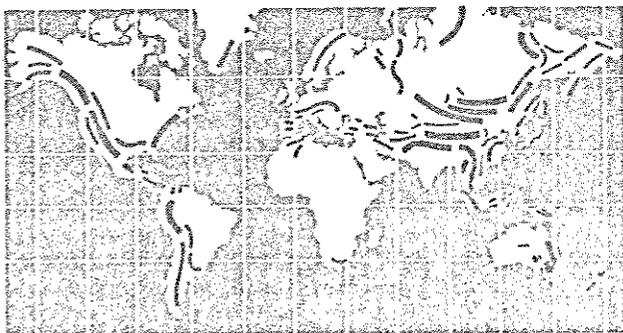
tanto são frequentes outras evidências, como marcas de ondas e estratificações cruzadas, que denunciam o ambiente marinho de águas rasas.

Como podem se acumular em águas rasas grandes espessuras de sedimentos? Você poderia concluir que o fundo do mar abaixou ou o nível de suas águas se elevou proporcionalmente à acumulação dos sedimentos. Tanto num caso como no outro, o mar manteria uma profundidade constante à medida que os sedimentos fossem se depositando.

Se você aceitar a segunda hipótese, precisará encontrar evidências de que o nível do mar se elevou de 13000 a 14000 metros em todos os lugares. Entretanto, os registros geológicos não indicam elevações do nível do mar tão grandes e nem mesmo algo semelhante. Conseqüentemente o afundamento do assoalho marinho parece ser a explicação mais plausível para a grande espessura dos depósitos de águas rasas.

No caso de ser correta esta última hipótese, como você explicaria a força que provoca a subsidência da bacia? E o posterior soerguimento da crosta? Talvez pudesse ser causado pela liberação da força que estava provocando a subsidência. Todavia, nem a subsidência nem o soerguimento da crosta têm sido satisfatoriamente explicados.

Na figura 14-4 estão representadas áreas da superfície terrestre onde espessos depósitos de sedimentos marinhos de águas rasas fazem parte atualmente de cadeias de montanhas. Devido a este fato, os



cientistas consideram que nos locais onde hoje existem as cadeias outrora se desenvolveram geossinclinais.

ATIVIDADE Onde estão os geossinclinais atuais? Você aprendeu como os sedimentos são carregados dos continentes para as bacias oceânicas. Usando a figura 13-11 e o mapa-mundi de relevo (Apêndice E), faça uma lista dos locais que você julga possam ser áreas onde os geossinclinais modernos estejam se formando.

14.3 Estão se formando geossinclinais atualmente?

No Golfo do México e na costa leste da América do Norte têm sido depositadas grandes quantidades de sedimentos nas plataformas, taludes e elevações continentais. A costa do Golfo é uma grande bacia de deposição na qual estão acumulados cerca de 15000 metros de sedimentos. (Reveja a Secção 13.8). Compare este valor com a espessura máxima das camadas sedimentares estudadas por James Hall no Estado de Nova York. Você acha que, quando todos os sedimentos da Costa do Golfo se transformarem em rochas sedimentares, a espessura atual será mantida? Os sedimentos da costa leste da América do Norte e os da Costa do Golfo possuem aproximadamente a mesma espessura. Estas áreas apresentam características de geossinclinais?

James Hall

A época em que James Hall viveu coincidiu com um período de grandes descobertas e progresso científico nos Estados Unidos. Hall nasceu em Hingham, Massachusetts, em 1818. Quando iniciou suas pesquisas sobre a geologia do Estado de Nova York, em 1837, para o recém-criado Serviço Geológico do Estado, Nova York ainda não tinha suas fronteiras determinadas. Seus relatórios de observações de campo firmaram rapidamente o seu prestígio.

Em 1837, antecipou aquela que mais tarde seria chamada de teoria geossinclinal da formação de montanhas. Baseou-a em suas observações de uma seqüência de rocha sedimentar que decrescia de uma espessura de 12000 metros, nas Montanhas Apalachianas, para 1200 metros nas planícies centrais, próximas às Montanhas Rochosas.

Observando a textura e o conteúdo de fósseis destas rochas, Hall percebeu que elas deviam ter se formado a partir de sedimentos depositados em águas rasas. Ele explicou este fato propondo a teoria de que os sedimentos tinham se depositado em bacias oceânicas rasas, de subsidência lenta, que acumularam materiais numa velocidade tal que nunca permitiu que elas se tornassem muito profundas. Ele achava que estas bacias continham a massa de material da qual possivelmente eram formadas as montanhas. Não se preocupou em explicar as forças necessárias ao soerguimento desses sedimentos e conseqüente formação das cadeias de montanhas. Limitou-se a considerar os fatos relacionados à acumulação desses espessos sedimentos. A idéia de subsidência das bacias oceânicas preenchidas com sedimentos é considerada um elemento essencial da geologia moderna.

Os geossinclinais modernos adquirirão com o tempo as características dos geossinclinais antigos? Você poderia prever com segurança se haverá algum dia uma cadeia de montanhas construída a partir dos sedimentos que hoje se acumulam ao longo do Golfo do México?

Há dois tipos de evidências que sugerem se as rochas sedimentares das montanhas atuais alguma vez fizeram parte de um geossinclinal. Essas evidências são tão importantes e úteis para os geólogos que podem ser tomadas como regras.

1. Os sedimentos que originaram as rochas estratificadas se depositaram em camadas horizontais ou aproximadamente horizontais.
2. As rochas que contêm restos de vida marinha (fósseis marinhos) foram depositadas originalmente ao nível do mar ou abaixo dele.

Pode-se trabalhar com estas regras da maneira como foram expostas, embora você possa descobrir que existem algumas exceções às mesmas.

O conceito de geossinclinal reúne numa imagem simples uma variedade de detalhes abrangendo geologia e geografia. Ajuda a descrever as condições e formas de vida reinantes em vários lugares do passado. Possibilita também a previsão de áreas de um geossinclinal onde provavelmente encontraríamos determinados tipos de rochas (veja figura 14-5). Onde você esperaria encontrar depósitos de granulação grossa? E de granulação fina? O conceito de geossinclinal também fornece um sistema de referência que nos ajuda a interpretar o comportamento de certas partes da crosta terrestre, além de ser útil na decifração da origem e evolução de certas montanhas.

14.4 No interior dos geossinclinais ocorrem deformações

À medida que você percorre a superfície do terreno dirigindo-se para a área central de um geossinclinal, vai encontrando não somente rochas sedimentares cada vez mais espessas mas também outras variações. Na excursão de Buffalo até o oeste de Massachusetts você viu que as rochas se tornavam cada vez mais deformadas à proporção que se avançava para o centro do geossinclinal. Você verificou que as rochas estavam inclinadas, quebradas e comprimidas. Segundo James Hall, foram essas feições deformadas que na realidade lhe permitiram uma visualização global do geossinclinal muito melhor que aquela fornecida pelo espessamento das rochas.

A deformação num corpo produz uma modificação na sua forma, no seu tamanho ou no arranjo

Fig. 14-5 — Uma seção vertical de parte do geossinclinal apalachiano.

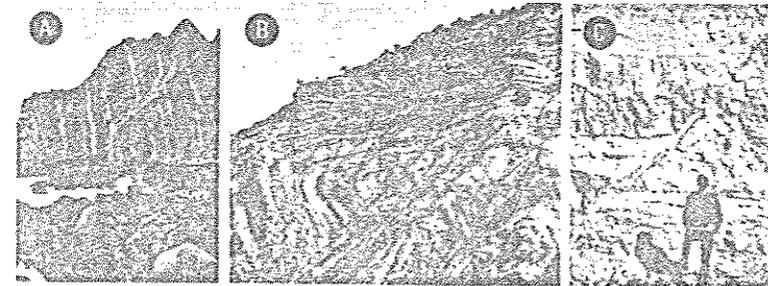


das suas partes. Rochas que se apresentam inclinadas, quebradas, comprimidas ou distendidas sofreram deformação. Para identificar o tipo de deformação sofrida pela rocha, é necessário que você tenha uma idéia clara de qual era o seu aspecto anterior. Uma bola de futebol cheia de ar, com alguém sentado em cima, pode ser descrita como estando ligeiramente achatada, porque você conhecia seu aspecto antes de haver alguém sobre ela. Entretanto, referir-se à bola de futebol americano como sendo uma bola de futebol comum deformada seria absurdo porque ela já foi fabricada assim alongada. Em cada caso você usa o seu conhecimento do objeto antes da deformação para descobrir e descrever as modificações que eventualmente a deformação tenha provocado. (Reveja a figura 1-1). O que provocou os vários tipos de deformação nos três afloramentos de rocha sedimentar apresentados na figura 14-6?

Deformações são comuns nas regiões centrais dos geossinclinais. Isto provavelmente é causado em parte pela subsidência do geossinclinal. À medida que a região central afunda, os sedimentos aí contidos são submetidos à força de compressão.

O padrão de deformação pode variar consideravelmente. Exemplos de rochas estratificadas aparecem em muitos lugares (veja figura 14-6). Em algumas cadeias de montanhas, ocorrem grandes faixas de rochas dobradas (veja a parte B da figura 14-6). Nestas faixas ocorre uma alternância de dobras voltadas para cima, ou anticlinais, e voltadas para baixo, ou sinclinais, semelhante a uma sucessão de "vales" e "montanhas" de uma toalha ou tapete enrugado. Nos geossinclinais ocorrem também falhas. Falha é uma fratura ao longo da qual as rochas deslizaram (veja a parte C da figura 14-6). Algumas vezes as dobras e falhas ocorrem juntas.

Fig. 14-6 — Afloramentos (exposições) de rochas sedimentares deformadas. (A) Folhelho e arenito inclinados. (B) Rochas dobradas. (C) Falha em rochas sedimentares.



REFLEXÃO E DISCUSSÃO

ATIVIDADE A atividade apresentada na Seção 3.7 sugeria que você desenhasse em escala algumas feições terrestres. A que se assemelha um geossinclinal, se o desenhamos em escala? Admita para o mesmo uma extensão de 500 km e uma espessura de 20 km. Nestas dimensões ela constituiria um geossinclinal típico. Não esqueça esta escala quando você estiver considerando os movimentos da crosta terrestre que estão relacionados com as atividades dos geossinclinais.

1. A presença de fósseis marinhos nas montanhas atuais o que sugere?
2. Como você poderia distinguir as rochas formadas nos continentes das rochas formadas no mar?
3. Descreva um geossinclinal.
4. Que evidência registrada nas rochas poderia indicar que uma bacia geossinclinal interrompeu por um curto período de tempo o seu longo processo de subsidência?
5. Sob que circunstâncias as rochas estratificadas podem ser depositadas de maneira que suas camadas não fiquem horizontais?
6. Como você determina qual era o aspecto de uma rocha antes da deformação?
7. O intemperismo e a erosão são exemplos de deformação? Explique.

PADRÕES DE
MOVIMENTOS
DA CROSTA

14.5 Investigando terremotos

Os terremotos ocorrem com magnitudes diversas, liberando quantidades variadas de energia e causando destruições de diferentes grandezas. O terremoto da Sexta-feira Santa, de 27 de março de 1964, com epicentro em Prince William Sound, a 150 km de Anchorage, Alaska, chegou a causar destruição até a 175 km de distância. Na área de Prince William Sound, 31000 quilômetros quadrados de terra foram elevadas até 10 metros acima do nível do mar. Na Península de Kenai e na Ilha Kodiak, uma área de cerca de 57000 quilômetros quadrados foi rebaixada de aproximadamente 1,7 metros. Outros aspectos deste tremor de terra estão descritos na Seção 1.7. Foi um terremoto relativamente raro. Estimou-se que seu foco estava situado no máximo a 60 quilômetros de profundidade, sob Prince William Sound.

O terremoto de 17 de agosto de 1959, ocorrido no Lago Hebgen, em Montana, a noroeste do Parque Nacional de Yellowstone, constitui outro exemplo impressionante. (Veja figura 14-7). O impacto fez com que a água do lago transbordasse a represa e se lançasse no estreito desfiladeiro do rio Madison. O rio, por sua vez, foi represado em consequência de um gigantesco deslizamento que movimentou 80 milhões de toneladas. Apareceram três grandes falhas junto à superfície terrestre, deslocando as rochas de uma maneira que modificou definitivamente a posição do Lago Hebgen, dispondo-o como um prato ligeiramente inclinado. Esse terremoto alterou também os padrões de erupção de muitos gêiseres do Parque de Yellowstone.

No dia 31 de maio de 1970, no Peru, ocorreu um terremoto que afetou uma área de 75000 quilômetros quadrados, provocando a morte de 50000 pessoas e prejuízos materiais da ordem de 530 milhões de dólares. Seu poder de destruição deveu-se ao foco muito raso, cerca de 24 km de profundidade, próximo ao porto de Chimbote. Como consequência do fenômeno, ocorreram deslizamentos, represamento da Laguna de Langanuco, aparecimento de fontes, liquefação de areias e inundações. O aspecto mais terrível da catástrofe foi o desabamento parcial da parte norte do pico de Huascarán, que sepultou quase toda a cidade de Yungay, matando 25000 pessoas. Considera-se que este tremor foi o mais forte registrado nos últimos tempos e o que mais mortes causou.

Nem toda atividade sísmica é tão espetacular. No Capítulo 1, você aprendeu que a todo instante estão ocorrendo terremotos mas na sua maioria tão fracos que somente são percebidos pelos sismógrafos. Todo fluxo de energia que pode ser detectado revela algo sobre a fonte energética e sobre os materiais que percorre. As atividades sísmicas também estão neste caso e é por isso que estes terremotos fracos têm fornecido muitas informações sobre a crosta. Os indícios fornecidos por esses tremores são importantes também nas áreas em que falhas ativas vêm causando grandes terremotos.

A partir do momento em que iniciou a investigação "Observações Sismológicas", você vem localizando num mapa-mundi as posições dos epicentros e as profundidades dos focos dos terremotos. Agora você

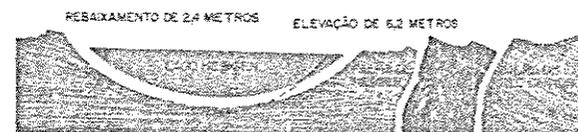


Fig. 14-7 — Seção vertical dos efeitos de um terremoto na área do Lago Hebgen e duas das falhas desenvolvidas. A linha tracejada mostra a posição primitiva do lago.

PROCEDIMENTO

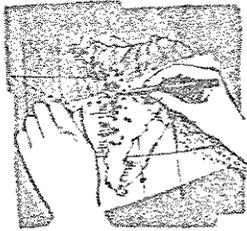


Fig. 14-8

dispõe de uma parte dos dados que os geocientistas utilizam para reconhecer os padrões das grandes faixas de atividades sísmicas na crosta terrestre. Algumas de suas observações bem como alguns dados coletados irão também ajudá-lo a entender os processos que ocorrem abaixo da crosta.

Examine o mapa em que você registrou os epicentros e as profundidades dos terremotos.

- (1) Qual é o padrão geral de distribuição dos terremotos? (Consulte o mapa-mundi de relevo, no Apêndice E).
- (2) Você nota alguma semelhança ou mesmo coincidência com os padrões dos outros fenômenos principais que se verificam na crosta?
- (3) Em caso afirmativo, qual a relação entre estas feições e os terremotos? As feições com distribuição semelhante devem ser ou causa ou efeito uma da outra?
- (4) Onde ocorre o maior número de terremotos?

A profundidade do foco dos terremotos lhe dará uma idéia de onde eles se originam no interior da Terra. Considere o cinturão sísmico ativo localizado na orla do Pacífico e escolha no mesmo uma área onde tenham ocorrido terremotos de focos profundos, médios e rasos. Coloque sobre a mesma um pedaço de plástico ou papel transparente, traçando uma reta que vá do oceano ao continente próximo. Em seguida desenhe a linha da costa e marque diversos focos de terremotos rasos, médios e profundos localizados próximos à reta. Muitos pontos não coincidirão com esta reta, entretanto assinale todos os que estiverem nas proximidades. Feito isso, usando régua e papel milimetrado construa um perfil ao longo da reta, marcando a localização dos focos dos terremotos nas respectivas profundidades de ocorrência.

- (5) A partir do desenho completo, descreva o padrão de distribuição dos focos de terremotos nesta área.
- (6) Como você interpretaria este padrão?
- (7) Compare a distribuição dos terremotos com a distribuição das montanhas de origem geossinclinal (veja figura 14-4) e com a distribuição dos vulcões (veja a parte A da figura 14-9).

14.6 Vulcões, arcos insulares e fossas submarinas

Como você descobriu na Investigação 14-5, os vulcões, falhas e terremotos parecem estar inter-relacionados. Eles ocorrem tanto no fundo do mar como nos continentes. Cadeias curvas de ilhas vulcânicas formam grandes arcos ao redor das margens da Bacia do Pacífico (veja

a parte B da figura 14-9 e o mapa-mundi de relevo, Apêndice E). As Antilhas e as Índias Orientais também constituem uma seqüência de estruturas do tipo arcos insulares. Muitos dos vulcões dessas cadeias ainda estão em atividade e ocasionalmente expõem lava e outros materiais vulcânicos.

Entre os arcos insulares e as planícies do fundo do mar (veja a parte B da figura 14-9) estendem-se longas e profundas fossas submarinas. Na margem leste da Bacia do Pacífico as fossas dispõem-se junto ao continente, e os arcos "insulares" vulcânicos, tais como os Andes, pertencem à massa continental. As atividades sísmicas e vulcânicas conjuntamente com os arcos insulares e fossas submarinas mostram que a crosta terrestre está em movimento nessas regiões.

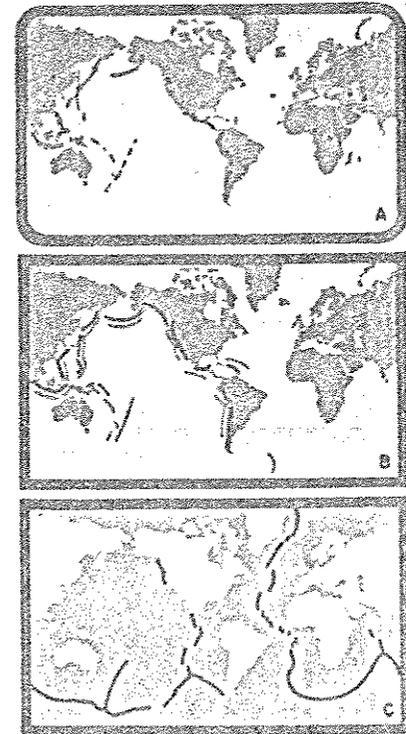
As faixas de terremotos, as fossas submarinas, os arcos insulares e os vulcões apresentam-se intimamente correlacionados quanto à localização geográfica. Haveria também algum tipo de associação entre eles e os geossinclinais? Já que o núcleo das montanhas originadas de geossinclinais apresenta rochas falhadas e dobradas, é razoável concluir-se que as atividades sísmicas acompanham as deformações nos geossinclinais. Se a crosta sofresse subsidência e compressão, estes movimentos poderiam resultar em fossas no assoalho oceânico. É possível que as fraturas nas camadas deformadas de um geossinclinal funcionem como caminho para os fluxos ascenderentes de materiais vulcânicos.

Você deve lembrar-se que, ao desenvolver a Investigação 14.1, constatou evidências que sugeriam uma associação entre as atividades vulcânicas e os geossinclinais. Muitos vulcões atuais estão relacionados aos sistemas de arcos insulares.

14.7 Cadeias meso-oceânicas e sistemas de blocos falhados

Na investigação Observações Sismológicas você notou a existência de um outro padrão de atividade da crosta ao longo da porção central dos oceanos — as cadeias meso-oceânicas. Elas estariam relacionadas aos geossinclinais? Comparando a figura 14-4 com a parte C da figura 14-9, verifique se é possível responder esta questão.

Fig. 14-9 — Padrões da distribuição mundial de (A) vulcões ativos e extintos, (B) arcos insulares e fossas submarinas e (C) cadeias oceânicas.



na Europa são outros exemplos de blocos que afundaram. No Brasil, na região da cidade de Iquatu (Ceará), o leito do Rio Jaguaribe corresponde a um bloco que sofreu afundamento. Neste exemplo, houve originalmente uma série de falhamentos que são bem evidenciados pelos terraços que margeiam o rio. Em São Paulo, o Vale do Paraíba, na região do Jacareí, é considerado como originário de processos de falhamentos que aparentemente afastaram a Serra da Mantiqueira da Serra do Mar, dando lugar a uma extensa planície (veja figura 14-12).

Estas feições são resultados de processos de tensão ou compressão? Poderiam elas ser relacionadas aos geossinclinais? No caso da porção leste da África podemos afirmar que não, porque não é uma região de montanhas geossinclinais (veja figura 14-4). E nos demais casos citados? Os blocos lá existentes poderiam estar relacionados aos estágios de levantamento dos geossinclinais?

14.8 Outra evidência de movimento da crosta

As montanhas geossinclinais, os arcos insulares vulcânicos e as cadeias meso-oceânicas não são as únicas irregularidades ou indícios da instabilidade da crosta terrestre. Existem as depressões e os domos, que fornecem evidência de um encurvamento ou arqueamento suave da crosta. Estas feições apresentam muitas vezes o tamanho dos anticlinalis e sinclinalis típicos que aparecem associados às faixas de geossinclinais. Entretanto, podem ser tão largas quanto extensas e têm sido encontradas em áreas continentais afastadas das faixas geossinclinais. Os domos e as bacias se formaram sob condições que envolveram muito menos mobilidade da crosta do que as reinantes nas áreas onde os geossinclinais se desenvolveram.

Ao mencionar as feições que estão relacionadas com a deformação da crosta terrestre, não podemos ignorar a vasta extensão da crosta que está sob os oceanos. Nas bacias oceânicas existem picos vulcânicos que não fazem parte nem de arcos insulares nem de cadeias meso-oceânicas. As Ilhas Hawaianas pertencem a uma pequena cadeia que parece estar isolada do cinturão de formações vulcânicas que circunda o Pacífico. O arquipélago de Abrolhos, junto à costa brasileira, também está isolado, não apresentando relação com a Cadeia Dorsal-

Fig. 14-12 — Vale do Rio Paraíba do Sul, onde ocorreu afundamento de blocos da crosta.



Atlântica. Uma vez que estas ilhas são pesadas cargas sobre a crosta, elas fornecem informações de como a crosta as suporta.

Através da utilização de novos e engenhosos instrumentos tem se aprendido muitas coisas acerca das feições do assoalho marinho. O sonar é um aparelho que permite o traçado do perfil do oceano através da captação de ondas sonoras que ele mesmo emitiu e foram refletidas pelo fundo do mar. Um outro método consiste em provocar explosões submarinas e analisar como os materiais abaixo do assoalho oceânico transmitem as ondas geradas pela explosão.

Existem milhares de montanhas vulcânicas espalhadas pelo fundo do mar, isoladas ou em grupos, denominadas montes submarinos. Alguns possuem picos afiados ou pontegudos e outros apresentam topos achatados (veja figura 14-13). Acredita-se que os montes submarinos de topo achatado estiveram alguma ocasião ao nível do mar, tendo sido erodidos pelas ondas. Como podem estar atualmente a centenas de metros abaixo da superfície do mar? Esta profundidade é muito grande para ser explicada pelo abaixamento do nível do mar durante as glaciações. Entretanto, se o topo achatado foi causado pelas ondas, em alguma ocasião eles devem ter alcançado o nível do mar. Se o nível do mar nunca chegou a ficar tão baixo quanto o nível atual dos topos, como ocorreu a erosão? Podemos encontrar uma pista para o problema numa série de montes submarinos pontegudos e achatados situados próximos à Fossa das Aleutas.

Antes do desenvolvimento da Fossa das Aleutas, alguns montes submarinos vulcânicos devem ter alcançado a superfície do mar. Quando a fossa se formou, o assoalho marinho afundou, não apenas naquele local mas também a alguma distância dele. Este afundamento provocou o rebaixamento simultâneo dos picos vulcânicos existentes na área. O rebaixamento foi maior perto da fossa, decrescendo gradualmente em pontos mais afastados. A localização dos montes submarinos pontegudos e achatados em relação à Fossa das Aleutas é compatível com a idéia de que o afundamento da crosta é o responsável pela atual profundidade em que se encontram os topos (veja figura 14-13).

Há outras indicações de movimento vertical da crosta oceânica? Os recifes de coral estão entre os mais interessantes depósitos marinhos (veja

Fig. 14-13 — Você consegue explicar a existência de montes submarinos de topo achatado situados tão abaixo da superfície oceânica?

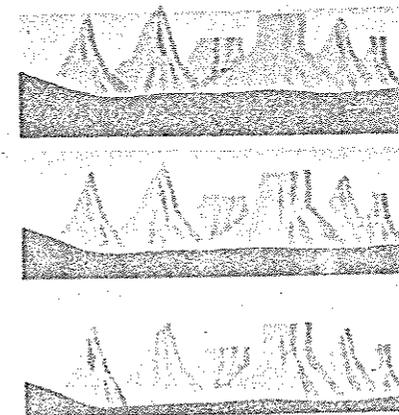
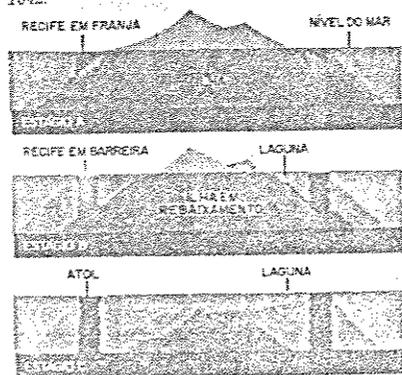


figura 14-14). Recentemente foram realizadas sondagens de até 1400 metros nos recifes de coral. O estudo dos materiais obtidos nestas perfurações revelou a estrutura desses depósitos. As amostras de material foram retiradas de um recife circular, ou atol, chamado Atol de Eniwetok, no Pacífico Oeste. Em todo o núcleo do Atol de Eniwetok foram encontrados corais. Os corais são organismos que vivem somente em águas mornas e rasas. Em vista disso, a presença de corais em tais profundidades indica que nessa área as condições das águas de superfície dos mares tropicais não mudaram nos últimos 60 milhões de anos.

Como sabemos isso? Como é possível explicar os 1400 metros de rochas corálíferas, se estas rochas só se formam em águas rasas? Charles Darwin, que aos 22 anos visitou os atóis de coral, propôs inicialmente que o fundo do mar, e conseqüentemente as ilhas, sofreram lenta subsidência. Os corais cresceram para cima, compensando o afundamento do assoalho marinho. Darwin identificou três tipos de recifes de coral, os quais interpretou como sendo apenas estágios do desenvolvimento (veja as partes A, B e C da figura 14-14). Estes estágios representavam:

- (A) recifes se desenvolvendo ao longo das costas das ilhas vulcânicas
- (B) recifes com água (uma espécie de laguna) entre eles e a costa
- (C) atóis

Fig. 14-14 — Estágio (A, B, C) do desenvolvimento de um atol de coral, com base na teoria proposta por Charles Darwin em 1842.



Darwin acreditava, portanto, que os atóis tinham sido originalmente recifes de linha de costa.

As idéias de Darwin foram publicadas em 1842. A elas se seguiram cem anos de discussões sobre o assunto. As sondagens realizadas em Eniwetok, em 1950, alcançaram a rocha vulcânica após 1400 metros de perfuração através de corais. Estes resultados estão concordantes com as idéias de Darwin sobre o desenvolvimento dos atóis.

14.9 Regiões estáveis e regiões móveis

Os geossinclinais se desenvolvem em qualquer lugar da superfície terrestre? Compare a figura 14-4 com um mapa-mundi de relevo. Observe o padrão de relevo que se situa entre as planícies e as cadeias

de montanhas. Você aprendeu que os atuais cinturões móveis estão localizados nas bordas dos continentes. Somando-se a esta evidência moderna, temos as rochas dos antigos geossinclinais, cuja composição e espessura indicam que elas também se formaram próximo às margens continentais. Feições atuais que poderiam ser modernos geossinclinais também bordejam os continentes. Está claro, portanto, que estes cinturões móveis da crosta são como que zonas de divisa entre os continentes e as bacias oceânicas. Possivelmente indicam uma fraqueza onde a massa continental encontra a área oceânica. O que poderia causar esta fraqueza?

Descobriu-se que os materiais constituintes das crostas continental e oceânica são fundamentalmente diferentes. A crosta oceânica é formada de materiais escuros, ricos em ferro, relativamente densos — as rochas basálticas. A crosta continental é formada de materiais claros, ricos em potássio e sódio, com densidade menor — as rochas graníticas. A crosta continental é cinco a seis vezes mais espessa do que a crosta oceânica. É provável que exista algum movimento na interface entre os dois tipos de materiais da crosta. As evidências disponíveis até agora não são suficientes para os cientistas poderem determinar se essa interface é brusca ou gradual.

Charles Darwin

Em 1831, o navio H. M. S. Beagle foi destacado para pesquisar os mares do sul, as terras da Patagônia e a Terra do Fogo, situadas no extremo da América do Sul. Seguiu junto, como naturalista da missão, Charles Darwin (1809-1882). Na histórica viagem que o Beagle desenvolveu durante cinco anos, cuidadosas observações da natureza levaram Charles Darwin a estabelecer a teoria da evolução. Ele também deu sua contribuição às geociências, com uma teoria sobre a origem dos atóis de coral.

Os atóis de coral durante muito tempo constituíram um mistério para os navegantes no Pacífico Sul. Qual a origem dessas formações? Aceitava-se até então a teoria de que os corais se desenvolviam a partir da borda das crateras vulcânicas submarinas. Darwin pôs em dúvida esta idéia. Em sua viagem, viu alguns atóis com cerca de 80 quilômetros de diâmetro, muito maiores do que qualquer cratera vulcânica conhecida. Darwin também sabia que os corais viviam somente até 35 a 50 metros da superfície oceânica, não podendo portanto se formar a grandes profundidades.

Darwin elaborou a teoria de que as montanhas, que inicialmente estavam acima do nível do mar, foram afundando lentamente à medida que o fundo do mar sofria um rebaixamento. Os corais se prendiam às bordas superiores das montanhas, próximo à superfície do mar, e continuavam a se desenvolver enquanto a montanha afundava. "Cada atol representa um monumento erigido sobre uma ilha desaparecida", escreveu Darwin. As sondagens realizadas no atol Eniwetok confirmaram suas afirmações.

Parece existir um padrão razoavelmente consistente relacionando as montanhas geossinclinais e as regiões mais estáveis do interior do continente. Este padrão está representado na figura 14-15. Cada continente possui uma região de rochas antigas que constituem os remanescentes já desgastados dos cinturões de deformação. Essas áreas foram submetidas a poucas deformações no decorrer de longos períodos de tempo. Jazimentos de rochas sedimentares quase horizontais recobrem as terras baixas e estáveis do interior dos continentes. Esses jazimentos se estendem para o mar através das montanhas e se espessam (veja as seções 14-1 e 14-2), tornando-se grandemente deformados no cinturão das montanhas geossinclinais (veja figura 14-16). Para além das montanhas, aparecem mais acamamentos de rochas sedimentares, que se prolongam por baixo do mar. Logo em seguida fica a plataforma continental. Em alguns casos, a plataforma pode ser um geossinclinal atual em estágio de acumulação de sedimentos.

Todas essas unidades não aparecem necessariamente em cada continente. Contudo, quando ocorrem, geralmente estão nas mesmas posições umas em relação às outras.

Os sistemas antigos de montanhas podem estar em estágio de erosão tão avançado que se apresentam como terras aproximadamente planas. Na realidade, o que resta das montanhas grandemente deformadas é a parte interna de um antigo cinturão móvel, hoje essencialmente inativo. Os tipos de rocha encontrados no interior das cadeias montanhosas levantam inúmeros outros problemas a respeito da crosta terrestre. Como se formam tais rochas? Existe algum lugar onde elas estejam se formando atualmente? De que maneira esses problemas estão relacionados com o ciclo das rochas?

No próximo capítulo você terá oportunidade de estudar as partes mais profundas das montanhas. Você ficará com uma melhor idéia a respeito dos tipos de rochas que estão se formando e das atividades que estão se processando nos cinturões móveis e nas profundezas das montanhas. Você observará a fase do ciclo das rochas que se desenvolve abaixo da superfície terrestre. Esta fase é marcada por transformações drásticas e um bom exemplo disso é a zona ativa ao redor do Pacífico e as ilhas do Caribe.

Fig. 14-15 — Seção vertical de um modelo de continente mostrando as principais unidades



REFLEXÃO E DISCUSSÃO

1. Se a área da Costa do Golfo é um geossinclinal, onde você espera que se formem ilhas vulcânicas?
2. Descreva o padrão de arco insular observado na borda oeste do Oceano Pacífico.
3. Como você explica que ocorram, lado a lado, montes submarinos de topo achatado e de topo pontegudo com mesma altura?
4. As rochas espessas, as feições de deformação e as montanhas geossinclinais ocorrem sempre juntas? Por que?

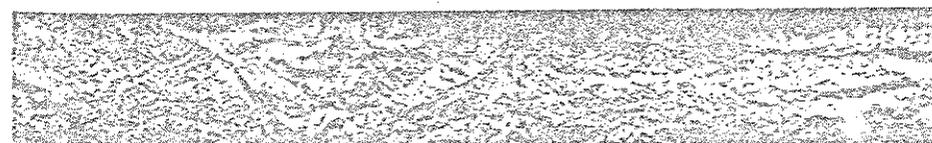
Embora o conceito de geossinclinal desenvolvido por James Hall já tenha mais de um século, ainda não é possível identificar um grupo de geossinclinais claramente definidas. Exceção feita ao geossinclinal apalachiano originalmente descrito por Hall, em todas as demais unidades identificadas como geossinclinais parecem estar ausentes uma ou mais feições importantes. Isto é especialmente verdadeiro para os chamados geossinclinais modernos. As incertezas envolvidas na identificação dos geossinclinais modernos indicam a necessidade de uma melhor compreensão dos processos relacionados aos geossinclinais. Muitas perguntas permanecem sem resposta.

PROBLEMAS
NÃO SOLUCIONADOS

Quais são as fontes de sedimentos para os geossinclinais? Ainda que a área da Costa do Golfo possa ser um geossinclinal moderno, mesmo lá é difícil reconstituir o caminho dos sedimentos desde a sua fonte original. Este problema se torna ainda mais difícil quando se trata de sedimentos de geossinclinais antigos cujas fontes já desapareceram, como é o caso do geossinclinal apalachiano. O registro sedimentar indica claramente que deviam existir áreas continentais altas durante o desenvolvimento de alguns antigos geossinclinais. Onde se localizavam estas áreas e como se apresentavam? Algumas delas poderiam estar atualmente sob os depósitos de planícies costeiras?

Por que as cadeias de montanhas de origem geossinclinal tendem a se formar junto às margens continentais? Haveria alguma relação entre este fato e as diferenças de densidade entre as crostas continental e oceânica? Que relação existe, se é que existe, entre os arcos

Fig. 14-16 — Fotografia tirada através de radar da área da Serra do Espinhaço (próximo de Belo Horizonte). Notam-se evidências de dobramentos.



insulares e suas fossas, por um lado, e entre os geossinclinais e as montanhas geossinclinais, por outro? Por que os arcos insulares e as fossas a eles associadas se estendem ao longo das margens das bacias oceânicas?

REVISÃO DO CAPÍTULO

Resumo

O conceito de geossinclinal, introduzido por James Hall há mais de um século, reúne conhecimentos de ambientes antigos, que são importantes tanto para a história física como para a biológica. Permite-nos prever os tipos de rochas que serão encontrados nas diferentes partes de uma área geossinclinal e fornece idéias de como a crosta tem sido deformada nestes locais.

Um geossinclinal é uma bacia rasa, de fundo de mar, situada próximo à costa, que está afundando enquanto vai sendo preenchida por sedimentos. A subsidência da crosta em áreas geossinclinais requer, além da carga de sedimentos, uma outra força auxiliar. A natureza dessa força ainda não é perfeitamente conhecida.

À medida que a subsidência continua, os depósitos geossinclinais são deformados e podem ocorrer outras transformações nas rochas. A subsidência pode ser seguida de um soerguimento, quando então depósitos do fundo do mar são elevados até a altura de montanhas. Esses são os estágios de desenvolvimento que explicam os grandes cinturões de montanhas geossinclinais encontrados perto das margens continentais.

Atualmente, nas margens dos oceanos, existem áreas que devem ter pelo menos algumas características de geossinclinais. O desenvolvimento de um geossinclinal pode parar em qualquer estágio. As atividades vulcânicas e os terremotos têm sido associados à evolução dos geossinclinais.

As cadeias meso-oceânicas também constituem grandes cinturões de deformação na crosta terrestre. Porém estas cadeias parecem indicar fenômenos de tensão na crosta, enquanto os geossinclinais indicam compressão. Outros aspectos da deformação da crosta terrestre, observados tanto nas bacias continentais como oceânicas, são os arqueamentos suaves e os desníveis entre grandes blocos limitados por falhas.

No que diz respeito a continentes e bacias oceânicas, as principais feições da deformação da crosta descritas neste capítulo geralmente aparecem num padrão ordenado.

Questões e Problemas

A

1. Descreva algumas das enigmáticas feições das formações rochosas que levaram James Hall à teoria dos geossinclinais.
2. Que evidências sugerem que os sedimentos dos geossinclinais se depositaram em águas rasas?
3. Que feições observadas na bacia do Golfo do México levaram alguns cientistas a acreditar que ela é um geossinclinal ativo?
4. Estabeleça as regras que governam o raciocínio que sustenta a teoria geossinclinal.
5. Como você sabe que as rochas têm sofrido deformações?
6. Que princípios você precisa conhecer para identificar e interpretar as deformações das rochas?
7. Descreva as feições de uma cadeia de montanhas dobrada.
8. O que é uma falha? Descreva os vários movimentos que podem estar associados à sua formação.
9. Em que parte dos continentes as montanhas geossinclinais geralmente estão localizadas? Os arcos insulares comumente estão em que parte dos oceanos?
10. Onde uma cadeia meso-oceânica deixa de ser uma cadeia meso-oceânica?
11. Como os recifes de coral podem ser usados para demonstrar movimento vertical da crosta oceânica?
12. Que motivos o levam a acreditar na existência de geossinclinais atualmente ativos? Onde alguns deles poderiam estar localizados?

B

1. Em que parte dos depósitos geossinclinais se localizam os calcários? Por que?
2. Em uma bacia geossinclinal, onde ocorre a maior parte das deformações nas rochas?
3. De onde provém a energia que causa os terremotos?

4. Que evidência indica que os arcos insulares podem ser um estágio intermediária na formação de montanhas geossinclinais? Que evidência contradiz esta idéia?
5. O que aconteceria à crosta terrestre em uma área onde estivessem se formando ilhas vulcânicas?
6. Dê uma explicação viável para o desenvolvimento de cadeias meso-oceânicas e fossas submarinas.
7. Por que as cadeias meso-oceânicas não são consideradas resultantes de compressão?
8. Como foi possível a erosão dos topos dos montes marinhos, se o nível atual dos mesmos é bem inferior ao nível mais baixo que o mar pode alcançar?
9. Como é possível a presença de corais a profundidades de 1400 metros, quando sabemos que eles não se formam a profundidades maiores que 80 metros?
10. Descreva as diferenças existentes entre os materiais componentes das crostas oceânica e continental. Como ficamos sabendo dessa diferença?
11. De que maneira os ciclos da água e das rochas interagem?

C

1. Os sedimentos removidos das áreas altas para as bacias geossinclinais perdem energia potencial, bem como a água que os transporta. Qual a fonte de energia potencial da água e qual a fonte de energia potencial dos sedimentos?
2. Sob que condições os restos de animais que viveram nos continentes poderiam ser encontrados nos depósitos do fundo do mar?
3. Por que se considera que a deposição de sedimentos no ambiente oceânico é insuficiente para provocar a subsidência de um geossinclinal? Que outra força provavelmente auxilia este processo?
4. O que provoca finalmente o soerguimento das rochas geossinclinais profundas?
5. Sob que condições grandes espessuras de sedimentos poderiam se acumular num geossinclinal sem acabarem por sofrer um soerguimento?

6. Descreva os processos que poderiam fazer com que as Índias Orientais e o Japão algum dia viessem a fazer parte do continente asiático.

Eicher, Don L., *Tempo Geológico*, Série de Textos Básicos de Geociência, Editora Edgard Blücher Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo, 1969.

Engel, Leonard e os redatores de Life, *O Mar*, Biblioteca da Natureza Life, Livraria José Olympía Editora, Rio de Janeiro.

Gueira, Antônio Teixeira, *Dicionário Geológico Geomorfológico*, IBGE — Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro, 1966.

Laporte, Léo F., *Ambientes Antigos de Sedimentação*, Editora Edgard Blücher Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1969.

Leinz, Viktor e Othon Henry Leonards, *Glossário Geológico*, Editora da Universidade de São Paulo e Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1971.

Leinz, Viktor e Sérgio Estanislau do Amaral, *Geologia Geral*, Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1966.

Livro Básico de Geologia e Ciências Afins, obra dirigida por Robert L. Heller sob os auspícios do American Geological Institute, edição preliminar no Brasil pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, com a colaboração da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1970.

LEITURAS SUGERIDAS

A N E X O 9

CAPÍTULO 11

"GEOLOGIA APLICADADA À ENGENHARIA"

CHIOSSI

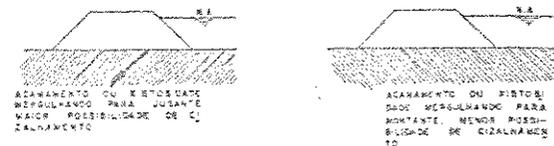
ELEMENTOS ESTRUTURAIS DAS ROCHAS

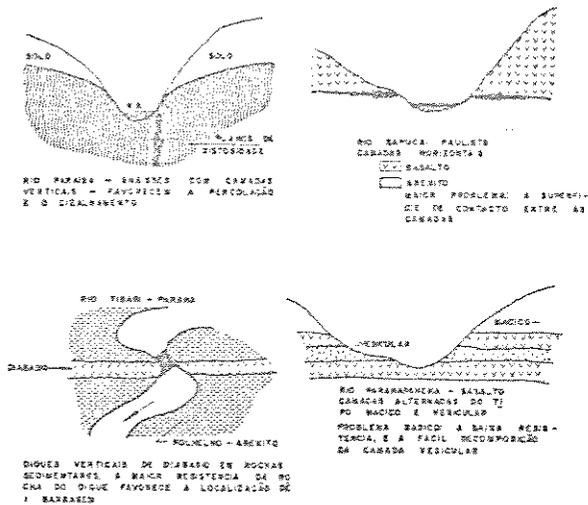
11.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo fornece noções sobre os elementos estruturais existentes nas rochas, representados pelas dobras, falhas e fraturas. Outros elementos, como acamamento das rochas sedimentares ou xistosidade das rochas metamórficas, já foram considerados em capítulo anterior. Nunca é demais insistir na importância dos elementos estruturais numa obra de engenharia, se bem que no Estado de São Paulo tais elementos apenas sejam freqüentes principalmente na zona Pré-Cambriana e dos derrames de basalto. Assim os túneis, barragens ou cortes rodoviários nessas áreas podem encontrar zonas de fraqueza ou ruptura, causadas por falhas, dobras ou fraturas daquelas rochas.

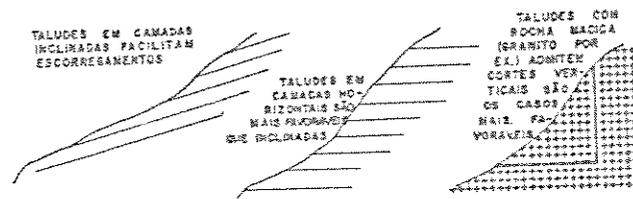
Os esquemas a seguir ilustram alguns efeitos dessas estruturas em obras de Engenharia.

Exemplos de estruturas geológicas em locais de barragens

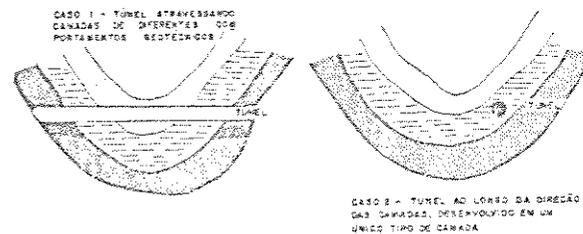




Exemplos de estrutura geológicas em estradas



Exemplos de estruturas geológicas em túneis



11.2. DEFORMAÇÕES DAS ROCHAS

As rochas estão constantemente sob a ação de forças que se originam no interior da Crosta. Essas forças causam vários tipos de deformações.

Por *deformação* entende-se qualquer variação de forma ou volume de ambos, que um corpo experimenta quando sujeito à ação de pressões, tensões, variações de temperatura, etc.

As deformações podem ser elásticas, plásticas e por ruptura. Será *elástica* quando, uma vez cessada a causa que o deforma, o corpo retorna à forma e volume primitivos. Uma vez ultrapassado o limite de elasticidade de um corpo e se este não voltar mais à forma e volume primitivos, dizemos que o mesmo sofreu uma deformação *plástica*. Se o esforço for tal que é ultrapassado o limite de plasticidade do corpo, este se rompe, sofrendo *ruptura* ou *fratura*.

O efeito da variação de temperatura nas rochas poderá causar deformações elásticas, que, contudo, não podem ser facilmente observadas. A formação de dobras, falhas, fraturas e diáclases são exemplos das deformações plásticas e de rupturas.

11.2.1. ZONA DE PLASTICIDADE E DE FRATURA

Por *plasticidade* entende-se uma mudança gradual na forma e na estrutura interna de uma rocha, efetuada por reajuste químico e por fraturas microscópicas, enquanto a rocha permanece essencialmente rígida. Durante este processo não se produz a fusão. A rocha não chega a fundir-se.

Sob enormes pressões e temperaturas que existem nas grandes profundidades da Crosta, todas as rochas experimentam uma tendência maior à plasticidade do que à fratura. A temperatura e a pressão elevadas, a presença de umidade e a natureza da própria rocha são fatores que influem nesta plasticidade. Próximo da superfície, as rochas são mais propensas à ruptura. Dessa forma, podemos distinguir na Crosta duas zonas distintas de deformações: uma zona de *plasticidade* a grande profundidade e uma zona de *fratura* próxima da superfície. A máxima profundidade da zona de fratura, é calculada em cerca de 18 km. Abaixo dessa profundidade, todas as rochas se manifestam como plásticas ante uma deformação. Quando falamos em termos gerais de todas as rochas, a zona exterior de 18 km de espessura da Crosta pode ser considerada quase que inteiramente como uma zona de *plasticidade* e *fraturas combinadas*.

As estruturas produzidas na zona de fraturas são as fraturas, falhas e fendas. Na zona de plasticidade originam-se dobras, estruturas gnáissicas, xistosas, etc.

11.2.2. ROCHAS COMPETENTES E INCOMPETENTES

Certas rochas possuem mais facilidade para se dobrarem e transmitirem os esforços recebidos, enquanto outras possuem maior tendência a se fraturarem. As primeiras são as rochas *competentes* e as segundas, as *incompetentes*.

Rochas competentes são os folhelhos e calcários, enquanto as rochas arenosas como o quartzito têm tendência a se fraturarem (incompetentes).

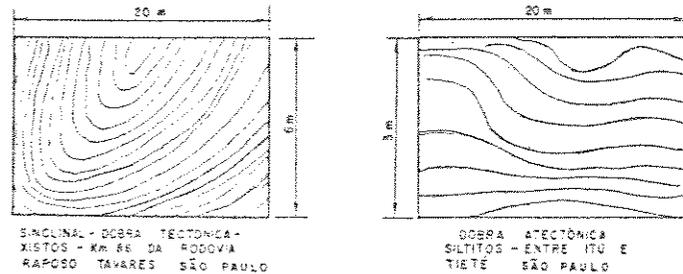
11.3. DOBRAS

São ondulações existentes em certos tipos de rochas. Por exemplo, nas formações estratificadas, como rochas vulcânicas e sedimentares e seus equivalentes metamórficos. Entretanto, qualquer rocha acamada ou com alguma orientação pode mostrar-se dobrada como acontece com filitos, quartzitos ou gnaisses. O tamanho das dobras é o mais variado, uma vez que, enquanto algumas não passam de centímetros, outras atingem grandes proporções com centenas de quilômetros de amplitude.

Causas dos dobramentos

Dobras, assim como as falhas, são frequentemente classificadas em *tectônicas* e *atectônicas*, segundo sua origem. As de origem tectônica resultam mais ou menos diretamente de forças que operam dentro da crosta da Terra. As de origem atectônica são o resultado de movimentos localizados (deslizamentos, acomodações, escorregamentos, avanço do gelo sobre sedimentos inconsolidados, etc.) sob influência de gravidade e na superfície terrestre. As dobras de origem atectônica são inexpressivas, de âmbito local.

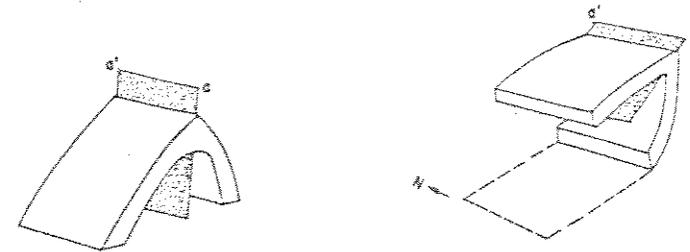
Deve-se observar ainda que com um dobramento ocorrem também falhamentos de pequena amplitude, de grande valia na interpretação da estrutura resultante.



Partes de uma dobra

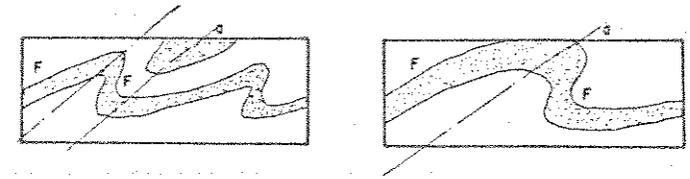
Plano ou superfície axial de uma dobra é o plano ou superfície que divide a dobra tão simetricamente quanto possível. O plano axial pode ser vertical, inclinado ou horizontal. Embora seja uma superfície plana, pode apresentar-se

curvo. A atitude do plano axial é definida por uma direção e um ângulo de mergulho, tal como a atitude de uma camada.



Eixo é a intersecção da superfície axial com qualquer camada. Tal intersecção é uma linha, tal qual na figura anterior (linha *aa'*). Há um eixo para cada camada, e toda a dobra apresenta incontáveis eixos. Um só eixo, entretanto, é suficiente para definir a atitude da dobra. Como notamos na figura anterior, os eixos podem ser classificados, quanto a sua posição relativa, do mesmo modo que os planos axiais.

Fiancos ou limbos são os lados ou as porções da dobra que se unem no seu eixo. Um flanco se estende do plano axial em uma dobra ao plano axial da dobra seguinte.



Crista é uma linha ao longo da parte mais alta da dobra, ou mais precisamente a linha que liga os pontos altos de uma mesma camada em um número infinito de seções transversais. Há uma crista separada para cada camada, e o plano ou superfície formada por todas as cristas é o *plano de crista*.

Nomenclatura das dobras

A terminologia para descrever o aspecto geométrico de dobras é a seguinte:

1. *Anticlinal*: é uma dobra convexa para cima. Significa, em grego, "inclinado opostamente". Refere-se ao fato de, em anticlinais simples, os dois fiancos

mergulharem em direções opostas um do outro. Algumas vezes, entretanto, os flancos mergulham na mesma direção ou são horizontais. Nestes casos, o anticlinal pode ser definido como uma dobra com rochas mais velhas no centro de curvatura.

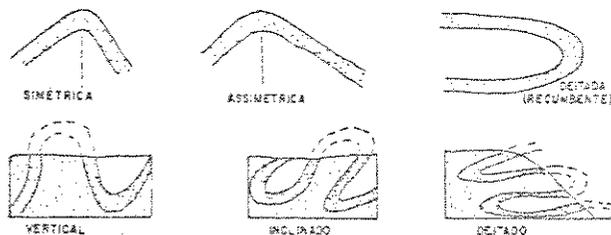


2. *Sinclinal*: é uma dobra côncava para cima. O significado, em grego, é "inclinado junto", por se referir ao fato de, nos mais simples sinclinais, os dois flancos mergulharem um em direção ao outro. Entretanto, em sinclinais mais complexos, os flancos podem mergulhar na mesma direção ou ainda serem horizontais. Um sinclinal é definido como uma dobra com rochas mais novas no centro da curvatura.

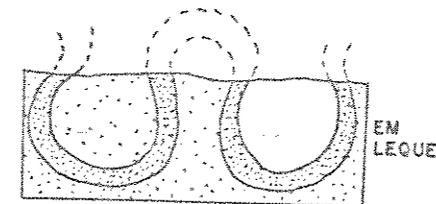


O conjunto de termos abaixo se refere à atitude dos eixos.

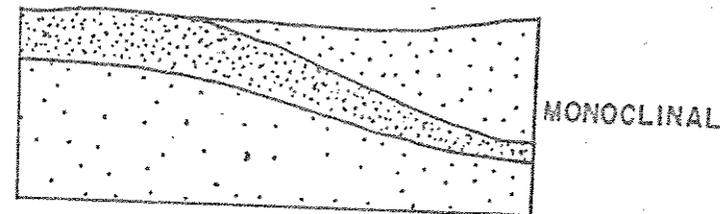
3. *Simétrica*: é uma dobra em que os dois flancos têm o mesmo ângulo de mergulho.
4. *Assimétrica*: quando os flancos mergulham com diferentes ângulos.
5. *Deitada*: é a dobra em que o plano axial é essencialmente horizontal. Dobras desse tipo são comuns nos Alpes.



6. *Isoclinal*: significa, em grego, "igualmente inclinado"; refere-se a dobras em que os dois flancos mergulham a ângulos iguais na mesma direção. *Isoclinal simétrico* ou *vertical* é aquele cujo plano axial é vertical, e *isoclinal inclinado* é aquele cujo plano axial é inclinado. O *isoclinal recumbente* tem plano axial horizontal.



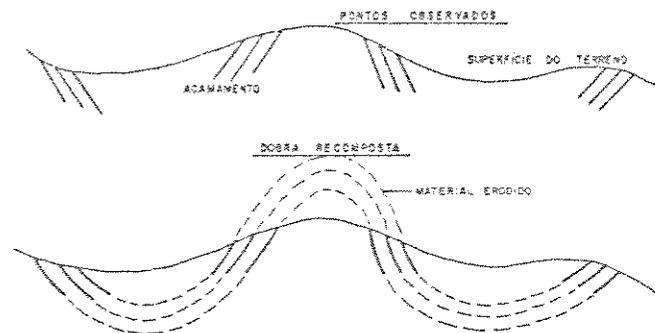
7. *Em leque*: é a que representa os dois flancos revirados. No anticlinal de dobra em leque, os dois flancos mergulham um em direção ao outro, e no sinclinal mergulham opostamente. Tais dobras não são comuns.



8. *Monoclinial*: dobra em forma de degrau que afeta camadas paralelas, originalmente horizontais ou levemente inclinadas.

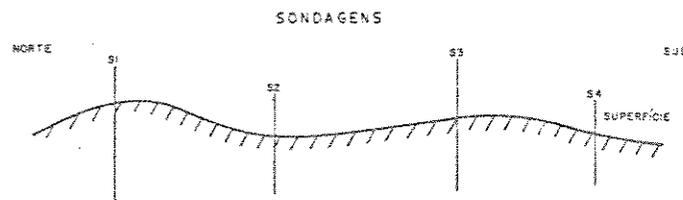
Reconhecimento de dobras

Não é fácil a observação de dobras no campo, principalmente quando são de tamanho considerável. Isso em virtude da ação contínua da erosão. Deve-se levar em consideração vários pontos de observação, numa tentativa de se recompor a geometria da antiga dobra. Ex.: na Via Anhanguera, entre Perus e São Paulo, os cortes dessa estrada exibem as camadas de filito nas mais variadas posições: mais ou menos no km 35, as camadas aparecem na posição vertical. Antes e depois desse ponto, as inclinações das camadas são mais suaves. Num caso como esse, pode-se recompor a superfície dobrada, da seguinte maneira:



O mesmo raciocínio de observação pode ser feito para as amostras de sondagens colhidas no subsolo. O processo é idêntico.

Imaginemos uma região com dobramentos moderados, e onde foram executadas várias sondagens.

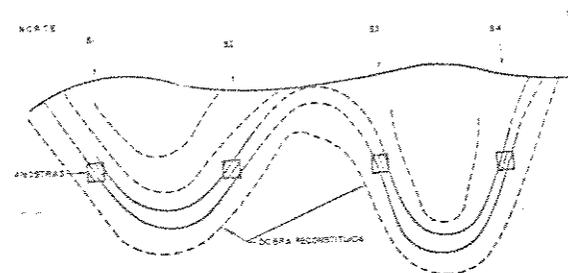


Através da observação das amostras que são retiradas do subsolo, podemos determinar a posição das camadas. Suponhamos que foram encontradas as seguintes posições:

- S_1 - inclinada para o norte 45° ;
- S_2 - 40° para o sul;
- S_3 - 70° para o norte;
- S_4 - 60° para o sul.

Colocando-se esses valores no perfil, pode-se recompor a dobra.

É óbvio que, quanto mais simples for a dobra e maior o número de sondagens, mais exata será a reconstrução da dobra.



11.4. FALHAS

11.4.1. DEFINIÇÃO

Falhas são rupturas e deslocamentos que ocorrem numa rocha ao longo de um plano, e pelo qual as paredes opostas se movem uma em relação a outra. A característica essencial é o movimento diferencial de dois blocos ou camadas, ao longo de uma superfície de fratura ou fraqueza.

Os deslocamentos, das falhas podem variar de poucos centímetros até dezenas de quilômetros. A atitude ou posição de uma falha é dada pela medida de sua direção e mergulho.

O bloco acima do plano de falha é chamado *capa* e o abaixo, *lapa*. É óbvio que falhas verticais não terão lapa nem capa.

11.4.2. ELEMENTOS DE UMA FALHA

Plano de falha: é a superfície ao longo da qual se deu o deslocamento.

Linha de falha: é a intersecção do plano de falha com a superfície topográfica.

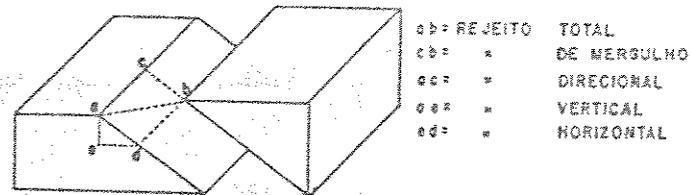
Espelhos de falha: originam-se em consequência do deslocamento. É a superfície polida de uma rocha originada pela fricção dos blocos opostos, no plano de falha. Formam-se frequentemente estrias e caneluras, no sentido do movimento. Essa feição permite também deduzir o sentido do deslocamento.

Brechas de falhas: quando o movimento é forte, as rochas no plano de falha podem se fraturar e ser, posteriormente, cimentadas. As brechas tectônicas se distinguem das rochas sedimentares, por apresentarem composição mineralógica idêntica à das rochas encaixantes e homogeneidade quanto aos fragmentos.

Quando o movimento é muito forte, a rocha, no plano de falha, fica moída, transformando-se em pó de rocha. A consolidação desse pó constitui a rocha meta-

mórfica chamada *milonito*. Temos, então, ao longo do plano de falha, uma zona de metamorfismo.

Rejeito: é o deslocamento relativo de pontos originariamente contíguos, medido com referência ao plano de falha. São cinco os tipos de rejeito:



- rejeito de mergulho* — deslocamento numa falha, paralelo à direção do mergulho do plano de falha. Na figura, o rejeito de mergulho é cb .
- rejeito direcional* — deslocamento sobre o plano de falha, paralelo à sua direção. Indicado por ac na figura.
- rejeito horizontal* — deslocamento horizontal numa falha, medido sobre um plano perpendicular à direção desta. Corresponde a ed na figura.
- rejeito total* — deslocamento resultante entre o rejeito direcional e o rejeito de mergulho numa falha. Pode, em certos casos, coincidir com a direção do direcional ou de mergulho. É indicado por ab .
- rejeito vertical* — deslocamento vertical numa falha, medido sobre um plano perpendicular ao da falha. Indicado por ae na figura.

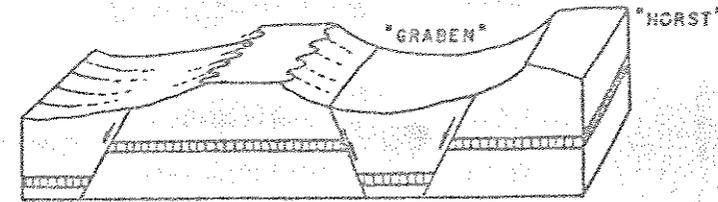
11.4.3. TIPOS DE FALHA

Os tipos mais simples de falha são os seguintes:

- Falha normal* — falha em que a capa (ou teto) se movimenta aparentemente para baixo em relação à lapa (ou muro). O plano de falha mergulha para o lado que aparentemente se abateu. Esta é uma falha de tensão.



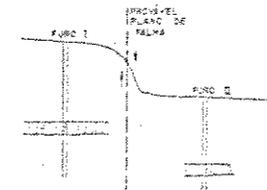
- Falha inversa ou de empurrão*: falha em que a capa aparentemente se desloca para o alto, em relação à lapa. O plano de falha mergulha aparentemente para o bloco que se elevou. É uma falha de compressão.
- "Horst e graben"* — um bloco rochoso afundado entre duas falhas constitui um *graben*, e um bloco que se ergueu entre duas falhas é um *horst*. Horst e graben ocorrem em quase toda área falhada. Como exemplo brasileiro, podemos citar a fossa próxima de Salvador, Bahia, e a do Vale do Paraíba, nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro.



11.4.4. RECONHECIMENTOS DE FALHAS

As falhas podem produzir escarpas na topografia. Entretanto, vale lembrar que nem toda escarpa se originou por falhamento. Há também escarpas produzidas por erosão diferencial. Escarpas de falhamento são raras no local onde se deu a falha, pois em breve a erosão vai agir recuando o escarpamento, formando então escarpas ao longo de linhas de falhas paralelas à direção de falhamento, mas não coincidentes nestas. Com o tempo, a erosão destrói toda a evidência de falha e esta só pode então ser reconhecida por meios indiretos: falta ou repetição de camadas, contato brusco de dois tipos litológicos, fontes ou nascentes alinhadas (acompanhando a direção de falhamento). É muito útil também a observação de espelhos de falhas, brechas e milonitos. Em fotografias aéreas, a mudança brusca da cor do terreno, o desvio do curso de um rio, linha de vegetação, etc. são indícios de falhas.

As falhas podem ser também observadas através de amostras de sondagens, por meio de sua correlação. Ex.:



11.5. FRATURAS

11.5.1. DEFINIÇÃO

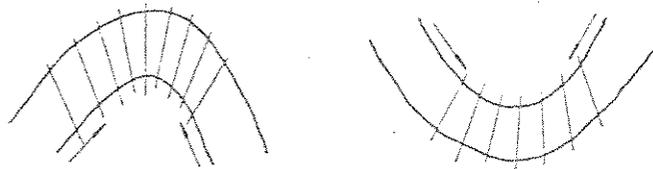
É uma deformação por ruptura. Trata-se de um plano que separa em duas partes um bloco de rocha ou de uma camada, e ao longo do qual não se deu deslocamento.

As fraturas têm a seguinte nomenclatura:

O termo *diáclase* é reservado para as fraturas ou rupturas de causas tectônicas, enquanto o termo *junta* restringe-se a fraturas cuja origem é a contração por resfriamento. O espaçamento entre as diáclases de um bloco rochoso pode variar de metros até poucos centímetros. As diáclases são fraturas normalmente fechadas, mas podem ser alargadas pelo intemperismo químico.

11.5.2. TIPOS

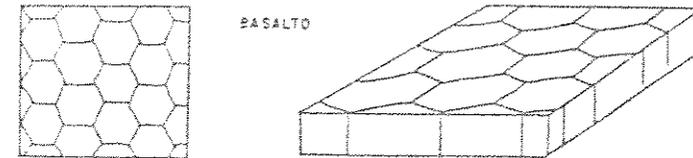
a) *As diáclases originadas por esforços de compressão* são as mais frequentes e são provocadas principalmente por esforços tectônicos. Caracterizam-se por superfícies planas e ocorrem na forma de sistemas, cortando-se em ângulo. São comuns nas partes côncavas dos anticlinais e nas convexas dos sinclinais.



Quando a estrutura da rocha (metamórfica ou sedimentar) for inclinada, podem se desenvolver diáclases paralelas à estrutura ou ainda oblíquas a ela. Ex.: gnaisses, xistos, folhelhos.

b) *As diáclases de tensão* se formam perpendicularmente às forças que tendem a puxar opostamente um bloco rochoso. Caracterizam-se em geral por superfícies não muito planas. Duas origens são invocadas para as diáclases de tensão:

1. *Tectônica*: são frequentes nos anticlinais e sinclinais.
2. *Contração*: ocorrem tanto em rochas ígneas como em sedimentares, caracterizando-se por vários sistemas entrecruzados. Ex.: diáclases de contração do basalto, formando colunas prismáticas. Tais diáclases são chamadas preferencialmente de juntas.



Sistemas de fraturas hexagonais. Formam-se por resfriamento do magma (basalto) ou por ressecamento de lavas (argilas).

Fraturas são elementos estruturais de grande importância em geologia, como por exemplo:

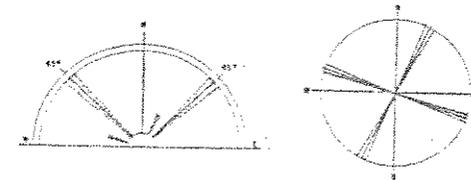
- a) Em *Geologia aplicada* — na construção de túneis, barragens, estradas, etc., a existência de fraturas nas rochas deve ser observada cuidadosamente.
- b) *Curso dos rios* — os cursos d'água aproveitam essas zonas de fraqueza, para impor a sua direção.
- b) Em *Geologia Econômica* — aproveita-se das fraturas das rochas para a obtenção de lajes, blocos retangulares, etc., usados como materiais de construção.

Na construção de barragens, o exemplo da importância das fraturas é bastante significativo. Assim, a Barragem de Jaguará, no Rio Grande, situada em quartzitos, exigiu intenso uso de injeções de cimento nas fundações, uma vez que a rocha apresentava uma série de fraturas, muitas das quais ao longo de suas camadas.

Outro exemplo típico é o das barragens localizadas em derrames de basalto. Essa rocha exibe normalmente um fraturamento semi-horizontal associado a uma série de fraturas tanto horizontais como verticais e inclinadas. Exemplo: Urubupungá, Ibitinga, Promissão, no Estado de São Paulo, Salto Osório, no Paraná, etc. Via de regra, os basaltos necessitam de injeções de cimento para vedar as fraturas.

11.5.3. REPRESENTAÇÃO

As fraturas das rochas devem ser mapeadas, com suas direções e inclinações medidas e colocadas em diagramas. Em diagramas circulares, determinam-se posteriormente as direções (ou direção) predominantes dessas fraturas.



Outro tipo de representação se dá através da projeção estereográfica, por meio de diagramas de Wulff ou Schmidt.

Perto da superfície do terreno, as fraturas e juntas podem estar fechadas ou abertas; podem ser preenchidas pela precipitação de soluções químicas ou podem ser alargadas por dissolução de suas paredes. As fraturas não se estendem até grandes profundidades. Abaixo do nível das águas subterrâneas, é comum encontrarmos sílica, calcita, pirita e outros minerais, precipitados nas fraturas das rochas.

Essas fraturas cimentadas são zonas fracas, que podem romper-se a qualquer movimento da Crosta. As fraturas podem também ser preenchidas por material magmático, possibilitando a formação de veios, diques e outros corpos intrusivos.

11.6. OROGÊNESE

O termo *orogênese* abrange, em sentido amplo, o conjunto de fenômenos vulcânicos, erosivos e diastróficos, que levam à formação de montanhas. Define-se montanha como uma elevação que atinge mais de 300 m sobre o terreno circundante.

11.6.1. MONTANHAS VULCÂNICAS

São as formadas pelo acúmulo de materiais lançados pelos vulcões. Quase todas elas se iniciam com a saída de lavas e de outros produtos vulcânicos, por uma abertura situada em terrenos planos. Gradualmente, o material expulso acumula-se ao redor da abertura, terminando por formar uma elevação. Quando tais materiais expulsos constituem uma lava fluida, esta estende-se a grandes distâncias, sobre as terras circundantes e dá lugar a uma montanha de pendentes suaves de grande extensão. O "Mauna-Loa", no Havaí, possui um dos cones de lava mais bem conhecido, com encosta suave. Tal vulcão cobre uma área de 500 km² e se inclina em todas as direções tão suavemente que um automóvel pode chegar com facilidade até o seu topo.

As montanhas vulcânicas são, na realidade, formadas por uma série de mantos de lava, com espessura variável. Os cones de lavas distinguem-se por sua simetria, embora nenhum deles a possua perfeita. Os que possuem maior simetria são os formados por cinzas vulcânicas.

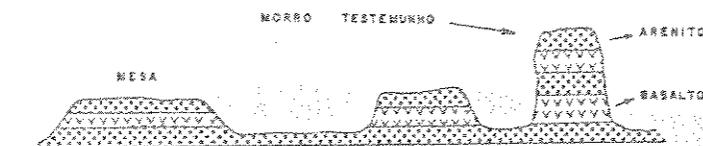
No Brasil não existem montanhas vulcânicas, porque todos os vulcões brasileiros são muito antigos e sofreram a ação da erosão. São exemplos o Vesúvio (Itália), o Fuji Yama (Japão), o Kilimanjaro (África), o Mont Ranier (USA), etc.

11.6.2. MONTANHAS DE ORIGEM EROSIVA

Podemos distinguir três casos:

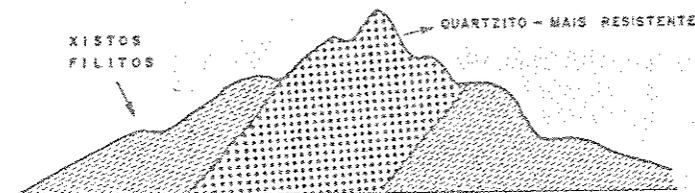
a) *Isoladas pela erosão* — Muitas montanhas baixas são os restos de camadas horizontais que ficaram isoladas pelos efeitos da erosão. Essas montanhas,

quando ainda têm o topo plano, são chamadas de *mesas*. O topo é formado por camadas mais resistentes, que protegeram as inferiores: a região de Botucatu, Itirapana, no Estado de São Paulo, etc., são exemplos desse tipo.



b) *Nos divisores de água* — Outras montanhas se formam devido à erosão fluvial. São exemplos os *divisores de água*, áreas mais elevadas, localizadas entre rios ou bacias hidrográficas.

c) Finalmente, muitas montanhas são consequência de *erosões diferenciais*, pelas quais as rochas mais fracas são facilmente destruídas, restando as rochas duras que se sobressaem no relevo, constituindo tais elevações. O Pico do Jaraguá, nas proximidades da cidade de São Paulo, é um exemplo típico da influência da erosão diferencial. Uma lente de quartzitos resistentes, envolvida por filitos menos resistentes, possibilitou a formação do pico (ver desenho abaixo).



11.6.3. MONTANHAS DE ORIGEM TECTÔNICA

Formam as grandes cadeias de montanhas e se originam por dobramentos, falhas, ou por ambos. As montanhas formadas por dobramentos são as mais características e constituem as maiores cordilheiras. Formaram-se em uma época geológica relativamente moderna. Cadeias de montanhas, formadas em épocas geológicas mais antigas, sofreram profunda erosão, e muitas vezes as regiões foram completamente peneplanizadas.

Todas as grandes cadeias de montanhas formadas por dobramentos possuem certos caracteres em comum:

1. Presença de grandes espessuras de sedimentos, atingindo às vezes 12 000 m.
2. Esses sedimentos são, em grande parte, marinhos, formados em águas rasas e podem conter fósseis característicos.
3. Esses sedimentos estão atualmente dobrados, fraturados e elevados, acima do nível do mar.
4. Com esses dobramentos, há aparecimento de intrusões ígneas, produzindo vários graus de metamorfismo nos sedimentos.
5. Esses sedimentos dobrados apareceram em uma faixa relativamente estreita e alongada.

Os sedimentos podem atingir milhares de metros de espessura, apresentando, porém, características de águas rasas. Isto indica, portanto, que à medida que existia sedimentação, havia um abaixamento concomitante da região. Essas áreas estreitas e alongadas, de grandes subsidências, foram chamadas de *geosinclinais* por Dana, em 1877.

O fato de que, em um geosinclinal, pode acumular-se, por exemplo, até 12 000 m de sedimentação, não significa que o mar na região tivesse a profundidade de 12 000 m. Nesse caso, os sedimentos mostrariam evidências de águas profundas.

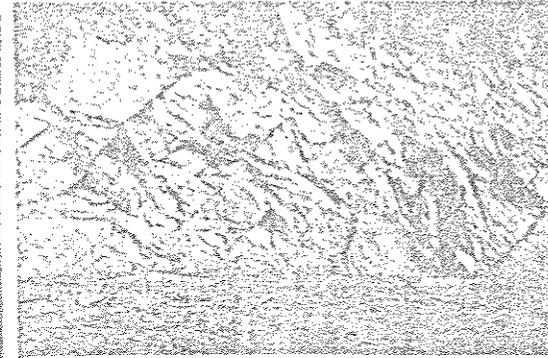
A velocidade de afundamento de um geosinclinal é muito lenta.

Tomando como exemplo o geosinclinal dos Apalaches, temos 12 000 m de sedimentos depositados em 300 milhões de anos (do Cambriano ao Permiano Inferior), o que dá a média de *1 m em 25 000 anos*.

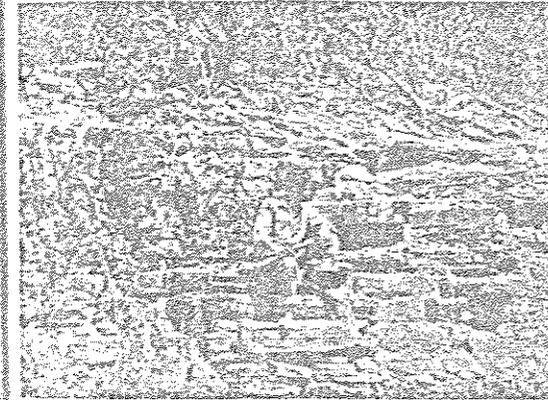
O último período de tectonismo é conhecido como "alpino", o qual dobrou, fraturou, falhou e metamorizou enormes espessuras de sedimentos, que ocuparam geosinclinais, cuja posição geográfica era a das atuais grandes cordilheiras: Alpes, Himalaia, Andes e Montanhas Rochosas.

BIBLIOGRAFIA

1. LAHEE, F. Geologia Prática - Edições Omega - 1958.



Camadas inclinadas em quartzitos. Em Rio de Contas - Estado da Bahia.



Camadas na posição horizontal, de calcário. Em Itacê - Estado da Bahia.



Camadas na posição horizontal, de arenitos. Em Morro do Chapéu - Estado da Bahia.

A N E X O 10

CAPÍTULO 13
"GEOLOGIA GERAL"
POPP

12.5 Mergulho ou Inclinação da Camada

Uma dobra possui em geral dois flancos, os quais podem mergulhar com ângulos diferentes ou iguais quase sempre em sentidos opostos como a cumieira de um telhado. Para se obter o ângulo de mergulho da camada, coloca-se a bússola verticalmente em um dos flancos de maneira que sua maior extensão coincida com a maior inclinação da camada (Fig. 12.26). Em seguida move-se o clinômetro pelo dispositivo situado na parte posterior da bússola até que a bolha de ar do nível fique centrada no traço correspondente [nivelado]. Finalmente, a leitura é obtida onde o zero do clinômetro coincidir com o traço referente aos graus impressos na porção mais inferior (Fig. 12.27).

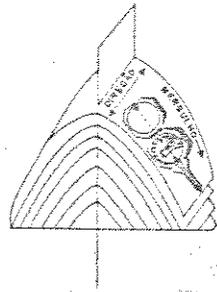


Fig. 12.26 Posição correta da bússola para a determinação do mergulho da camada, medida com auxílio do clinômetro acoplado à bússola.

12.6 Direção do Mergulho

Uma dobra, como foi visto acima, tem geralmente dois flancos. Qualquer um dos flancos indica a direção da dobra ou das camadas da dobra, contudo, a direção do mergulho das camadas deve ser tirada do flanco que foi utilizado para medir a inclinação ou mergulho. A direção do mergulho sempre perfaz 90° com a direção da camada (v. Fig. 12.25). Assim, se a direção da camada é, por exemplo, norte-sul, a direção do mergulho será leste ou oeste, dependendo do flanco usado para determinar a inclinação da camada.

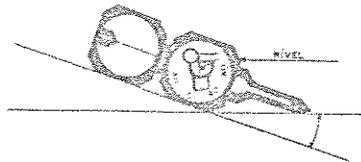


Fig. 12.27 A leitura é feita no clinômetro acoplado que, no exemplo, indica um ângulo de mergulho de 30° .

13

Epirogênese e Orogênese- As Origens das Montanhas

13.1 Movimentos Tectônicos

As forças internas da Terra trazem em sua dinâmica resultados que podem ser observados na superfície. Os terremotos, o vulcanismo, as rochas dobradas e falhadas são exemplos claros de que toda a crosta esteve submetida a tais esforços e que eles continuam atuando até os nossos dias.

Esses movimentos são denominados *tectônicos* e são classificados em dois tipos: *orogênicos* e *epirogênicos*.

O movimento *orogênico* é relativamente rápido e, quando se manifesta, geralmente deforma, dobrando e falhando, as camadas rochosas. Os terremotos são os movimentos *orogênicos* mais rápidos de que se tem conta. Associados ao vulcanismo, correspondem a sinais anteriores ou posteriores de um tectonismo *orogênico* mais amplo. A *orogênese* propriamente dita é a elevação de uma vasta área dando origem a grandes cadeias de montanhas. Assim, os terremotos e o vulcanismo andino são sinais posteriores ao levantamento da grande cadeia de montanhas que são os Andes. Ao contrário, o vulcanismo e os sismos da faixa que vai de Java ao Japão são sinais precursoros de uma grande cadeia de montanhas que se elevará naquela área.

Os movimentos *epirogênicos* caracterizam-se por serem lentos, abrangerem áreas continentais e não terem competência para deformar (não produzem falhas ou dobras) as estruturas rochosas. O movimento *epirogênico* não está relacionado nem ao vulcanismo nem aos sismos, ao contrário, é de ocorrência mais comum em áreas relativamente estáveis da crosta terrestre, sendo característico das bacias sedimentares intracratônicas.

Assim, podemos distinguir a *orogênese* para as áreas instáveis e a *epirogênese* para as áreas estáveis da crosta. Daí resultam duas correntes científicas: os adeptos do *catastrofismo*, que admitem uma movimentação constante da crosta, e os *fixistas*, que admitem os movimentos mas negam sua constância, considerando-os *arritmicos*.

13.2 Epirogênese

A epirogênese atinge áreas de dimensões continentais, formando arqueamentos, intumescências ou abaixamentos de grandes conjuntos geológicos. Os arqueamentos podem ser maiores num ponto e menores em outros, como podem ser levantamentos num lugar e abaixamentos em outros. A lentidão desses movimentos dificulta seu conhecimento, carecendo-se também de um ponto de referência fixo que possibilite a mensuração da extensão da epirogênese.

As principais análises da epirogênese são feitas a beira-mar, isto porque, além de o nível do mar poder ficar fixo durante muito tempo os seus movimentos de subida e descida já são bem conhecidos.

Os movimentos do nível do mar são chamados eustáticos, podendo ser de dois tipos: de transgressão, quando o nível do mar se eleva sobre um litoral fixo invadindo os continentes, e a regressão, quando o nível das águas baixa sobre uma plataforma litorânea fixa. Em ambos os casos não houve epirogênese porque foi o mar que se moveu. As causas de variação do nível do mar são conhecidas:

- (a) Tectonismo submarino (modificando a forma do vaso oceânico).
- (b) Modificações paleoclimáticas (retendo água no continente sob a forma de gelo ou derretendo em gelo, como ocorreu por ocasião das glaciações do Quaternário).

Como pôde ser visto, são grandes as dificuldades de pesquisa dos movimentos epirogenéticos.

13.3 Orogênese

A orogênese é um movimento que se caracteriza sobretudo por sua competência em deformar as estruturas rochosas. As falhas e as dobras são o resultado de perturbações tectônicas exceto as de origem atectônica. As perturbações tectônicas estão quase sempre associadas à orogênese e à epirogênese, as quais, por sua vez, estão em geral associadas à questão da origem das montanhas. Em outras palavras, as rochas foram submetidas a deformações resultando por dobras e falhas de origem tectônica, durante a mesma época em que um movimento orogênético elevou sedimentos que jaziam em regiões baixas constituindo montanhas. Analisando a origem das montanhas, podemos melhor entender o mecanismo da orogênese.

Ao dividir a Terra em grandes regiões estruturais, podemos distinguir inicialmente (a) continentes e oceanos, os quais se subdividem em (b) grandes conjuntos estruturais como escudos e bacias estruturais, os quais, por seu turno, subdividem-se em (c) grandes unidades estruturais, as quais, ainda uma vez, subdividem-se em (d) unidades tectônicas elementares como maciços montanhosos, *Grabens* e *Horsis*.

Se observarmos bem esta classificação veremos que o termo montanha, de acepção popular, pode designar tanto um conjunto de serras dentro de uma unidade tectônica elementar quanto uma grande cordilheira dentro de um continente.

Num Atlas Geográfico, as montanhas são designadas em função da altitude relativamente ao nível do mar. Mas isto é apenas um elemento descritivo e não explicativo. A Geologia trata sobretudo de um conceito de montanha em que o elemento gênese seja prevalente.

Tecnicamente, designa-se por montanha apenas as cadeias de montanhas (do inglês *mountain ranges*, ou do francês *chaines de montagnes*) formando uma região elevada cuja estrutura montanhosa corresponde a um geossinclinal emerso. Dessa forma, montanha não é apenas uma forma de relevo ou de altitude, mas aquela estrutura que apresenta uma relação entre a estrutura das rochas e a sua origem. Nesse sentido, seriam montanhas os Alpes, os Cárpatos, as Montanhas Rochosas, o Himalaia, os Andes, a Serra do Espinhaço. E não seriam montanhas a Serra da Mantiqueira, a Serra do Mar ou da Borborema. Fora desse conceito técnico podemos encontrar outras elevações, maiores ou menores, das mais diversas origens.

13.4 Origens das Montanhas

Se abandonarmos o conceito técnico de montanha acima exposto, poderemos encontrar elevações ou conjunto de elevações não ligados a um geossinclinal, e sim tendo sua gênese relacionada a fenômenos geológicos de outra natureza.

Montanhas de origem vulcânica. Essas montanhas são originadas pela acumulação de material proveniente das porções internas da crosta. Têm forma cônica, com o material acumulando-se em torno da cratera, mas a constituição desse material varia conforme o tipo de vulcão. Por exemplo, a montanha formada pelo Fuji-Yama é de lavas, o Parícutin forma uma montanha de material piroclástico. Outro tipo de montanha vulcânica é mista, intercalando lavas e material piroclástico, como o Etna na Itália.

Montanhas resultantes da erosão. Muitas regiões da Terra foram aplainadas pela erosão. Depois de alcançarem um aplainamento final podem ser atingidas por nova fase erosiva, a qual pode estar relacionada ou a uma modificação climática ou a levantamentos epirogenéticos que alteram o perfil dos rios. Neste caso, novos talvegues são esculpidos, fazendo com que de plana a região passe a ter relevo acentuado, ou seja, montanhoso.

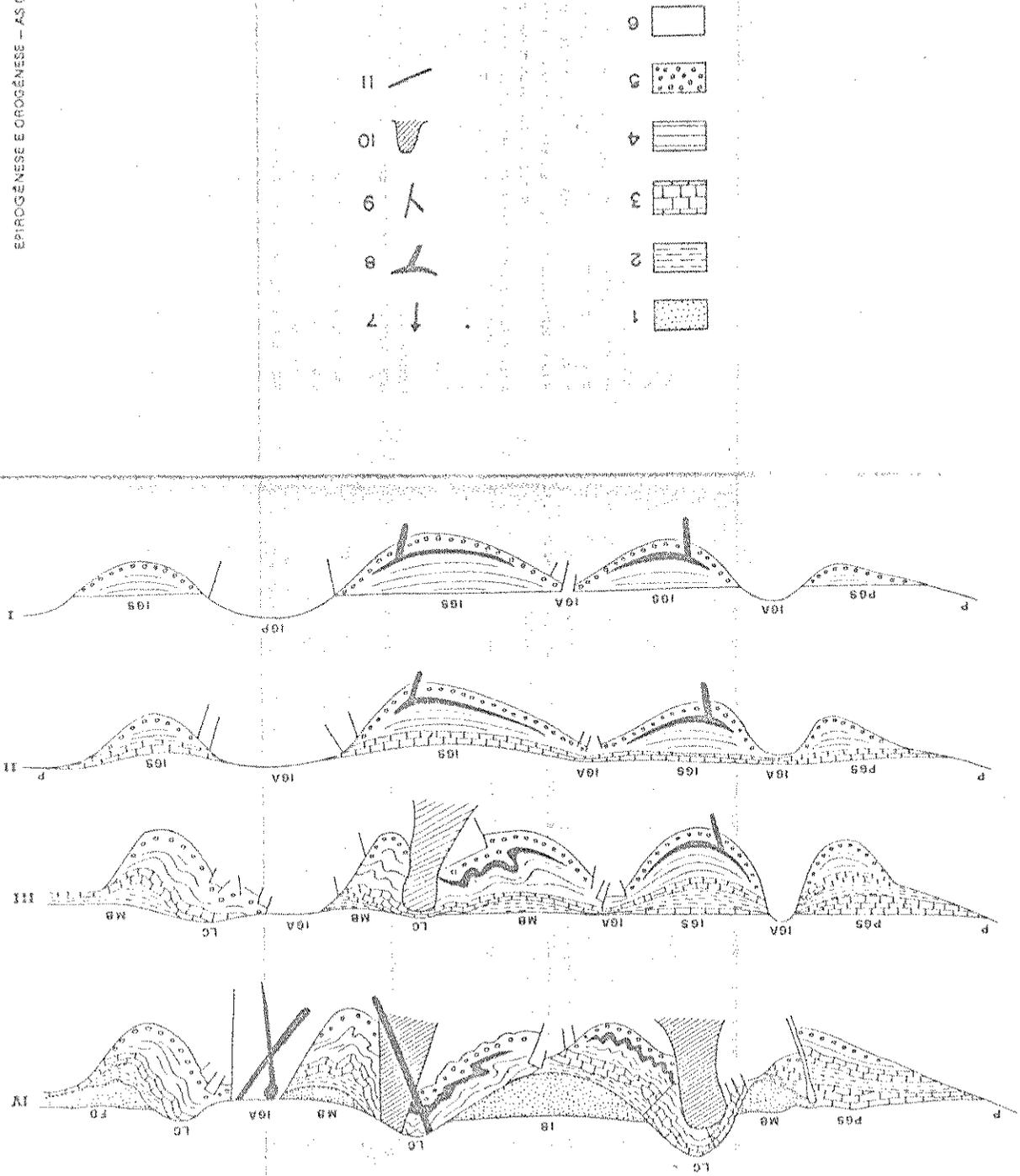
Montanhas produzidas por falhamentos. Muitas regiões depois de aplainadas são atingidas por tectonismo que fragmenta a área em vários pedaços e desloca uns em relação aos outros, criando grandes escarpas tectônicas com desníveis topográficos que geram um aspecto de montanha.

O mais notável exemplo está na região do Rio Grande do Sul formada pelas lavas da Serra Geral. A Serra do Mar também originou-se por levantamentos e falhamentos.

13.5 Geossinclinal

As cadeias de montanhas no seu sentido técnico são aquelas geradas principalmente por dobramentos ligados diretamente a forças orogênicas de grandes intensidade e raio de ação. São exemplos de cadeias de montanhas os Alpes, Apeninos, Cárpatos, Cáucaso, Himalaia, Andes e Montanhas Rochosas. Essas cadeias de montanhas estão ligadas ao tectonismo orogênico do Cenozóico. Anteriormente ao Cenozóico, principalmente durante o Pré-Cambriano, a orografia da Terra teve outras cadeias de montanhas agora já aplainadas pela erosão. Esse é o caso das Serras do Espinhaço, Mar e Mantiqueira.

Fig. 13.1 Diagrama de desenvolvimento de uma geossinclinal durante um ciclo, I a IV, estágios de desenvolvimento da geossinclinal, P, plataforma ou continente na época; PGG, para-geossinclinal ou porções em depressão; IGG, intrageossinclinal ou porções elevadas; LC, levantamentos centrais; MB, bacia marginal; ID, depressão interior; MII, levantamento marginal; (1) formação molasse; (2) formação terrígena superior; (3) formação calcária; (4) formação marginal; (5) formação terrígena inferior (flisch); (6) depósitos clásticos proterozóicos; (7) forchas do ciclo precedente; (8) vulcânicas; (9) extrusivas e aqü. (9) fissuras intrusivas; (10) batólitos; (11) falhas. (Seg. Belousov, 1962, mod.)



Todas as cadeias de montanhas, em sentido técnico, possuem muitas analogias significativas:

- (a) Os materiais que formam essas cadeias de montanhas foram todos depositados originalmente no fundo do mar.
- (b) A extensão das cadeias de montanhas é muito menor do que quando eram fundo de mar. Isto indica que a crosta terrestre sofreu um deslocamento horizontal e um enrugamento.
- (c) As cadeias de montanhas têm todas uma construção bilateral, isto é, as dobras têm sempre duas direções opostas mas não necessariamente simétricas.
- (d) A zona central é mais sujeita à ação magmática e ao metamorfismo.
- (e) A distribuição geográfica das cadeias de montanhas mostra que elas são em geral compostas por arcos suaves, sucessivos, estreitos e muito longos.
- (f) Finalmente, é importante assinalar que as cadeias de montanhas derivam de um geossinclinal cuja evolução é encontrada nas cadeias de montanhas com suas características e analogias próprias.

O geossinclinal é um conceito complexo que envolve uma série de fenômenos que vão desde uma região propícia a receber sedimentos no fundo do mar até o soerguimento desses sedimentos e sua transformação em cadeia de montanhas.

O geossinclinal está localizado, via de regra, próximo a uma região continental. Essa região, chamada antepaís ou plataforma, é palco de erosão e fornece material para o preenchimento do geossinclinal. A velocidade máxima desta sedimentação é cerca de 1 m em 30 000 anos. Sabe-se que no meio do geossinclinal a espessura dos sedimentos pode chegar a até 12 000 m, diminuindo rapidamente para as bordas.

A sedimentação do geossinclinal é feita em águas rasas independentemente da profundidade inicial do vaso oceânico que irá receber os sedimentos. Sabe-se hoje que na medida em que ocorre a sedimentação há também uma subsidência mantendo o nível de águas raso. Tal fenômeno não se deve ao peso dos sedimentos, mas às características próprias do geossinclinal. Assim, por isostasia, a cada subsidência ocorre um levantamento do antepaís e recrudesce a erosão, logo, a sedimentação. A subsidência do geossinclinal cria outros fenômenos correlatos, dos quais o magmatismo é o principal. A natureza desse magmatismo varia conforme a fase de evolução do geossinclinal.

13.6 Desenvolvimento de um Geossinclinal

A subsidência não é contínua nem regular em um geossinclinal. Ao contrário, é lenta e irregular, isso se refletindo nas variações de faixas (variedades litológicas), tudo indicando um sobe-e-desce contínuo intercalado por fases de sedimentação, seguidos de ausência de sedimentação e mesmo erosão.

Esse conjunto de características pode ser sintetizado pelas seguintes fases (Fig. 14.1 — I, II, III e IV):

I — Fase pré-orogénica

É realizada em mar raso, com sedimentação terrígena e calcárea intensa e a correspondente subsidência; vulcanismo básico.

II — Fase orogénica inicial

Subsidência e sedimentação localmente aceleradas, sedimentação de flysch (terrígena superior). Algumas partes já aparecem acima do nível do mar. Intenso vulcanismo básico.

III — Fase orogénica principal

Dobramentos intensos, o magmatismo é agora de caráter ácido intrusivo. Terras já totalmente levantadas. É depositada a formação lagunar nas depressões restantes.

IV — Fase pós-orogénica

Atividades magmáticas intermediárias e básicas. Movimentos isostáticos, sedimentação molássica.

Leituras Complementares

- BELOUSSOV, F. W. *Basic Problems in Geotectonics*. Nova Iorque, McGraw-Hill, 1962, 816 pp.
- BIGARELLA, J. J., SALAMUNI R. e PINTO, V. M. *Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivos Subseqüentes da Porção Oriental do Estado do Paraná (Bol. Paran. Geogr., 23/25)*. Curitiba, 1967, 347 pp.
- ENCICLOPÉDIA BRASILEIRA. *Geociências; Geologia 2*. Brasília, Instituto Nacional do Livro [Biblioteca Universitária], 1972.
- GUTENBERG, B. *Physics of the Earth's Interior*. Nova Iorque Academic Press, 1959.