

CÓDIGO BRASILEIRO DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA GUIA DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA

COMISSÃO ESPECIAL DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA - SBG*

ABSTRACT The present Brazilian Stratigraphic Code and Guide to Stratigraphic Classification are the outgrowth of a preliminary version published in 1982 by the *Jornal do Geólogo*, the newspaper of the Sociedade Brasileira de Geologia. Even though they are based on current international stratigraphic classifications, they have been adapted to meet Brazilian stratigraphic peculiarities. Many Brazilian examples have been chosen to illustrate the proposed rules. The Code and Guide are proposed by the Brazilian Committee on Stratigraphic Nomenclature, appointed by the Sociedade Brasileira de Geologia and accepted as the Brazilian representative in the International Subcommittee on Stratigraphic Classification.

APRESENTAÇÃO É com prazer que trazemos ao conhecimento da comunidade geológica brasileira a nova edição do *Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica* e do *Guia de Nomenclatura Estratigráfica*. Esta é uma edição modificada da edição preliminar, amplamente divulgada através do suplemento especial do *Jornal do Geólogo* no número de junho de 1982.

A idéia de se estabelecer um Código de Nomenclatura Estratigráfica Comentado nasceu no Núcleo de São Paulo da SBG, que estabeleceu uma Comissão com representantes do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Paulipetro Consórcio IPT/CESP e Universidade de São Paulo (USP), tendo participado também da Comissão um representante da Petrobrás.

Atendendo a pedido da diretoria do Núcleo de São Paulo, a Diretoria-Executiva da SBG, em reunião de 11 de dezembro de 1981 endossou as atividades da Comissão do Núcleo de São Paulo e criou a Comissão Especial de Nomenclatura Estratigráfica. Praticamente toda a comunidade geológica brasileira teve acesso a essa edição preliminar e a Comissão recebeu posteriormente sugestões para aperfeiçoar o documento. A Comissão tomou também a iniciativa de fomentar discussões em reuniões científicas, tendo sido realizadas sessões de discussão do documento no XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, realizado em Salvador, Bahia, em 1982, e no VIII Congresso Brasileiro de Paleontologia, realizado no Rio de Janeiro, em 1983. Reuniões para esta finalidade também foram realizadas no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Campus de Rio Claro, Estado de São Paulo. A Comissão também recebeu carta com sugestões de grande valia do Prof. Sérgio Luiz Thomas, da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. De grande proveito foram as discussões pessoais com o Prof. Dr. Josué Camargo Mendes e o Prof. Dr. Kenitiro Suguio. As sugestões recebidas foram incorporadas em um documento discutido pela Comissão e nasceu desta discussão o texto final que ora é levado a público. Os dois pontos que mal controversias suscitaram dizem respeito à denominação do conjunto de artigos, se *normas* ou *códigos*, e à redação do artigo A.5. Quanto ao primeiro tópico, propôs-se a modificação da denominação do conjunto de artigos para *normas* (em lugar de código), porque código daria idéia de leis impositivas, quando se trata realmente de medidas recomendáveis. Contudo, *normas* podem ser igualmente interpretadas como impositivas. Além disso, ficaria esdrúxulo *normas* englobando artigos. Manteve-se, portanto, a denominação código, sem caráter impositivo, representando, contudo, pontos de vista esposados pela maioria da comunidade geológica. O código deve ser entendido como um conjunto de regras a ser testado na prática e sujeito a eventuais modificações ditadas pelos desenvolvimentos futuros.

No que tange à nova redação do artigo A.5, aqui adotada, no entender da Comissão, torna-o mais flexível e de maior aplicabilidade, sem destitui-lo de seu principal valor, que é a instituição de um mecanismo de sistematização e uniformização das unidades estratigráficas brasileiras, principalmente as antigas, já

* Membros da CENE/SBG - Comissão Especial de Nomenclatura Estratigráfica da Sociedade Brasileira de Geologia (1981-1987): Setembrino Petri (Presidente), Armando Márcio Coimbra, Gilberto Amaral, Hildeberto Alejandro Ojeday Ojeda, Vicente José Fúlfaro e Waldir Lopes Ponçano.

consagradas, cuja maioria necessita de complementação para atingir os requisitos de unidades formais, de acordo com o presente código.

O embasamento filosófico do Código e do Guia brasileiros foi o do *Guia Internacional de Nomenclatura Estratigráfica* (Hedberg 1976). Alguns conceitos emitidos, contudo adaptam-se ao contexto brasileiro.

As unidades edafoestratigráficas e as paraestratigráficas não foram incorporadas à presente edição. Isto não significa que elas não devam ser consideradas. Julgou a Comissão que as proposições constantes da edição preliminar deem ser discutidas em sessões científicas. Dessas discussões deverão nascer textos aperfeiçoados de acordo com o atual nível de conhecimento e que tenham aplicabilidade prática. A Comissão, entendendo que o texto publicado na edição preliminar deve servir de base às discussões, está tentando dinamizá-las através de organização de mesas redondas ou sessões científicas dentro de Congressos.

A Comissão entende que a etapa seguinte, no processo dinâmico de normalização de nossas unidades estratigráficas, consiste na complementação das unidades já consagradas, atendendo às recomendações do presente código.

A Comissão gostaria, finalmente, de expressar seus melhores agradecimentos ao Prof. Dr. Sérgio Estanislau do Amaral, pela competente e minuciosa revisão no texto que ora apresentamos.

O texto elaborado pela Comissão é precedido de um apanhado de autoria do Prof. Dr. Josué Camargo Mendes, (*Evolução da classificação Estratigráfica*), a quem transmitimos nossos agradecimentos.

EVOLUÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA

JOSUÉ CAMARGO MENDES

AS RAÍZES A história da classificação estratigráfica é antiga e se desenrolou, pela maior parte, na Europa. Datam do final do século XVIII as primeiras grandes tentativas classificatórias.

Diversos autores, trabalhando em diferentes regiões, no decorrer dos séculos XVIII e XIX, propuseram designações particulares para seqüências de rochas caracterizadas por atributos litológicos e/ou paleontológicos. Assim nasceram os sistemas, as séries e os andares. Com o auxílio do princípio da superposição e com os recursos da datação relativa e da correlação, os velhos pesquisadores foram procurando construir, também, colunas regionais e compor, com elas, uma coluna universal.

Na primeira edição dos seus *Princípios de Geologia*, C. Lyell (1833) apresentou uma coluna estratigráfica universal que retrata sua interpretação dos dados de estratigrafia então disponíveis. Difere bastante da coluna de uso atual quanto às designações das unidades estratigráficas mas, fundamentalmente, contudo, não se distancia muito, se forem levadas em conta as equivalências gerais. Ela refere como períodos as eras e como grupos os sistemas. Já a coluna estratigráfica revista que apareceu na 11ª edição da mesma obra (1872) aproxima-se, por todos os aspectos, bem mais da coluna atual. Aliás, serviu de modelo às congêneres subsequentes. Os sistemas foram agrupados em três eras: Primária ou Paleozóica, Secundária ou Mesozóica e Terciária ou Cenozóica. Não figuram, ainda, o Arqueozóico e o Proterozóico porque estavam sendo lançados por J.D. Dana nesse mesmo ano; consigna, contudo, o Laurenciano, uma designação muito discutível usada para granitos antigos do escudo canadense, unidade que, na coluna em apreço, integra a base do Paleozóico. Este abrangia, ademais, o Cambriano, o Siluriano, o Devoniano, o Carbonífero e o Permiano – o Ordoviciano somente viria a ser proposto em 1879. O Mesozóico dividia-se, como atualmente, em Triássico, Jurássico e Cretáceo, e o Terciário compunham-se, apenas, do Eoceno, Mioceno, Plioceno e Pós-Plioceno. É curioso que Lyell não reconhecesse o Oligoceno proposto por E. Beyrich, em 1854, e tampouco o Quaternário, criado por J. Desnoyer, em 1829. A omissão do Paleoceno justifica-se, uma vez que só viria a ser distinguido um pouco mais tarde por W. Schimper (1874).

Desde o último quartel do século XIX, começaram a surgir, também, as colunas estratigráficas de autores norte-americanos.

Tamanha era, na segunda metade do século XIX, a diversidade de opiniões quanto à classificação estratigráfica e tão grande a variedade de unidades estratigráficas empregadas, que um grupo de geólogos norte-americanos solicitou no Congresso Internacional de Geologia, reunido, pela primeira vez, em Paris em 1878, providências no sentido de se tentar um entendimento geral àquele respeito. Tudo que se conseguiu, porém, até o alvor do século XX, através dessa instituição, foi uma redução da lista de unidades estratigráficas propriamente ditas, ou seja, materiais, a quatro: sistema, série, andar e zona. Ficaram fora da lista formação, grupo e camada, embora fosse justamente sobre estas unidades que recaía o máximo da confusão.

O conceito de andar deve-se a A. Dornbigny e data de 1852; e o de zona, a A. Opel (1856-1859), que a considerava como uma subdivisão do andar.

A FASE DOS CÓDIGOS Qualquer ciência evolui com o decorrer do tempo, mas o grande desenvolvimento da Estratigrafia observado nas últimas décadas teve como causa principal a expansão da indústria do petróleo.

Sob o estímulo do imediatismo, as pesquisas de campo e de laboratório se intensificaram e trouxeram como resultado, novos conceitos, na maioria de paternidade norte-americana, e um elevado número de sondagens profundas permitiu o conhecimento de um volume considerável de seqüências sedimentares, tanto de bacias terrestres como de bacias submarinas, acervo, de outra sorte, intangível ao geólogo de superfície. O zoneamento paleontológico com base em microfósseis e nanofósseis sofreu um enorme impulso e a nova tectônica global impôs sucessivas revisões dos modelos de bacia. O próprio escopo da Estratigrafia ampliou-se e diversificou-se dando margem à especialização.

O progresso da classificação estratigráfica insere-se no mesmo contexto.

Há cerca de meio século continuava-se a reconhecer, apenas, uma única categoria de unidades estratigráficas, todas enlaçadas ao conceito de idade. O que hoje se refere a grupo ou supergrupo recebia, geralmente, a designação de série. Pode-se constatar esse tipo de tratamento, por exemplo, na antiga e monumental *Geologia do*

Brasil, de Oliveira & Leonardos (1943). Ali se encontram repetidas referências a séries (Série Minas, Série Tubarão etc.). Por outro lado, empregava-se formação ou grupo quase sempre com implicação geocronológica.

Já em 1926, entretanto, o geólogo inglês W.B. Wright demonstrara que uma formação podia transgredir através dos crono-horizontes, fenômeno por ele denominado de *diacronismo*; e, desde a década de 30, crescia entre os geólogos norte-americanos a idéia da necessidade de distinção de uma categoria de unidades estratigráficas definidas em termos puramente litológicos, isto é, não delimitadas por superfícies geocronológicas (crono-horizontes); seriam mais facilmente mapeáveis. Implicitamente, a formação estaria entre elas.

Só uns poucos geólogos julgavam, entretanto, que a formação deveria corresponder a uma unidade baseada em critérios estritamente litológicos. E o predomínio dos seus opositores permaneceu por vários anos.

Numa tentativa de disciplinação da prática estratigráfica nos Estados Unidos, Ashley *et al.* (1933) prepararam o primeiro código norte-americano de nomenclatura estratigráfica que, aliás, não foi chamado de código, embora tenha atuado como tal. Apresentou esse trabalho grande avanço na conceituação de formação, grupo, membro e camada, neles definidos como unidades primariamente baseadas em elementos litológicos; não chegou, contudo, a separar as unidades estratigráficas, em, pelo menos, duas categorias, como se vinha reivindicando. Cumpre observar que *andar* não foi incluído, fato que motivou muita crítica.

A primeira proposta formal de reconhecimento de suas categorias de unidades estratigráficas partiu de dois professores da Universidade de Stanford, Califórnia, Schenck & Müller (1941). As categorias em apreço receberam as designações de *rocha-tempo* e *rocha*, e correspondem, em linhas gerais, às que hoje se denominam, respectivamente, cronoestratigráficas e litoestratigráficas. Vinte anos mais tarde essa classificação binária seria substituída, na América do Norte, por uma quinária.

Após o "código" de Ashley *et al.* (1933) surgiram similares no Canadá (1946), Austrália (1948), Japão (1952), União Soviética (1952), China (1960) e Tchecoslováquia (1960); mas o código norte-americano de 1961 (*Code of Stratigraphic Nomenclature*) merece especial consideração pela influência exercida em nosso país. Organizou-o uma comissão de nomenclatura estratigráfica criada em 1946 e divulgou-o o

Volume 45 do Boletim da *American Association of Petroleum Geologists* (p. 645-665). Nele distinguem-se cinco categorias de unidades estratigráficas, a saber: litoestratigráficas, bioestratigráficas, cronoestratigráficas, edafoestratigráficas e geoclimáticas (Quaternário). Talvez seja interessante informar que as unidades bioestratigráficas emergiram da *zona*, que, na classificação de Schenck & Muller (1941), integravam a categoria das unidades rocha-tempo. Esse código, tão bem organizado, pôde fornecer alguns subsídios ao presente Código de Nomenclatura Estratigráfica.

Divulgado o código em questão, foi-nos sugerido que o traduzissemos. Como a Sociedade Brasileira de Geologia relutou em publicar a versão (devidamente autorizado pela comissão que a elaborara), imprimiu-a o Instituto de Geologia da Universidade do Recife (1963, Série Didática, 63 p.).

Mas os geólogos brasileiros só passaram a adotar as normas nomenclaturais constantes do mesmo a partir da segunda metade da década de sua publicação, exceto no caso do Pré-Cambriano, para o qual persistiu o uso de *série* por mais algum tempo.

Sucederam-se outros códigos estratigráficos organizados em diversos países, os quais são citados por Hedberg (1976) no *International Stratigraphic Guide*. Cumpre oferecer alguns comentários sobre esse guia, que representa o resultado de muitos anos de trabalho da Subcomissão Internacional de Classificação Estratigráfica, criada no Congresso Internacional de Geologia de 1952. Falta-lhe a estrutura própria dos códigos que contêm artigos e parágrafos, mas sua consulta é extremamente útil por apresentar inovações conceituais e revisões de definições. Forneceu bom subsídio à elaboração dos presentes Código e Guia. Além-se apenas a três categorias de unidades estratigráficas litoestratigráficas, bioestratigráficas e cronoestratigráficas sem dar grande atenção às peculiaridades do Quaternário e do Pré-Cambriano. Introduce o conceito de *estratotipo*, que, *grosso modo*, corresponde à seção-tipo do código de 1961, e emprega para o mesmo uma nomenclatura complexa, talvez de discutível necessidade. Diversos outros termos são propostos como *eratema* e *eonotema*. As unidades bioestratigráficas são mais nitidamente tratadas que no código de 1961; maior variedade de biozonas é considerada e as normas relativas à sua denominação discrepam um pouco das previamente adotadas (caso da denominação das cenozonas, por exemplo).

Em 1980, Henderson *et al.* propuseram o emprego de novos tipos de unidades estratigráficas

(suítes, complexos etc.) para corpos de rochas ígneas intrusivas e de rochas altamente metamorfizadas. Essa inovação veio ao encontro prático da estratigrafia e mapeamento do Embasamento Cristalino e acha-se incorporada nesta publicação.

É quase utópico supor que um dia se possa chegar a uma uniformidade perfeita em termos universais no tocante à prática e à nomenclatura estratigráficas.

Não há dúvida, porém, quanto a que os códigos e os guias da natureza dos que ora são apresentados vêm propiciando um elevado índice de uniformização. Até os geólogos de vários países europeus, tradicionalmente conservadores, passaram, nestes últimos anos, a acatar as normas internacionais. Prova de tal aceitação encontra-se, por exemplo, no *Dictionnaire de Géologie*, de Foucault & Raoult (1980), no qual se notam indisfarçáveis reflexos do guia estratigráfico internacional há pouco aludido.

CÓDIGO BRASILEIRO DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA

SETEMBRINO PETRI,* ARMANDO MÁRCIO COIMBRA,* GILBERTO AMARAL*, HILDEBERTO OJEDA Y OJEDA,* VICENTE JOSÉ FÚLFARO,* e WALDIR LOPES PONÇANO*

*- Membros da Comissão Especial de nomenclatura Estratigráfica da Sociedade Brasileira de Geologia, Caixa Postal 20.897, CEP 01000, São Paulo, SP, Brasil

UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

Geral

Art. A.1- As classes de unidades estratigráficas devem, pela sua natureza, ser diferentes e independentes entre si.

Art. A.2- Distinguem-se quatro classes principais de unidades estratigráficas: a) Litoestratigráficas; b) Bioestratigráficas; c) Cronoestratigráficas; e d) Cronogeológicas. § 1º - As três primeiras são unidades materiais baseadas em características físicas das rochas.

§ 2º - As unidades cronogeológicas correspondem à *Revista Brasileira de Geociências*, Volume 16, 1986 subdivisão do tempo geológico, sendo, portanto, abstratas.

Art. A.3- Outras classes de unidades podem ser usadas, informalmente, de acordo com as conveniências do pesquisador.

Art. A.4- As unidades a serem formalmente propostas devem estar de acordo com os procedimentos estabelecidos neste Código, o mesmo aplicando-se àquelas que necessitam de complementação de requisitos formais.

Art. A.5- Uma Comissão indicada pela Sociedade Brasileira de Geologia atuará no sentido de assessorar os autores bem como, quando solicitada, emitir parecer sobre questões omissas ou polêmicas, e ainda complementar os requisitos de unidades já consagradas de modo a obedecer às presentes normas.

Art. A.6- As unidades formais deverão sempre ser escritas com iniciais em maiúscula, tanto a categoria da unidade como seu nome.

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Natureza

Art. B.1 - Uma unidade litoestratigráfica consiste num conjunto de rochas que se distinguem e se delimitam com base em seus caracteres litológicos, independente da sua história geológica ou de conceitos cronológicos.

§ 1º - Uma unidade litoestratigráfica deve ser inteiramente definida através de suas características litológicas, desprezando-se considerações ligadas à história geológica ou à sua paleontologia.

§ 2º - As considerações de ordem cronológica também devem ser desprezadas na definição de uma unidade litoestratigráfica.

§ 3º - Os contatos de duas unidades litoestratigráficas podem ou não coincidir com linhas de tempo ou cruzá-las.

§ 4º - A definição de uma unidade litoestratigráfica deve ser baseada no conhecimento, tão completo quanto possível, das suas variações laterais e verticais. Para fins de estabilidade de nomenclatura estratigráfica deve-se indicar um ou mais estratótipos.

Art. B.2 - Os limites de unidades litoestratigráficas devem ser situados ao nível de mudanças litológicas. Podem coincidir com contatos abruptos ou serem localizados arbitrariamente, através de zonas de gradação.

§ 1º - No caso de gradação ou interdigitação de uma unidade litoestratigráfica para outra, seu limite deverá ser estabelecido de acordo com um critério prático.

§ 2º - Camadas-chaves de ampla distribuição poderão ser utilizadas localmente para a delimitação de unidades.

§ 3º - Camadas-chaves registradas, definidas e identificadas através de técnicas geofísicas, geoquímicas ou mineralógicas somente podem ser utilizadas localmente para a delimitação de unidades.

§ 4º - Discordâncias locais ou pequenos hiatos interrompendo uma sucessão de rochas de composição muito semelhante não constituem critérios para a separação de duas unidades. Por outro lado, sucessões de estratos litologicamente similares, delimitados por discordâncias regionais ou grandes hiatos, devem ser separadas em duas unidades, mesmo que sejam pequenas as diferenças litológicas.

§ 5º - Quando uma unidade muda, gradual e lateralmente, para outra rocha diferente ou com ela se interdigita, deve-se caracterizar uma nova unidade litoestratigráfica, demarcando-se, arbitrariamente, seus limites. Se a área de interdigitação for consideravelmente extensa, as rochas de composição mista poderão constituir uma terceira unidade.

Hierarquia

Art. B.3- A classe das unidades litoestratigráficas compreende as seguintes categorias de unidades formais: Supergrupo, Grupo, Subgrupo, Formação, Membro, Camada, Complexo, Suíte e Corpo.

Art. B.4 - A formação é a unidade fundamental da classificação estratigráfica formal. Caracteriza-se pela relativa uniformidade litológica, formando um corpo de preferência contínuo e mapeável em superfície e/ou subsuperfície.

§ 1º - Uma formação pode conter entre seus limites: (i) rocha de um só tipo; (ii) repetição de dois ou mais tipos litológicos; ou (iii) composição litológica heterogênea que constitua por si mesma um caráter distintivo em relação às unidades litoestratigráficas adjacentes.

§ 2º - Além da composição mineralógica, podem ser usados na definição de uma formação elementos suplementares, tais como, estruturas sedimentares, fósseis e minerais acessórios.

§ 3º - A mapeabilidade provada de uma formação é condição essencial para sua proposição em superfície e recomendável em subsuperfície.

§ 4º - Uma formação pode representar intervalo de tempo longo ou curto. Pode ainda constituir-se de materiais de uma ou várias fontes e pode incluir, localmente, quebras na sucessão estratigráfica.

§ 5º - A formação pode ter espessura variável entre poucos e milhares de metros, não constituindo a espessura critério para sua classificação.

Art. B.5- A formação pode ser constituída por rochas sedimentares, vulcânicas ou metamórficas de baixo grau.

§ 1º - As rochas vulcânicas devem ser caracterizadas pelo conteúdo mineral, textura e/ou composição química para serem consideradas como formações.

§ 2º - As rochas vulcânicas e sedimentares intercaladas regularmente devem ser incluídas em uma mesma formação.

§ 3º - As rochas metamórficas de baixo grau podem ser definidas como formações e caracterizadas pela sua composição mineralógica e por eventuais feições reliquias.

§ 4º - Massas lenticulares, independentemente de suas dimensões, que tenham aproximadamente a mesma posição estratigráfica, podem ser consideradas como uma formação.

§ 5º - Uma formação pode ou não ser dividida parcial ou totalmente em membros formalmente designados.

Art. B.6 - O membro é sempre uma parte da formação. Trata-se de uma entidade que apresenta características litológicas próprias que permitem distingui-lo das partes adjacentes da formação.

§ 1º - O membro deve estar confinado a uma formação. No caso de interdigitação, quando a rocha característica do membro penetra em outra formação, pode-se usar o termo informal *cunha* acompanhado da denominação do membro.

§ 2º - Uma série de pequenas massas descontínuas de rocha, com aproximadamente o mesmo caráter e posição estratigráfica, dentro de uma formação, pode ser definida e denominada como um membro.

Art. B.7 - A camada é a unidade formal de menor hierarquia na classificação litoestratigráfica. Trata-se de um corpo de rocha em uma sucessão estratificada, distinguida litologicamente de rochas adjacentes.

§ 1º - A espessura e mapeabilidade não são critérios para a caracterização de camadas, podendo variar de milímetros a metros.

§ 2º - Uma camada pode restringir-se ao âmbito de uma formação ou membro, como também pode estender-se para outras unidades formais, mantendo a sua denominação.

Art. B.8 - O grupo é a unidade litoestratigráfica formal de categoria superior à formação. Ele é formado pela associação de duas ou mais formações relacionadas por características ou feições litoestratigráficas comuns.

§ 1º - O grupo deve ser necessariamente dividido em formações na sua totalidade.

§ 2º - As formações componentes de um grupo não são, necessariamente, as mesmas em toda a sua área de ocorrência.

§ 3º - A categoria de grupo deve ser mantida para uma unidade, mesmo quando, por acunhamento, desapareçam uma ou mais de suas formações.

§ 4º - Um grupo pode ser estendido além da área onde é dividido em formações, retendo o seu nome.

Art. B.9 - O supergrupo é constituído pela associação de vários grupos que possuem características litoestratigráficas significativas que os interrelacionem.

Art. B.10 - O subgrupo é uma unidade que engloba somente algumas das formações de um grupo.

Art. B.11 - O Complexo é composto pela associação de rochas de diversos tipos (sedimentares, ígneas ou metamórficas).

Art. B.12 - A suíte é constituída pela associação de diversos tipos de uma classe de rocha intrusiva ou metamórfica de alto grau.

§ 1º - A suíte intrusiva e a suíte metamórfica são equivalentes hierárquicas do grupo.

§ 2º - As unidades menores que compõem uma suíte não precisam ser denominadas formalmente.

Art. B.13 - O corpo é uma unidade estratigráfica formal composta por massas de rocha intrusiva ou metamórfica de alto grau constituídas, predominantemente, por um único tipo de rocha.

Art. B.14 - Unidades que compreendem corpos de rochas, definidas em desacordo com as presentes normas, são informais mesmo que sejam denominadas.

§ 1º Corpos de rochas que não justificam sua designação como unidades formais podem ser informalmente, denominadas litozonas.

Nomenclatura

Art. B.15 - A denominação de uma unidade litoestratigráfica formal de qualquer categoria deve constituir-se de dois termos: o primeiro, litológico ou indicativo da categoria, seguido de um segundo termo constituído por um nome geográfico.

§ 1º - A denominação de um complexo combina o termo complexo com um termo geográfico, podendo-se, em alguns casos, adicionar o adjetivo Intrusivo, Vulcânico ou Metamórfico entre os dois termos anteriores.

§ 2º - A denominação de uma suíte combina os termos suíte, o adjetivo Intrusiva ou Metamórfica e um nome geográfico.

§ 3º - A denominação formal de um corpo consiste no termo litológico seguido do nome geográfico (*Art. B.13*).

§ 4º - O termo litológico não deve ser incluído na denominação de um supergrupo, grupo, subgrupo ou membro.

§ 5º - O termo litológico, quando utilizado na denominação de uma formação, deve ser simples e de aceitação geral, evitando-se nomes compostos.

§ 6º - O termo geográfico aplicado a uma formação deve ser originado de uma feição natural ou artificial estável.

§ 7º - O termo geográfico que consta de uma designação litoestratigráfica não deve ser abandonado, mesmo no caso de mudança da designação toponímica.

§ 8º - Quando a unidade litoestratigráfica é fragmentada em unidades de menor hierarquia ou juntada a outra unidade, recomenda-se o uso de um dos nomes já estabelecidos.

Art. B.16 - Entende-se por prioridade a precedência na data de publicação da designação litoestratigráfica formal, conforme o *Art. B.20*.

§ 1º - Nomes consagrados, bem estabelecidos e de uso tradicional não devem ser substituídos por nomes pouco conhecidos ou fortuitamente usados, por motivo de prioridade.

Art. B.17 - As denominações de unidade litoestratigráficas submarinas devem ser tomadas de feições geográficas litorâneas ou de ilhas mais próximas. No entanto, faltando-as, podem ser usados nomes não-geográficos.

Art. B.18 - O termo geográfico de uma unidade definida em subsuperfície deve ser tomado do poço ou mina no qual o estratotipo está localizado, passando este a constituir o poço-tipo ou mina-tipo.

§ 1º - O poço-tipo ou mina-tipo deve ser precisamente localizado mediante descrição escrita e localização em mapa, de maneira a permitir o seu fácil reconhecimento.

Procedimentos para o Estabelecimento de Unidades

Art. B.19 - O estabelecimento ou formalização de uma unidade litoestratigráfica deve obedecer aos seguintes requisitos: (i) justificativa; (ii) seleção de nome; (iii) fixação de sua posição hierárquica; (iv) caracterização precisa de área-tipo, com localização explícita, em mapa, do estratotipo; (v) descrição pormenorizada dos caracteres distintivos da unidade; (vi) fixação de seus limites; (vii) explicitação de suas dimensões e forma; (viii) referências, se possível, à correlação, rastreamento, idade geológica e gênese; (ix) referências bibliográficas; (x) divulgação em publicação científica conceituada.

Procedimentos para Revisão

Art. B.20 - A redefinição de uma unidade litoestratigráfica, sem mudança de seu nome, requer os mesmos procedimentos exigidos para o estabelecimento de uma nova unidade.

§ 1º - Erros demonstráveis e significativos na definição preexistente de uma unidade justificam a redefinição.

§ 2º - A mudança, por redefinição, da denominação litológica de uma unidade litoestratigráfica não requer a adoção de novo termo geográfico.

Art. B.21 - A mudança da categoria de uma unidade litoestratigráfica não requer alteração de seus estratotipos-de-limite nem alteração do termo geográfico do seu nome.

Art. B.22 - Quando uma unidade é subdividida e elevada de categoria, o nome geográfico deve ser reservado para esta última, em vez de restringi-lo a uma das subdivisões.

UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS

Art. C.1 - Uma unidade bioestratigráfica é um pacote de camadas caracterizado por determinado conteúdo fóssilífero, que permite diferenciá-la das camadas adjacentes.

Art. C.2 - A zona é a unidade básica geral de classificação bioestratigráfica, podendo ser definida como uma camada ou pacote de camadas caracterizado pela ocorrência de um ou mais *taxa* fósseis, dos quais um ou mais emprestam seus nomes à zona.

§ 1º - Uma zona bioestratigráfica define-se exclusivamente com base em seu conteúdo fóssilífero, sem considerar as rochas. A rocha tem que ser levada em conta, não a litologia (ou seja, a composição da rocha), ambiente inferido ou conceito de tempo.

§ 2º - Há diversos tipos de zonas bioestratigráficas, sendo as principais as seguintes: cenozona; zona-de-amplitude; filozona; zona-de-epíbole; e zona diferencial superior.

§ 3º - Pode-se dividir um pacote de estratos em zonas diferentes, não necessariamente coincidentes, de acordo com diferentes critérios e com diferentes *taxa* utilizados como diagnósticos.

§ 4º - Nenhuma das zonas estratigráficas referidas no *caput* do artigo é hierarquicamente superior às outras.

§ 5º - Outros tipos de zonas bioestratigráficas podem ser propostos, baseados em critérios paleontológicos não citados aqui.

Art. C.3 - Como o termo zona é também empregado para outras categorias não-paleontológicas e, às vezes, também, não-estratigráficas, sempre que houver perigo de ambigüidade deve-se mencionar a zona específica quanto ao seu tipo e aos fósseis diagnósticos.

Art. C.4 - O nome de uma zona bioestratigráfica consiste nos nomes do ou dos fósseis característicos precedidos do termo indicativo da natureza da zona.

Art. C.5 - Uma zona pode ser subdividida em subzonas.

§ 1º - As normas de proposição e denominação das subzonas são as mesmas das zonas já referidas.

§ 2º - Uma zona não necessita ser inteiramente subdividida em subzonas. Esta subdivisão pode ser parcial.

Art. C.6 - As subzonas podem ser divididas em zônulas. São constituídas normalmente de uma única camada ou de pequena espessura de camadas.

§ 1º - As normas de proposição e denominação de zônulas são as mesmas das zonas, já referidas.

§ 2º - Uma subzona não é necessariamente subdividida totalmente em zônulas.

Art. C.7 - Diversas zonas podem ser agrupadas em superzonas.

§ 1º - As normas de proposição e denominação das superzonas são as mesmas das zonas, já referidas.

Art. C.8 - Intervalos afossilíferos entre duas unidades bioestratigráficas ou adjacentes a uma delas podem ser designados informalmente, utilizando-se as denominações das unidades adjacentes.

Art. C.9 - As unidades bioestratigráficas devem ter seus nomes modificados, em conformidade com as alterações de designações das unidades taxonômicas impostas pelas regras internacionais de nomenclatura biológica.

Art. C.10 - O bio-horizonte é uma superfície ou um pacote de pequena espessura, com caráter bioestratigráfico peculiar, que separa duas unidades bioestratigráficas.

§ 1º - O bio-horizonte pode ser denominado, chamando a atenção para suas peculiaridades e obedecendo às regras de nomenclatura bioestratigráfica.

Art. C.11 - Qualquer nova proposição ou revisão de zonas bioestratigráficas preexistentes deve levar em conta os estudos anteriores sem necessariamente ater-se a normas rígidas de prioridade. Qualquer revisão de unidades anteriores deve ser justificada e discutida sua extensão e aplicabilidade.

§ 1º - Revisões de unidades preexistentes devem obedecer ao presente Código e Guia.

UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS

Art. D.1 - Uma unidade cronoestratigráfica é constituída por um conjunto de estratos formado durante determinado intervalo de tempo geológico. Trata-se de unidade material delimitada através de referências geocronológicas.

§ 1º - As unidades cronoestratigráficas são limitadas por superfícies isócronas.

Art. D.2 - A categoria e a magnitude das unidades na hierarquia cronoestratigráfica são função da duração do intervalo de tempo representado pelas rochas que constituem a unidade.

Art. D.3 - Os limites das unidades cronoestratigráficas devem ser demarcados em localidades ou áreas-tipo com critérios objetivos.

Art. D.4 - A unidade cronoestratigráfica poderá ser estendida fora de sua seção ou área-tipo até onde for possível a observação dos critérios de equivalência de tempo e, assim mesmo, com as limitações de precisão impostas pelos critérios físicos (inclusive os isotópicos) ou paleontológicos.

Art. D.5- Crono-horizonte é uma superfície que documenta uma isócrona.

§ 1º - Embora os fósseis sejam importantes para o estabelecimento de unidades cronoestratigráficas e crono-horizontes no Fanerozóico, toda uma gama de evidências, a mais diversificada possível, pode ser utilizada na cronocorrelação, e as isócronas podem basear-se em fósseis em certos locais e em outras características, em outros locais. Devido à migração de fácies, identidades fossilíferas nem sempre significam identidades geocronológicas e muitas vezes as isó-cronas passam por dentro de zonas bioestratigráficas.

Art. D.6 - A menor unidade cronoestratigráfica é a cronozona.

Art. D.7 - Dois tipos de cronozonas podem ser citados: (i) cronozona com estratotipo; (ii) cronozona sem estratotipo. No primeiro caso, sua duração corresponde à da deposição total da unidade; no segundo caso, sua duração varia à medida que aumentarem as informações relativas à distribuição da unidade.

§ 1º - A denominação de cronozona deve ser explícita em relação a qual dois tipos o autor quer referir-se. O nome da cronozona é derivado do nome da unidade estratigráfica em que ele se baseia.

Art. D.8 - A categoria superior à cronozona é o andar, que é a unidade básica do trabalho geocronológico, porque se presta às necessidades e aos objetivos práticos da classificação cronoestratigráfica intra-regional.

§ 1º - Os andares podem ser subdivididos em subandares.

§ 2º - Os estratotipos-de-limite de um andar devem estar situados dentro de sucessões de sedimentação contínua, associados com horizontes-guia característicos.

Art. D.9 - A série é a unidade hierarquicamente superior ao andar. Ela pode ou não ser subdividida em andares.

§ 1º - O termo série não se restringe às rochas sedimentares, podendo ser formalmente aplicado a rochas magmáticas e metamórficas.

§ 2º - As séries se definem por meio de estratotipos-de-limite. Se uma série tiver sido completamente subdividida em andares, seus limites serão os estratotipos-de-limite, inferior do andar mais antigo e superior do andar mais novo.

Art. D.10 - O nome de uma série deve derivar, preferencialmente, de um acidente geográfico dos arredores de sua seção ou área-tipo. Nomes de séries antigas, que não derivam de acidente geográfico, não devem, contudo, ser mudados. Em certos casos, o nome da série provém da posição estratigráfica no sistema (inferior, médio ou superior).

Art. D.11 - Sistema é uma unidade cronoestratigráfica de categoria superior à série.

§ 1º - Todos os sistemas possuem duração suficientemente extensa para se constituírem em unidades de referência em todo o mundo.

§ 2º - Os sistemas podem, eventualmente, ser agrupados em super-sistemas.

Art. D.12 - Os limites de um sistema se definem por meio de estratotipos-de-limite. Se o sistema tiver sido subdividido em séries ou andares, seu estratotipo-de-limite inferior é o da sua série ou andar mais antigo e o estratotipo-de-limite superior é o da sua série ou andar mais jovem.

Art. D.13 - Eratema é uma unidade cronoestratigráfica de categoria superior ao sistema.

Art. D.14 - Eonotema é a unidade cronoestratigráfica de maior categoria.

UNIDADES GEOCRONOLÓGICAS

Art. E.1 - As unidades geocronológicas são divisões do tempo distinguidas em base de elementos geocronológicos, constituindo, portanto, unidades imateriais.

Art. E.2 - As categorias das unidades geocronológicas, em ordem decrescente de importância, são: éon, era, período, época, idade e crono.

Art. E.3 - O éon é o tempo durante o qual as rochas de um eonotema foram depositadas. As eras se relacionam de maneira idêntica com os eremas, os períodos com os sistemas, as épocas com as séries e as idades com os andares. Os cronos são unidades formais não hierárquicas, geralmente de curta duração, e correspondem a cronozonas.

Art. E.4 - Os nomes geográficos, ou de outra natureza, usados para período, época e idade são os mesmos das unidades cronoestratigráficas correspondentes.

Art. E.5 - Se o nome de uma série consistir no nome de um período sucedido pelas palavras inferior, médio ou superior, o nome da época correspondente deve consistir no período precedido de Eo, Meso e Neo.

Art. E.6 - Os intervalos de tempo representados por discordância não devem receber nomes formais. Devem ser referidos às unidades estratigráficas com os prefixos pré ou pós, ou então receberem designação precedida de termos tais como diastrofismo, orogênese e outros.

GUIA BRASILEIRO DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA

SETEMBRINO PETRI*; ARMANDO MÁRCIO COIMBRA*;
GILBERTO AMARAL* e WALDIR LOPES PONÇANO*

- - Membros da Comissão Especial de nomenclatura Estratigráfica da Sociedade Brasileira de Geologia, Caixa Postal 20.897, CEP 01000, São Paulo, SP, Brasil

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Propósito da Classificação Litoestratigráfica. O propósito desta classificação é a organização sistemática dos estratos de rocha da Terra em unidades denominadas, as quais representam as principais variações no caráter litológico destas rochas. As unidades litoestratigráficas são diferenciadas com base no tipo de rocha (caráter litológico-calcário, arenito, basalto, marga etc.). O reconhecimento de tais unidades é útil na visualização do arranjo estratigráfico das rochas da litosfera; na determinação da estrutura local e regional; na investigação e desenvolvimento de recursos minerais; na determinação da origem dos estratos de rocha; e na interpretação da evolução tectono-sedimentar de uma área ou bacia. A classificação litoestratigráfica é geralmente o primeiro arranjo no trabalho estratigráfico de qualquer área e continua a ser um elemento essencial na sua estratigrafia. Igualmente é sempre uma chave importante na interpretação da história geológica de uma área.

Definições

LITOESTRATIGRAFIA. É a parte da Estratigrafia que se baseia na litologia dos estratos e sua organização em unidades distinguidas por critérios litológicos.

CLASSIFICAÇÃO LITOESTRATIGRÁFICA. Trata da organização de estratos de rocha em unidades baseadas no caráter litológico.

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS. Uma unidade litoestratigráfica é um conjunto rochoso caracterizado por um tipo ou combinação de vários tipos litológicos ou por outras marcantes feições litológicas. Ela pode consistir em rochas sedimentares, ígneas ou metamórficas, separadas ou intercaladas, consolidadas ou inconsolidadas. O requisito indispensável da unidade é a sua individualização permitindo destacá-la das unidades adjacentes com bases em critérios litológicos.

As unidades litoestratigráficas são unidades *reais* e *concretas*, definidas por caracteres físicos *observáveis* e não por elementos *inferidos*, tais como a história ou o modo de formação das rochas.

Estes conceitos diferenciam claramente as unidades lito-estratigráficas (unidades reais) das cronoestratigráficas (unidades inferenciais).

Os fósseis podem ser importantes no reconhecimento e definição de uma unidade litoestratigráfica, ora como constituinte físico secundário, porém característico, ora como constituinte principal de uma rocha, como nas coquinas, diatomitos, camadas de carvão etc.

A extensão geográfica de uma unidade litoestratigráfica é determinada fundamentalmente pela continuidade e suas feições diagnósticas. Somente as características litológicas principais realmente reconhecíveis em superfície ou em sub-superfície servem como base na definição e reconhecimento de unidades litoestratigráficas.

LITOZONA (ZONA LITOESTRATIGRÁFICA) Trata-se de unidade litoestratigráfica informal usada para denominar um corpo rochoso identificado, de maneira geral, por caracteres litoestratigráficos insuficientes (em quantidade ou necessidade) para justificar sua designação como unidade formal. Por exemplo, a zona argilosa e a zona mineralizada com enxofre nativo estratiforme no Membro Ibura da Formação Muribeca, na Bacia Sergipe-Alagoas.

LITO-HORIZONTE (HORIZONTE LITOESTRATIGRÁFICO) Lito-horizonte é um termo litoestratigráfico informal que designa uma superfície de mudança do caráter lito-estratigráfico de grande utilidade para correlação (não necessariamente sincrônica ou de cronocorrelação) de unidades ou corpos litoestratigráficos. Como por exemplo, pode-se citar o nível mais inferior de folhelhos pirobetuminosos da Formação Irati.

Categorias Formais de Unidades

HIERARQUIA DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS FORMAIS Unidades litoestratigráficas formais são aquelas definidas e denominadas de acordo com um esquema de classificação explicitamente estabelecido e convencionalmente aceito. A hierarquia convencional das unidades litoestratigráficas *formais* é a seguinte:

- *Supergrupo* - formado pela associação de grupos ou de grupos e formações.
- *Grupo* - formado por um conjunto de formações.
- *Subgrupo* - formado por algumas formações do grupo.
- *Formação* - unidade fundamental da litoestratigrafia.
- *Membro* - é sempre uma parte da formação.
- *Camada* - é parte de uma formação ou membro.
- *Complexo* - formado por associação de rochas de várias classes.
- *Suíte* - formada por duas ou mais unidades de rochas intrusivas ou metamórficas de alto grau.
- *Corpo* - unidade de rochas intrusivas ou metamórficas de alto grau.

FORMAÇÃO A formação é a unidade fundamental da classificação litoestratigráfica. Trata-se de um corpo rochoso caracterizado pela relativa homogeneidade litológica, forma comumente tabular, geralmente com continuidade lateral e mapeável na superfície terrestre ou em subsuperfície.

Conteúdo Uma formação deve apresentar certo grau de homogeneidade litológica ou caracteres litológicos distintos. Ela pode abranger: (i) rochas de um único tipo (p. ex. Formação Botucatu); (ii) repetição de dois ou mais tipos litológicos (Formação Irati); ou (iii) constituição litológica bastante heterogênea, mas que define por si mesma um caráter distinto das unidades litoestratigráficas adjacentes (Formação Itararé).

Caracteres Litológicos Distintivos Entre estes incluem-se a composição química e os elementos suplementares, sendo que entre estes últimos contam-se: marcas onduladas, gretas de contração, fósseis, minerais pouco comuns, tipos de estratificação nas rochas sedimentares e feições sedimentares reliquias nas rochas metamórficas. A rocha ou rochas de uma formação podem ser refletidas caracteristicamente em registros elétricos, radioativos, magnéticos, sísmicos etc.

Significado Estratigráfico As formações são unidades fundamentais na descrição e interpretação da geologia de uma região, principalmente no que diz respeito à distribuição espacial de sucessões e fácies deposicionais em áreas proximais e distais de bacia. Os limites de uma formação correspondem a mudanças litológicas que lhes conferem fácil reconhecimento. Uma formação pode representar um intervalo de tempo longo ou curto, pode constituir-se de materiais de várias fontes e pode incluir apenas

descontinuidades de importância subsidiária dentro de seu corpo. Souza (1982) propôs a Formação Ubarana, da Bacia Potiguar, contendo uma discordância no meio, de modo que a formação foi dividida em duas sucessões: a inferior, de idade cenomaniana-turoniana, e a superior, de idade maestrichtiana-miocênica. A sucessão mais antiga é litologicamente distinta da sucessão mais jovem, tanto que Souza a separou como Membro Quebradas. Na realidade ao Membro Quebradas deve ser dado *status* de formação e a Formação Ubarana, redefinida de modo a conter somente a sucessão maestrichtiana-miocênica.

Mapeabilidade A viabilidade de mapeamento em superfície e subsuperfície na escala de 1:25.000 é característica recomendável para estabelecimento de uma formação.

Tipos de Rochas As formações podem ser constituídas por rochas sedimentares, vulcânicas ou metamórficas de baixo grau. As rochas vulcânicas e sedimentares regularmente intercamadas podem constituir uma única formação. Exemplo: Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, formada por lavas predominantemente basálticas e arenitos intercalados.

A Formação Aliança do Grupo Brotas da Bacia Recôncavo-Tucano é constituída predominantemente de folhelho vermelho-tijolo, com intercalações de arenito. Já a Formação Sergi, do mesmo grupo, é constituída, essencialmente de arenito. A Formação Irati da Bacia do Paraná é constituída de folhelhos escuros com teores variáveis de pirobetumes (querogênios) intercalados com dolomitos, menos freqüentemente calcários. Os dolomitos formam camadas que se alternam com os folhelhos escuros ou formam bancos de espessuras variáveis.

A Formação Abrolhos da Bacia do Espírito Santo é constituída de rochas vulcânicas e intrusivas associadas a sedimentos, nela se verificando relação ígneas/sedimentares maior que um. A parte desta formação constituída inteiramente de basalto foi destacada como Membro Santa Bárbara.

Diversas formações constituídas de rochas vulcânicas ocorrem nas ilhas oceânicas do Brasil, por exemplo, os piroclastos mais antigos do Arquipélago de Fernando de Noronha, constituídos de tufos e brechas, são juntados na Formação Remédios. A Formação Quixabá, mais nova, é constituída de piroclastos, brechas e derrames e diques de ancaratrito e nefelinito. Novo ciclo de vulcanismo

formando derrames de nefelina basanita constitui a Formação São José (Almeida 1955).

Deve-se ressaltar que nos exemplos acima de Abrolhos e Fernando de Noronha as intrusivas estão indevidamente juntadas às vulcânicas nas respectivas formações. Esta situação deve-se a problemas práticos de separação de intrusivas das extrusivas. Formações geológicas já consagradas podem tornar-se impropriamente caracterizadas, sob o ponto de vista do Código, quando se amplia o conhecimento da unidade. É o caso da Formação Serra Geral, que foi definida como derrames basálticos com arenitos intercalados. Estudos posteriores demonstraram que alguns desses derrames são, na verdade, *sills*.

As rochas ígneas devem ser caracterizadas pelo conteúdo mineral, textura e/ou composição química para serem consideradas como formações.

As rochas metamórficas de baixo grau devem apresentar feições reliquiares das rochas originais para serem consideradas como formações, distinguidas primariamente por características litológicas. Assim, a fácies mineralógica metamórfica pode variar de local para local sem que isto implique a caracterização de uma nova formação. Ainda, as rochas metamórficas que apresentam texturas e feições reliquiares, que possibilitem o reconhecimento de unidades mapeáveis, podem ser classificadas como formações.

A Formação Itaiacoca, desenvolvida em áreas do Cinturão Ribeira nos Estados do Paraná e São Paulo, de idade pré-cambriana, é constituída de meta-arenitos e dolomitos interdigitados, contendo ainda filitos e metassedimentos cíclicos (Almeida 1957, Petri & Suguio 1969). São freqüentes nestas rochas metamórficas feições sedimentares como estratificações cruzadas e acamamento original perfeitamente distinguíveis das estruturas de metamorfismo, como, por exemplo, xistosidade.

Uma série de massas de rocha lateralmente descontínuas, tendo aproximadamente o mesmo caráter litológico, posição estratigráfica e idade, pode ser denominada como uma mesma formação. Por exemplo, areias turbidíticas lenticulares da mesma idade, distribuídas em áreas desconexas ou em *canyons* adjacentes. Similarmente, uma série de pequenos recifes desconexos ou lentes de carvão situados aparentemente na mesma posição estratigráfica pode ser incluída numa mesma formação, desde que seu tamanho e separação não sejam suficientes para justificar sua denominação individual. Por exemplo, sedimentos clásticos relativamente grossos, abrangidos pela Formação

Itaqueri, ocupam as partes superiores das Serras de Itaqueri, São Pedro e Cuscuzeiro, no reverso das *cuestas* que delimitam a Depressão Periférica Paulista. Representariam fase de deposição extensa e contínua, durante o Eoceno, hoje isoladas pela erosão fluvial (Ponçano *et al.* 1982).

MEMBRO O membro é sempre uma parte de uma formação. Trata-se de uma entidade denominada que apresenta características litológicas próprias que permitem distingui-la das partes adjacentes da formação.

Espessura e extensão Estes atributos podem ser bastante variáveis nesta unidade e não constituem critério básico para sua definição e estabelecimento. E recomendável, entretanto, que o critério de mapeabilidade seja considerado, tendo em conta seu possível rastreamento.

Designação A formação pode, embora não necessariamente, ser dividida total ou parcialmente em membros definidos e denominados.

Se ocorrerem entidades com o mesmo caráter e posição estratigráfica dentro de uma mesma formação, elas podem ser reunidas em um membro.

A Formação Muribeca da Bacia Sergipe-Alagoas, por exemplo, é subdividida, pela ordem de deposição, nos membros Maceió, Tabuleiro dos Martins, Carmópolis, Ibura e Oiteirinhos. Embora ocorra no Membro Maceió camadas de sal-gema informalmente conhecidas como Evaporitos Paripueira, é no Membro Ibura que os evaporitos são particularmente característicos. Este membro ocorre no Estado de Alagoas a profundidades pequenas, tendo sido quase totalmente removido pela erosão. Em Sergipe, ele se desenvolve mais amplamente, mas, mesmo assim, com interrupções. Todas essas ocorrências, contudo, ocupam a mesma posição estratigráfica, na parte superior da Formação Muribeca (Schaller 1969).

CAMADA A camada é a unidade formal de menor hierarquia na classificação litoestratigráfica. Trata-se de um corpo aproximadamente tabular de rochas, relativamente delgado e litologicamente diferenciável das rochas sob e sobrepostas.

Camadas informais e formais A denominação de camada ou camadas contíguas como unidades estratigráficas formais deve-se restringir a certas camadas distintas, comumente conhecidas como camadas-chave, cujo reconhecimento é particularmente útil para fins litoestratigráficos, tais como, correlação, referência ou separação de outras

unidades. Camadas de importância econômica, com pouco interesse estratigráfico, tais como, camadas de carvão, camadas com enxofre estratiforme e outras podem ser denominadas informalmente. É o caso das camadas de carvão de Santa Catarina, chamadas de camadas Treviso, Barro Branco, Irapuã, Ponte Alta etc. (Silva & Wolf 1978).

Em áreas geologicamente pouco exploradas estabelece-se, em geral, uma coluna litoestratigráfica informal, na qual a expressão *camada* distingue uma unidade informal constituída por um tipo rochoso peculiar.

Extensão A camada pode restringir-se ao âmbito de uma formação ou membro, como também pode estender-se para outras unidades formais retendo sua denominação.

Na Bacia do Recôncavo, por exemplo, a Formação Marfim exibe, na base, arenitos finos a silticos, mal selecionados e com abundante matriz argilosa. A Formação Candeias, sotoposta, é predominantemente constituída, na parte superior, de folhelhos. O contato entre as duas formações é interdigitado. Línguas de arenitos litologicamente semelhantes aos da Formação Marfim penetram na Formação Candeias, sendo chamadas formalmente por Viana *et al.* (1971) de *Camadas de Caruaçu*.

GRUPO O grupo é a unidade litoestratigráfica formal de categoria superior à formação. É constituído, necessariamente, pela associação de duas ou mais formações relacionadas por características ou feições litoestratigráficas comuns ou por referenciais litoestratigráficos que o delimitem. Por exemplo, o Grupo Bauru engloba conjunto de formações essencialmente arenosas, de ampla distribuição geográfica na Bacia do Paraná, situadas acima do último derrame de lavas do chamado Grupo São Bento e esporadicamente capeadas por sedimentos cenozóicos.

O Grupo São Bento reúne, na base, as formações Pirambóia e Botucatu, essencialmente arenosas, e, no topo, uma formação essencialmente vulcânica chamada Serra Geral. A reunião dessas formações no Grupo São Bento deve-se à presença de arenitos litologicamente semelhantes aos da Formação Botucatu, intercalados em derrames de lavas da Formação Serra Geral. Muitos geólogos admitem que as condições responsáveis pela deposição dos arenitos da Formação Botucatu (*i.e.*, condições desérticas) teriam permanecido até a época dos derrames. As lavas, portanto, ter-se-iam derramado quando as condições desérticas ainda prevaleciam,

representando, as duas formações, um mesmo intervalo de deposição. Caso os arenitos intercalados nas lavas sejam apenas litologicamente semelhantes aos da Formação Botucatu, mas não relacionados a este episódio de sedimentação, e sim, formados muito tempo depois, como acreditam alguns geólogos, não se justificaria a manutenção do Grupo São Bento, isto é, as formações Botucatu e Serra Geral seriam unidades litoestratigráficas não relacionadas.

É desejável que um grupo possa ser dividido em formações, ao contrário da formação, na qual a divisão total ou parcial em membros pode não ser necessária ou mesmo possível.

O estrátotipo do grupo é constituído pelos estrátotipos das formações que o compõem. Para estabelecimento de um grupo, as características comuns das formações devem ser claramente definidas para seu fácil reconhecimento.

Formações não precisam ser englobadas em grupos, porém o termo grupo deve ser formalmente usado para denominar uma associação de formações. Excepcionalmente, em áreas pouco conhecidas, sob o ponto de vista geológico, o termo grupo pode ser usado para designar uma sucessão de rochas de vários tipos, que provavelmente serão divididas em formações.

O nome de um grupo deve ser preferencialmente derivado de uma apropriada feição geográfica ou localidade próxima das áreas-tipos de suas formações componentes. Por exemplo: Grupo Baixo São Francisco, na Bacia Sergipe-Alagoas.

Quanto à variação na estruturação, as formações componentes de um grupo não são, necessariamente, as mesmas em toda parte. Por exemplo, na parte oeste da Bacia do Espírito Santo, o grupo do mesmo nome compreende simplesmente a Formação Rio Doce, enquanto que, na sua parte Leste, sob a plataforma e talude continental, este grupo é composto pelas formações Caravelas e Urucutuca.

Quando uma formação previamente reconhecida é subdividida em unidades às quais se confere a categoria de formação, a primeira deve ser elevada à categoria de grupo. É preferível elevar-se de categoria uma unidade do que se restringir a designação antiga a uma parcela dos limites primitivos da unidade. Assim sendo, a mudança de categoria não afeta a parte geográfica da designação. Por exemplo, a antiga Formação Bauru, da Bacia do Paraná, foi intensamente estudada na década de 70 e início da de 80, tendo sido possível então definir diversas litofácies de ampla extensão geográfica e

com posições estratigráficas definidas, o que permitiu caracterizá-las como formações, elevando, conseqüentemente, a unidade Bauru à categoria de grupo.

SUPERGRUPO E SUBGRUPO O supergrupo é uma unidade formal reconhecida e constituída pela associação de vários grupos e de grupos e formações que possuam características litoestratigráficas significativas que os inter-relacionam.

O subgrupo é uma unidade formal reconhecida e constituída pela associação de algumas das formações integrantes de um grupo previamente definido e denominado. O grupo pode ser total ou parcialmente, mas não necessariamente, dividido em subgrupos.

Viana *et al.* (1971) reuniram no Supergrupo Bahia todas as unidades litoestratigráficas que compõem a coluna sedimentar mesozóica do Recôncavo depositadas durante as fases pré-rifte e rifte, e constituídas em ordem de frequência de arenitos, folhelhos, siltitos, conglomerados e calcários, dispostos em leitos essencialmente concordantes. A unidade assenta, em discordância angular generalizada, sobre rochas pré-cambrianas e paleozóicas e é recoberta, também em discordância angular generalizada, pelos sedimentos da Formação Marizal ou da Formação Barreiras (ou ainda, localmente, por sedimentos da Formação Sabiá), formações estas dispostas em posição sub-horizontal depositadas, portanto em condições pós-rifte, quando a unidade geotectônica do Recôncavo-Tucano não mais existia.

As condições pré-rifte do pacote inferior proporcionaram-lhe características de depósito de lençol, com uniformidade litológica em ampla área geográfica, permitindo sua reunião no Grupo Brotas. O pacote superior caracteriza-se por grandes variações laterais de litofácies como resposta a condições sintetônicas (fase rifte). Como conseqüência da evolução da Bacia Recôncavo-Tucano, no grupo seguinte, Santo Amaro, há deposição predominante de sedimentos finos, folhelhos calcíferos com lentes de arenitos e raras intercalações de calcário representando predominância de subsidência com desenvolvimento de lagos relativamente profundos, com freqüente desenvolvimento de condições redutoras que lateralmente passam a condições oxidantes. O grupo seguinte, Ilhas, representa a fase transicional do entulhamento dos lagos, predominando feições oxidantes (com flutuações menores para condições

redutoras). O Grupo Massacará representa a fase de entulhamento final dos lagos, em ambiente de planície de inundação. Em suma, o Super-grupo Bahia é dividido nos Grupos Brotas, Santo Amaro, Ilhas e Massacará.

O Grupo Baixo São Francisco da Bacia Sergipe-Alagoas compreende os sedimentos não-marinhos mesozóicos limitados, na base, por rochas do embasamento cristalino ou do Paleozóico e no topo pelos sedimentos euxínicos da Formação Muribeca. Divide-se em dois subgrupos: Igreja Nova (o inferior) e Coruripe. O Subgrupo Igreja Nova foi considerado por Schaller (1969) em um sentido amplo, envolvendo sedimentos paleozóicos. Petri & Fúlvaro (1983) restringiram-no às formações mesozóicas Candeeiro, Bananeiras e Serraria, eliminando do subgrupo (e do Grupo Baixo São Francisco) as formações paleozóicas (Batinga e Aracaré) tendo em vista a presença de discordância generalizada separando as rochas paleozóicas das mesozóicas. O Subgrupo Igreja Nova representa a fase pré-rifte da Bacia Sergipe-Alagoas e é muito semelhante ao Grupo Brotas da Bacia Recôncavo-Tucano. A Formação Bananeiras correlaciona-se litológica e cronoestratigraficamente com a Formação Aliança do Grupo Brotas e Serraria, com a Formação Sergi. A Formação Candeeiro tem distribuição local nas partes mais subsidentes da Fossa de Alagoas. O Subgrupo Coruripe compreende os sedimentos não-marinhos depositados durante a fase rifte e compreende arenitos, siltitos, folhelhos e calcários, exibindo variações laterais de litofácies. Ele é comparável aos grupos Santo Amaro, Ilhas e Massacará da Bacia Recôncavo-Tucano.

Tanto na Bacia Sergipe-Alagoas como na Bacia Recôncavo-Tucano, o Neojurássico-Eocretáceo-pré-Aptiano forma um pacote de sedimentos essencialmente concordantes, separado acima e abaixo por discordâncias generalizadas. Constituem, portanto, seqüência (no sentido de Sloss 1983) ou sintema. Formaram-se também em ambientes não-marinhos em contraposição aos sedimentos do Cretáceo mais novo, onde já se verifica a influência do mar. Na bacia Sergipe-Alagoas, Schaller (1969) deu ao sistema o *status* de grupo, chamando-o de Grupo Baixo São Francisco, utilizando-se de um antigo termo de Derby. Já para a Bacia Recôncavo-Tucano, Viana *et al.* (1971) deram ao sintema equivalente o *status* de supergrupo, chamando-o de Supergrupo Bahia. As subdivisões do sintema passaram, então, a *status* de subgrupo na Bacia Sergipe-Alagoas e de grupo na Bacia Recôncavo-

Tucano. Verifica-se, portanto, que as bases para a reunião de duas ou mais formações em unidades litoestratigráficas de maior hierarquia e hierarquização destas unidades maiores dependem da proposição original dos autores. Acredita-se que seria de grande interesse uma revisão futura para uniformizar a nomenclatura das bacias Sergipe-Alagoas e Recôncavo-Tucano, uma vez que a evolução dessas bacias foi semelhante e paralela durante o Cretáceo Inferior.

COMPLEXO O complexo é uma unidade litoestratigráfica composta pela associação de rochas de diversos tipos de duas ou mais classes (sedimentares, ígneas ou metamórficas), com ou sem estrutura altamente complicada, ou por misturas estruturalmente complexas de diversos tipos de uma única classe. O termo complexo deve ser usado para rochas metamórficas de alto grau que contêm corpos ígneos intrusivos não-metamorfizados, que não foram ou que não podem ser mapeados separadamente, e para intrusões que contêm enclaves de rochas metamórficas, os quais não podem ser separados, na prática, da unidade litológica dominante. Em tais casos, o termo complexo deverá ser usado (em lugar de suíte) com o adjetivo qualificador indicando o tipo litológico predominante; exemplos: Complexo Intrusivo de Bação, Complexo metamórfico de Itabaiana, Complexo Vulcânico de Poços de Caldas etc. No caso de Poços de Caldas, ocorrem rochas intrusivas, extrusivas, piroclásticas e sedimentares, além de remanescentes das encaixantes. Poder-se-ia optar pelo uso do termo suíte apenas para a parte intrusiva enquanto que as unidades vulcânicas poderiam ser designadas como formações etc., o que desmembraria a entidade edifício vulcânico. O uso do termo complexo permite reunir todas as categorias de rochas presentes, muito embora à medida que o detalhe dos mapeamentos aumente, uma classificação estratigráfica em suítes, formações etc. possa tornar-se necessária.

Hierarquicamente, o complexo pode ser equivalente a um grupo ou formação.

SUÍTE A suíte é uma unidade formal constituída pela associação de diversos tipos de uma única classe de rocha intrusiva ou metamórfica de alto grau, discriminados por características texturais, mineralógicas ou composição química.

A suíte intrusiva consiste em duas ou mais unidades de rochas ígneas, compatíveis com o nível hierárquico de formação. A suíte metamórfica

consiste em duas ou mais unidades de rochas de alto grau de metamorfismo, do nível hierárquico de formação. Hierarquicamente, os termos Suíte intrusiva e suíte metamórfica são equivalentes a grupo para rochas intrusivas e metamórficas, respectivamente. Em contraste com o grupo, as unidades menores que compõem a suíte não precisam ser denominadas formalmente. Em geral, somente aquelas unidades maiores deverão ser individualizadas de maneira a evitar proliferação de nomes desnecessários.

Os termos suíte intrusiva e suíte metamórfica poderão ser aplicados de modo a reconhecer relações naturais de unidades mapeáveis associadas, não nomeadas formalmente, como é o caso de trabalhos de reconhecimento.

Na literatura geológica brasileira existem poucos exemplos de utilização do termo suíte. Em muitos casos, o termo é usado erroneamente para rochas metamórficas de baixo grau, rochas catacladasas ou intrusivas com apenas um tipo litológico predominante. O objetivo das suítes é permitir a reunião de corpos litológicos naturalmente relacionados, para os quais a classificação litoestratigráfica normal seria problemática. Por outro lado, no mapeamento geológico regional, as suítes poderão permitir a representação de conjuntos de rochas de mesma natureza. As suítes poderão variar lateralmente e perder as características iniciais. Entretanto, se ela continuar a constituir uma entidade mapeável, recomenda-se a manutenção do nome. O Projeto Sudeste do Amapá da CPRM (João *et al.* 1979) apresenta alguns exemplos da utilização de suítes para a classificação estratigráfica. Por exemplo, a Suíte Metamórfica Ananaí é constituída pelo Piriclasito Mutum e Granoblastito Urucu; a Suíte Metamórfica Vila Nova é formada pelo Anfibólito Anatum e pelo Quartzito Fé em Deus.

CORPO O corpo é uma unidade estratigráfica formal para denominar massas de rochas intrusivas ou metamórficas de alto grau constituídas por um único tipo litológico.

Hierarquicamente, é equivalente à formação. São exemplos: Granito Tico-Tico, Sienito Canamã, Diabásio Taiano, Granoblastito Urucu, Anfibólito Anatum etc.

SÉRIE E ASSOCIAÇÃO O uso dos termos série e associação para denominar uma reunião de formações ou grupos e formações, especialmente no Pré-Cambriano, deve ser evitado, devendo-se usar os termos grupo ou supergrupo. O termo série,

normalmente precedido dos adjetivos eruptiva, intrusiva ou vulcânica, para indicar a origem da rocha, tem sido impropriamente usado para denominar uma seqüência de rochas resultantes de processos vulcânicos, intrusivos ou metamórficos. Deve ser substituído pelo termo grupo ou supergrupo, no caso das rochas vulcânicas e metamórficas de baixo grau, e pelos termos suíte intrusiva ou suíte metamórfica, no caso de rochas intrusivas ou metamórficas de alto grau.

O termo associação foi proposto originalmente para abranger um conjunto de grupos, anteriormente à utilização do termo supergrupo. Entretanto, trabalhos da CPRM têm utilizado o termo associação para uma reunião de suítes. E o caso, por exemplo, da Associação Amapá, que reúne as suítes metamórficas Ananaí, Vila Nova e Guianense. O novo código norte-americano prevê a utilização do termo supersuíte para esses casos.

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS INFORMAIS

Estas unidades correspondem a corpos de rochas referidos ocasionalmente na estratigrafia, dos quais não se têm informações ou bases suficientes que justifiquem sua designação como unidades litoestratigráficas formais. Estes corpos podem ser denominados informalmente como litozonas (exemplo: zona argilosa, zona com carvão), camadas (exemplo: camada arenosa, camada conglomerática) ou membros (exemplo: membro argiloso, membro carbonático).

Unidades Industriais Corpos de rochas reconhecidos mais pelas suas características para fins utilitários do que por suas características litoestratigráficas (tais como aquíferos, camadas petrolíferas, camadas mineralizadas, recifes mineralizados) são considerados como unidades informais, mesmo que sejam denominados.

Dentro da Formação Itaparica da Bacia Recôncavo-Tucano (folhelhos e siltitos predominantes) ocorre um corpo de arenito conhecido informalmente como zona B, constituindo-se em rocha armazenadora de petróleo. Os arenitos produtores de petróleo da Bacia Recôncavo-Tucano, da Formação Pojuca, designados de Brejão, Cambuqui, Santiago e Araçás, embora denominados, são unidades informais (Viana *et al.* 1971).

Outras unidades Certos corpos de rochas relacionados ou intimamente associados a unidades litoestratigráficas que levem em conta sua maneira de formação, forma ou algumas outras características

não litológicas para sua identificação não são unidades litoestratigráficas propriamente ditas. Entre esses corpos incluem-se: deslizamentos, escorregamentos, fluxos de lama, olistóstomos, olistólitos, diápiros, tampões de sal, veios, paredes, batólitos, soleiras (*sills*), diques, ciclotemas e outros semelhantes. A estes corpos de rochas podem-se dar nomes informais; por exemplo, diápiro de Cinzento (Bacia do Recôncavo), domo de Igreja Nova (Bacia Sergipe-Alagoas).

ROCHAS VULCÂNICAS Corpos de rochas vulcânicas de forma mais ou menos tabular, concordantes com a estratificação geral, podem constituir-se em unidades litoestratigráficas formais, seja individualmente ou em combinação com estratos sedimentares interestratificados adjacentes.

Entretanto as rochas vulcânicas apresentam alguns problemas na litoestratigrafia. Por exemplo, muitas rochas ígneas ocorrem como diques ou outras massas cortando a estratificação dominante na seção. Ademais, soleiras e outros corpos de rochas ígneas mais ou menos concordantemente interestratificados localizam-se em níveis bastante acima das massas magmáticas das quais se originaram, e às quais podem estar ligados por diques ou chaminés. Os corpos que cortam ou atravessam os estratos sedimentares e/ou ígneos concordantes não constituem particularmente unidades estratigráficas, porém constituem parte importante do arcabouço litoestratigráfico. Estes podem ser referidos como associados com as unidades litoestratigráficas encaixantes. Havendo necessidade, pode-se usar o termo complexo vulcânico para reunir rochas intrusivas, extrusivas e sedimentares formadas durante o vulcanismo.

Corpos de rochas sedimentares ou magmáticas, isolados da ocorrência principal da formação a que se correlacionam, não devem receber denominações formais próprias. Exemplo: a Formação Serra Geral inclui derrames, arenitos intertrapes e alguns depósitos argilosos. Diques e soleiras de diabásio, intrusivos em rochas mais antigas, não constituem unidades litoestratigráficas sendo referidas sempre como rochas associadas aos derrames.

Podem-se citar como exemplos, também, as estruturas diapíricas não só de evaporitos como de sedimentos menos densos, sotopostos a sedimentos mais densos, e que se tornam plásticos pelo embebimento de água, e que penetram nos sedimentos superiores. Na Bacia do Recôncavo são comuns os diápiros de folhelhos do Grupo Santo

Amaro, que se introduzem nos sedimentos do Grupo Ilhas e da Formação São Sebastião e se isolam das *camadas-mãe* durante o processos de intrusão (Horschutz & Teixeira 1969). Nas bacias costeiras são comuns diápiros de evaporitos aptianos com isolamento de pacotes de sal em sedimentos mais novos. Esses corpos isolados não constituem unidade litoestratigráfica à parte, mas são sempre referidos à unidade de origem.

Nomenclatura das Unidades Litoestratigráficas

DENOMINAÇÃO A denominação de uma unidade litoestratigráfica formal de qualquer categoria deve consistir em dois termos: um primeiro termo, litológico, referente ao tipo da rocha dominante na unidade (arenito, folhelho, calcário etc.), ou indicativo da categoria (grupo, formação, membro, camada, complexo); este primeiro termo é seguido por um segundo, constituído de um nome geográfico apropriado (exemplo, Arenito Sergi ou Formação Sergi, Formação Muribeca, Folhelho Calumbi ou Membro Calumbi). A denominação de um grupo, subgrupo ou supergrupo combina o termo Grupo ou Supergrupo com o termo geográfico, sem incluir designação litológica; por exemplo: Grupo Baixo São Francisco e Subgrupo Igreja Nova.

A denominação de uma formação consiste em uma designação litológica ou da palavra Formação seguida do nome geográfico; por exemplo, Formação Serraria ou Arenito Serraria. O estratótipo desta unidade situa-se próximo do povoado de Serraria, às margens do Rio Boacica, a 6 km a SSE da cidade de Igreja Nova e 14 km a NW da cidade de Penedo, Estado de Alagoas (Schaller 1969).

A denominação de um membro combina o termo Membro com o termo geográfico; exemplo: Membro Aracaju, pertencente à Formação Cotinguiba, Bacia Sergipe-Alagoas. O termo Aracaju deriva da capital do Estado de Sergipe.

A denominação de um complexo combina o termo Complexo com o termo geográfico; exemplo: Complexo de Bação. Em alguns casos, pode ser adicionado o adjetivo intrusivo, Vulcânico ou Metamórfico; exemplo: Complexo Vulcânico de Poços de Caldas.

A denominação de uma suíte combina o termo Suíte com os adjetivos Intrusiva ou Metamórfica e o nome geográfico; exemplo: Suíte Metamórfica Ananaí, Suíte Intrusiva Parintins.

A denominação formal de um corpo consiste no termo litológico seguido do nome geográfico; exemplo: Granito Tico-Tico ou Anfibólito Anatum.

Termos estruturais, tais como dique, batólito, *sill* e outros nomes similares, não devem ser usados na nomenclatura formal desses corpos. O mesmo cuidado deve ser tomado com termos genéticos, tais como metatexito, anatexito, diatexito etc. Por exemplo, a Suíte Metamórfica Guianense, composta pelo metatexito Ipitinga e diatexito Pari, em vez dos termos metaxito e diatexito, seria mais adequado usar denominação de descrições petrográficas.

Termo litológico Quando o nome da rocha for usado na denominação de uma unidade litoestratigráfica formal, recomenda-se o uso de termos litológicos simples e de reconhecida aceitação geral (exemplos: folhelho, arenito, tufo, basalto). Termos compostos, tais como folhelho argiloso, arenito silicificado, quartzito micáceo e nomes muito específicos ou de aceitação restrita (calcirrudito, ortoquartzito, meta-arenito), devem ser evitados. Termos substantivos (exemplos: areia, argila, cascalho) combinados com adjetivos (preta, ferrífera, dura mole, dobrada, brechada, conglomerática) devem também ser evitados na nomenclatura litoestratigráfica formal. Quando uma unidade litoestratigráfica formal denominada pelo tipo de rocha dominante e por um termo geográfico, muda lateralmente para um tipo litológico diferente por diagênese ou metamorfismo, a mudança de sua denominação dependerá do grau de persistência da variação litológica ocorrida e da segurança na correlação e continuidade da referida unidade. Por exemplo, no caso de mudança local de calcário para dolomito, este segundo termo pode ser mantido. Assim, Calcário Jandaíra pode ser chamado de Dolomito Jandaíra, mantendo-se imutável o termo geográfico.

Termo geográfico O termo geográfico deve ser tomado de feição natural ou artificial na qual ou em cujas vizinhanças ocorre tipicamente a unidade litoestratigráfica. Denominações tiradas de fontes mutáveis, como fazendas, sítios, igrejas e escolas, embora não sejam plenamente satisfatórias, são aceitas na nomenclatura litoestratigráfica formal, desde que não haja outras possibilidades. As denominações para unidades litoestratigráficas importantes devem ser selecionadas entre as que se encontram nos atlas comuns ou nas cartas federais, estaduais ou municipais, florestais, topográficas, hidrográficas ou similares. Uma denominação exige descrição e identificação precisas, acompanhadas de mapa com sua localização. Uma unidade litoestratigráfica não deve ser denominada em função

da área-fonte do seu material; por exemplo, um depósito supostamente derivado da região de Propriá não se deve denominar Conglomerado Propriá, porém, Conglomerado Carmópolis, na Bacia Sergipe-Alagoas.

O simples emprego de letras maiúsculas não formaliza uma designação.

Uso impróprio do nome geográfico Um nome que sugira localidade, região ou divisão política bem conhecidas não deve ser aplicado para uma unidade litoestratigráfica desenvolvida tipicamente em outra localidade do mesmo nome, porém menos conhecida.

Alguns termos geográficos têm conotação muito ampla, como, por exemplo, nomes de regiões, Estados etc. ou, presentemente, têm conotação histórica e não devem ser utilizados. E o caso dos termos Güianense, Amapá e Grão-Pará utilizados para designar unidades na região Amazônica, que, entretanto, permanecem, por serem consagrados.

IMUTABILIDADE DE NOME CONSAGRADO

O termo geográfico constante de uma designação litoestratigráfica formal consagrada não deve ser mudado nem mesmo quando o nome geográfico da área-tipo for alterado.

A mudança de nome de uma localidade-tipo não implica a mudança correspondente do termo geográfico de uma unidade litoestratigráfica formal. Similarmente, o desaparecimento da feição geográfica não requer a eliminação do respectivo nome formal da unidade.

PRIORIDADE A regra da prioridade deve ser observada na aplicação de denominações de unidades litoestratigráficas, desde que a proposta de denominação atenda às normas convencionais.

Entende-se por prioridade a precedência na data de publicação da designação formal de uma unidade litoestratigráfica. Em última análise, a precedência de citação na publicação deve ser decisiva, como, aliás, é norma na nomenclatura científica em geral.

Nomes consagrados, bem estabelecidos e de uso tradicional não devem ser, entretanto, substituídos por nomes pouco conhecidos ou fortuitamente usados por motivos de prioridade. Igualmente, ao se denominarem formalmente unidades litoestratigráficas segundo as recomendações do Código, deve-se abrir exceção, mantendo-se os nomes consagrados, mesmo que estejam fora dos padrões formais ora estabelecidos. E o caso da unidade basal do Devoniano da Bacia do Paraná, chamada Formação Furnas, e do Grupo Barreiras não

ligados a localidades geográficas. A propósito, a denominação Barreiras constitui a mais antiga das reservadas às unidades litoestratigráficas do Brasil, aparecendo na carta de Pero Vaz Caminha sobre a descoberta do Brasil (Petri & Fúlvaro 1983). A Formação Estrada Nova foi proposta por White (1908) baseado em uma estrada que na sua época era recém-construída. O nome é mantido por ter sido consagrado pelo uso. No caso da Formação Irati, consagrada pelo uso, se a regra de prioridade fosse mantida rigidamente, o termo Irati deveria ser substituído por Itapetininga, nome dado por F.P. Oliveira, em 1889, como Série Itapetininga e que compreendia “gres e schistos com pederneiras, schistos betuminosos e calcáreos argilosos com fósseis” ocorrentes nos arredores da cidade de Itapetininga, Estado de São Paulo. Irati foi proposto por White em 1908. Posteriormente, Barbosa & Almeida (1948) deram o nome de Formação Itapetininga aos últimos depósitos do Grupo Tubarão ocorrentes na bacia do Rio Tietê, nome atualmente em desuso. Recomenda-se publicar definições e descrições detalhadas das unidades já consagradas e estabelecer *a posteriori* seu estratótipo, de maneira a preservar sua identidade.

Embora o conceito de nome consagrado seja muito relativo, pode-se aceitar, em geral, como tal, um nome adotado por vários autores em subsequentes publicações.

A duplicação de designações na nomenclatura litoestratigráfica formal deve ser evitada. Um nome geográfico previamente aplicado a uma unidade qualquer não deve ser usado posteriormente para outra.

NOMES DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

SUBMARINAS A denominação das unidades litoestratigráficas atravessadas por poços perfurados na plataforma e talude continentais atuais tem apresentado problemas no uso de nomes geográficos. Em alguns casos, estas unidades não podem ser correlacionadas com os afloramentos das unidades litoestratigráficas de superfície das localidades mais próximas do litoral, devido à perda de sua identidade por mudança litológica ou devido ao fato de sua ocorrência estar restrita a áreas submersas da plataforma e/ou talude continentais. Nestes casos, o termo geográfico deve ser tomado da localidade litorânea ou do acidente oceanográfico emerso mais próximo, sendo mesmo admitidos nomes não geográficos. Asmus *et al.* (1971) propuseram os membros Piraúna, Pirapitanga e Piranha, da

Formação Rio Doce da Bacia do Espírito Santo, ocorrentes na região coberta pelo mar, cujas denominações são derivadas de peixes tendo em vista a ausência de nomes geográficos apropriados. Estes nomes foram contestados por Alves *et al.* (1978), entre outros motivos por se tratar de nomes não geográficos. Embora o assunto seja ainda controvertido, tem-se usado, na ausência de acidentes geográficos na área-tipo da unidade, nomes de peixes aí viventes. O nome dessas formações deveria ser seguido do nome da bacia em que se encontram.

NOMES DE PARTE DE UNIDADE A denominação de uma unidade não deve ser aplicada a nenhuma de suas partes. Por exemplo, a Formação Muribeca não deve conter o Membro Muribeca.

ORTOGRAFIA O componente geográfico de uma denominação litoestratigráfica formal deve manter a ortografia da localidade-tipo. Entretanto, se um termo geográfico é consagrado pelo uso em repetidas publicações com ortografia diferente daquela da localidade de origem deve ser assim preservado. O termo geográfico de uma unidade litoestratigráfica não deve ser traduzido para outra língua. Nomes estrangeiros não precisam ser traduzidos para o português. Entretanto, recomenda-se a tradução do termo litológico ou de categoria.

PROCEDIMENTO PARA O ESTABELECIMENTO DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS A proposta para o estabelecimento formal de uma unidade litoestratigráfica implica, necessariamente, a divulgação em uma publicação científica conceituada e uma exposição abrangendo os seguintes tópicos: (i) justificativa para a definição e estabelecimento formal da unidade; (ii) seleção do nome; (iii) fixação da categoria; (iv) caracterização precisa da área-tipo, com localização explícita do estratótipo (seção-tipo); (v) descrição precisa sobre seus caracteres distintivos e estratótipos-de-limite (contatos); (vi) dimensões e forma; (vii) aspectos regionais; (viii) correlação com outras unidades; (ix) referência à correlação, idade geológica e gênese, sempre que possível; e (x) referências bibliográficas.

• **Justificativa** A proposição formal de unidades litoestratigráficas deve incluir na justificativa aspectos relacionados com as razões que motivaram sua individualização (história, autor, referência original, tratamento prévio), sinonímia, prioridade e certeza quanto à não duplicação desnecessária em relação a unidades já existentes.

• **Estratótipo como padrão de definição** A unidade proposta deve ser definida e descrita claramente, baseada no conhecimento mais completo possível de suas relações laterais e verticais, de maneira que um pesquisador subsequente a possa reconhecer com segurança.

A designação de um holoestratótipo (seção-tipo) é essencial na definição de uma unidade litoestratigráfica. O holoestratótipo deve ser escolhido entre outras seções representativas nas proximidades da localidade de que se tomou a designação. O estratótipo deve ser situado, o melhor possível, em um mapa com referência a divisões territoriais. Se necessário, devem ser assinalados estratótipos suplementares (paraestratótipos), seções-de-referência (hipoestratótipos), área tipo e localidade-tipo. Os estratótipos constituem sucessão de estratos de rocha, designada especificamente em uma seção ou em uma área, na qual é baseada a definição do caráter litológico da unidade. A unidade, quando reconhecida em outra área, pode conter maior ou menor espessura de estratos que o estratótipo. O único requisito crítico da unidade ao ser identificada em outra área é que tenha essencialmente a mesma litologia e posição estratigráfica similar ao estratótipo referido.

Os estratótipos de unidades litoestratigráficas de categoria de formação ou menor são comumente simples estratótipos-de-unidade. No caso de unidades de categorias maiores, tais como grupos, estratótipos compostos são os mais usados, isto é, uma composição dos estratótipos das unidades componentes.

Onde os estratos são quase horizontais ou estão mal expostos e uma seção de uma unidade não aflora em uma área razoavelmente limitada, nem sempre é possível designar qualquer seção específica, completa e contínua, como o estratótipo-de-unidade. Neste caso, deve ser indicada apenas uma área-tipo ou localidade-tipo em lugar do estratótipo-de-unidade, sendo essencial a identificação explícita dos estratótipos-de-limite inferior e superior em seções específicas onde possam ser vistas mudanças para as unidades sub e sobrejacentes. Portanto, o equivalente do estratótipo-de-unidade é constituído pelo conjunto de afloramentos na localidade-tipo ou área-tipo, situados entre os estratótipos-de-limite inferior e superior.

• **Descrição da unidade na localidade-tipo** Caráter litológico, caráter litoestratigráfico, espessura, atitude estrutural, expressão geomorfológica, discordâncias, hiatos, condições de deposição, natureza dos limites

de unidade (abrupto, gradativo, discordante etc.) e feições que caracterizem ou identifiquem a unidade na localidade-tipo são tópicos que devem ser claramente descritos na proposta de uma unidade litoestratigráfica nova ou revisada.

- *Hipoestratótipos (seções-de-referência)* A definição de uma unidade litoestratigráfica, baseada na designação de um estratótipo (holoestratótipo), é freqüentemente suplementada pela designação, em outras áreas, de uma ou mais seções-de-referência auxiliares (hipoestratótipos), às vezes mais bem expostas ou mais acessíveis que o estratótipo designado na proposição da unidade (holoestratótipo). Estas seções-de-referência, entretanto, sempre devem ser consideradas como subsidiárias do holoestratótipo da unidade.

- *Limites* A proposta para o estabelecimento formal de uma unidade litoestratigráfica deve conter uma definição específica dos estratótipos-de-limite superior e inferior. Estes são colocados na altura de abruptas mudanças litológicas ou situados, arbitrariamente, dentro das zonas de gradação litológica e podem ser traçados de maneira a mostrar praticamente o desenvolvimento litoestratigráfico. Os limites de unidades litoestratigráficas comumente cruzam as linhas de tempo, limite de amplitude de fósseis e limites de qualquer outra classe de unidades estratigráficas.

Onde uma unidade de rocha passa vertical ou lateralmente para outra, por gradação ou interdigitação complexa de duas ou mais classes de rochas, o limite é necessariamente arbitrário e deve ser escolhido de maneira a proporcionar a mais prática e objetiva separação entre as unidades. Por exemplo, numa gradação ascendente de uma unidade de carbonato para uma unidade de folhelho, através de um intercamento de ambos os tipos rochosos, o limite pode ser colocado, arbitrariamente, no topo da camada significativa de calcário estratigraficamente mais alta na sucessão. Similarmente, em uma gradação lateral de uma unidade de folhelho através de aumento de arenito argiloso, o limite pode ser colocado, também arbitrariamente, onde a rocha é ainda considerada predominantemente arenosa.

Se a zona de gradação ou interdigitação for suficientemente extensa, as rochas de litologia intermediária ou misturada poderão servir de base para o estabelecimento e denominação de uma terceira unidade independente, ou poderão ser consideradas como uma unidade provisória, informal, cujo nome incluiria os nomes das duas unidades adjacentes separadas por hífen.

Devido às muitas variações litológicas nos estratos, há ampla variedade de traçado dos limites litoestratigráficos de unidades. A seleção desses limites pode ser influenciada propriamente por outros fatores, tais como extensão lateral, expressão fisiográfica, conteúdo fóssil, litogênese e características em perfis elétricos e/ou radioativos, sempre que a exigência de homogeneidade litológica substancial seja mantida.

- *Discordâncias* Uma sucessão de rochas de composição muito semelhante, porém incluindo um pequeno hiato ou diastema, não deve ser dividida em duas unidades litoestratigráficas baseando-se meramente neste tipo de quebra sedimentar, a menos que haja adequada distinção litológica que permita definir um limite. Contudo, a reunião de estratos adjacentes separados por discordâncias de caráter regional em uma simples unidade litoestratigráfica deve ser evitada, mesmo que somente pequenas diferenças litológicas possam ser encontradas para justificar a separação.

- *Aspectos regionais* Entre as características regionais que devem constar na proposta formal de uma unidade litoestratigráfica incluem-se: extensão geográfica; variações regionais na espessura, litoestratigrafia, bioestratigrafia e outros caracteres; variações na expressão geomorfológica; relações estratigráficas com outras classes de unidades estratigráficas, com camadas-chave ou similares; natureza dos limites longe da seção-tipo (abrupto, gradacional, discordante etc); relações dos limites de unidades estratigráficas da mesma ou outra classe de rochas; critérios a serem usados na identificação; e extensão da unidade para além dos limites da localidade-tipo.

- *Gênese* As condições de origem da rocha ou rochas que constituem a unidade litoestratigráfica podem ser cuidadosamente relatadas na sua proposição formal. Igualmente, pode ser expresso o significado da unidade com relação à paleogeografia e história geológica da área ou bacia de ocorrência.

- *Correlação* A equivalência da unidade litoestratigráfica proposta com as unidades adjacentes deve ser estabelecida o mais claramente possível, destacando-se os critérios de correlação, rastreamento e sincronização, bem como os meios mais úteis e práticos, sejam eles diretos ou indiretos; exemplo, expressão geomorfológica, evidências litogênicas, caracteres de perfis elétricos e radioativos, assinatura de sinais, caráter de refletores ou textura de linhas sísmicas e conteúdo fossilífero.

- *Idade* A idade de uma unidade litoestratigráfica e os meios utilizados na sua determinação devem constar se possível, na proposição formal.
- *Referências bibliográficas* Todas as publicações e/ou referências bibliográficas relacionadas com a unidade proposta formalmente, e que foram consultadas, devem ser apropriadamente relacionadas.

REQUISITOS ADICIONAIS PARA AS UNIDADES DE SUBSUPERFÍCIE Para a definição de unidades litoestratigráficas expostas em túneis, minas ou poços deverão ser aplicadas as mesmas regras gerais de procedimento usadas nos afloramentos de superfície.

Na proposição do nome para uma unidade litoestratigráfica de subsuperfície, o poço ou mina no qual a seção-tipo (estratótipo) está presente constitui a localidade-tipo da qual se deve tomar o nome geográfico. Nas seções de poço, os estratótipos precisam ser designados por profundidades no poço e perfis elétricos e/ou radioativos.

A descrição geológica destes estratótipos deve ser baseada principalmente em amostras de poço (testemunhos, amostras laterais-“laterolog” etc.) e características de perfis elétricos e/ou radioativos do poço. Estratótipos e hipoestratótipos de subsuperfície podem ser úteis na suplementação de estratótipos de superfície pobremente expostos.

Identificação de Poço-tipo ou Mina-tipo Neste item devem ser incluídos os seguintes elementos: nome do poço-tipo ou mina-tipo; localização do poço-tipo ou mina-tipo mediante descrição escrita, mapa, coordenadas geográficas exatas, fazenda ou lote, ou qualquer outra feição geográfica adequada para identificação da localidade; e nome da companhia ou pessoa operadora. Para minas: profundidade onde se encontra exposto o estratótipo. Para poços: data de perfuração, profundidade total e altitude da superfície. Se todos os dados necessários ao estabelecimento da seção-tipo não podem ser obtidos em um poço, dois ou mais poços podem ser utilizados, sendo a seção de um deles escolhida como holoestratótipo e as dos outros poços como paraestratótipos e hipoestratótipos.

Perfis geológicos A coluna litológica do poço e seções da mina são necessárias na proposição formal de uma unidade litoestratigráfica de subsuperfície.

Perfis e registros geofísicos Nesta proposta também devem ser incluídos, sempre que possível perfis corridos elétrica ou mecanicamente (de preferência de vários poços adjacentes) e registros sísmicos. Os limites e as subdivisões da unidade

litoestratigráfica devem ser marcados claramente e apresentados em uma escala conveniente para permitir a apreciação de detalhes.

Repositórios É essencial a referência do local ou locais onde se encontram disponíveis os conjuntos de amostras de calha e outras amostras, perfis e similares, os quais representam a seção-tipo (estratótipo) de uma unidade litoestratigráfica. Tal material poderia ser deixado a cargo de serviços geológicos, universidades, museus ou outras instituições convenientemente organizadas para atender futuros usuários.

Se uma unidade de subsuperfície denominada for correlacionada com uma unidade denominada de superfície da mesma categoria, e se as características de ambas forem tão similares que um dos nomes se torna desnecessário, a seção de superfície deve ser preferida como estratótipo.

Outros fatores, porém, tais como prioridade de publicação, uso, representatividade da seção, acessibilidade, natureza das exposições na superfície e disponibilidade do material das seções de subsuperfície devem ser levados em consideração.

UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS

O objetivo da *classificação bioestratigráfica* consiste na organização sistemática dos estratos em unidades, baseadas no conteúdo e distribuição de seus fósseis.

Natureza das unidades Bioestratigráficas

BASES PARA SE ESTABELEECER UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS Os estratos são classificados bioestratigraficamente dividindo-se em unidades que se distinguem por diferenças no seu conteúdo fóssilífero. Uma unidade bioestratigráfica pode basear-se simplesmente na presença de fósseis, em contraposição a outra em que os fósseis estão ausentes; em todos os tipos de fósseis, tomados em conjunto, ou unicamente em fósseis de determinado tipo, ou só em certas *taxa*; em uma associação natural de fósseis, na distribuição de determinado *taxon* ou de várias *taxa*; na frequência e abundância de exemplares fósseis; em certas características morfológicas de fósseis; em etapas do desenvolvimento evolutivo ou variações de quaisquer características dos fósseis contidas nos estratos. As unidades bioestratigráficas são relativamente objetivas já que se baseiam em características observáveis diretamente nos estratos.

Uma unidade bioestratigráfica deve ser considerada (somente) dentro dos limites das características paleontológicas observadas nos estratos.

NATUREZA DAS UNIDADES As unidades bioestratigráficas baseiam-se em partículas discretas das rochas, constituídas pelos restos fósseis de grande gama de variedade, disseminadas desigualmente pelos estratos que constituem a sucessão estratigráfica da litosfera. As unidades bioestratigráficas são especiais por apresentarem, no conjunto, importantes mudanças evolutivas irreversíveis de suas características durante o tempo geológico.

Ao contrário das características lito e cronoestratigráficas, nem todas as rochas comportam unidades bioestratigráficas, tendo em vista a existência de muitos estratos afossilíferos.

CONTINUIDADE DOS FÓSSEIS EM RELAÇÃO AOS LIMITES EXTERNOS DAS UNIDADES Os fósseis constituem, em geral, só uma porção reduzida, fracionária e disseminada dos estratos. Raramente estão os fósseis presentes em todas as camadas e distribuídos igualmente ao longo de uma mesma camada. Em geral, os exemplares fósseis estão muito separados entre si dentro de uma mesma camada fossilífera.

A atribuição de certos estratos a determinada unidade bioestratigráfica não deve basear-se em similaridades de idade, conteúdo litológico ou ambiente gerador. Deve-se basear unicamente na presença de elementos diagnósticos da unidade. Se os estratos estão compreendidos dentro dos limites externos (verticais e laterais) reconhecidos pelos elementos fósseis diagnósticos, é justificável a atribuição destes estratos a determinada unidade bioestratigráfica, mesmo que não contenham esses fósseis. Até que ponto podem considerar-se determinados estratos intermediários, sem os fósseis diagnósticos, dentro de uma unidade bioestratigráfica é uma questão que depende do grau de experiência do estratógrafo; sobre este assunto é difícil ditarem-se normas rigorosas.

SIGNIFICADO DOS FÓSSEIS Os fósseis são importantes sob três aspectos: (i) são elementos litológicos distintivos dos estratos; (ii) sendo formas que viveram em tempos pretéritos, podem ser índices sensíveis dos ambientes sedimentares; (iii) possuem importante valor para as correlações cronológicas dos estratos, graças às propriedades do processo evolutivo, que é progressivo, não repetitivo.

COMUNIDADES VIVAS E ASSOCIAÇÕES MORTAS (BIOCENOSSES E ORICTOCENOSSES) Os fósseis que se encontram nos estratos sedimentares podem ser agrupados em duas categorias: 1. restos de

organismos que viveram no local onde foram soterrados; e 2. restos de organismos trazidos ao local, depois de mortos, pelos diversos agentes naturais de transporte. Nos casos mais comuns, os fósseis contidos nos sedimentos possuem ambas as origens. Em qualquer caso, eles podem constituir-se em bons elementos para a definição das unidades bioestratigráficas.

FÓSSEIS RETRABALHADOS São aqueles que, originados de formações mais antigas, encontram-se em rochas mais jovens através de processos de erosão, transporte e deposição. Podem estar misturados com fósseis mais jovens, provavelmente provenientes do sedimento mais novo. Apesar de os fósseis retrabalhados poderem constituir-se em elementos distintivos de um estrato, não podem ser usados como diagnósticos das unidades bioestratigráficas.

FÓSSEIS INTROMISSOS OU INFILTRADOS Em certos casos, determinadas rochas podem conter fósseis mais jovens que elas. É o caso de infiltração de soluções portadoras de micronano ou palinofósseis em sedimentos porosos. Tubos cavados por animais ou raízes de plantas podem introduzir restos de organismos em sedimentos preexistentes. Diques e diápiros também são veículos de contaminação de material, tanto mais novo como mais antigo. Fendas de origem tectônica, ou não, podem, também, ser preenchidas por material mais novo. É o caso, por exemplo, de calcários fitados da Formação Itaboraí, com fendas de dissolução preenchidas por argilas contendo mamíferos primitivos. Estes mamíferos permitiram que se situasse a fase de preenchimento argiloso das fendas nos tempos do Neopaleoceno. Os calcários, portanto, são mais antigos. Estes fósseis infiltrados não podem ser utilizados na definição de unidades bioestratigráficas.

Hedberg (1963) utiliza o termo entremetido em lugar de intromisso ou infiltrado.

HIATOS E RECOBRIMENTOS PARCIAIS (OVERLAPS) Ocorrem, com frequência, tanto na vertical como na horizontal, hiatos no registro das unidades bioestratigráficas e frequentes recobrimentos de diferentes unidades bioestratigráficas que foram baseadas em diferentes *taxa*.

Quando as velocidades de sedimentação são extremamente lentas, pode ocorrer o caso de fósseis de diferentes idades e características e de diferentes

ambientes estarem misturados ou intimamente associados em um intervalo estratigráfico muito delgado. A este efeito chama-se condensação estratigráfica.

Definições

BIOESTRATIGRAFIA Parte da estratigrafia que se baseia nos aspectos paleontológicos das rochas objetivando a organização destas em unidades denominadas bioestratigráficas.

UNIDADE BIOESTRATIGRÁFICA Conjunto de estratos que se constitui em unidade por seu conteúdo fóssilífero ou caráter paleontológico e que, portanto, pode ser diferenciado dos estratos adjacentes. Uma unidade bioestratigráfica é unicamente limitada pela presença de elemento bioestratigráfico que a defina.

No código estratigráfico americano, a unidade bioestratigráfica é definida de forma mais concisa: “É um pacote de camadas caracterizado pelos fósseis nelas contidos, contemporâneos à acumulação”.

ZONA BIOESTRATIGRÁFICA (BIOZONA) Termo geral que se aplica a qualquer tipo de unidade bioestratigráfica. Biozona é a forma abreviada utilizada em lugar de zona bioestratigráfica. O prefixo bio serve para distinguir a zona bioestratigráfica de outros tipos de zonas e deve ser empregado toda vez que a nomenclatura dê margem a confusão. As maiores possibilidades de confusão ocorrem entre biozona e cronozona. Ambas podem levar o nome de um ou mais fósseis, porém conceitualmente são bem diferentes.

As biozonas variam notavelmente quanto à espessura e extensão geográfica, de camadas locais a unidades de milhares de metros de espessura e de extensão mundial. O intervalo total de tempo representado por uma biozona chama-se, simplesmente, duração, alcance cronoestratigráfico ou biócrono.

Um conjunto de estratos pode ser subdividido em diferentes biozonas de acordo com as taxa utilizadas na subdivisão. Os limites dessas biozonas não serão, necessariamente, coincidentes. Por exemplo, as bacias costeiras brasileiras podem ser subdivididas em zonas, com base em nanofósseis, palinofósseis e foraminíferos planctônicos. Pode-se verificar pela figura 1 a falta de coincidência das zonas.

No código norte-americano (Hedberg 1963), considera-se o termo amplitude para designar a extensão vertical ou horizontal de um determinado fóssil ou conjunto e fósseis.

SUPERZONA E SUBZONA Várias biozonas com características bioestratigráficas comuns podem ser agrupadas em superzonas bioestratigráficas. Regali *et al.* (1974), com base em palinomorfos reconhecidos nas bacias costeiras brasileiras desde o Amapá até Santos, dividiram o intervalo Eocretáceo-Plioceno em diversas superzonas. Por exemplo, a Superzona *Exesipollenites tumulus* compreende os andares Jiquiá e Alagoas. Do mesmo modo as biozonas podem ser subdivididas em subzonas bioestratigráficas. Por exemplo, as biozonas de ostracodes do Cretáceo do Recôncavo Baiano foram subdivididas em subzonas, tornando por base amplitudes menores de espécies selecionadas em relação à amplitude de espécies que caracterizam as referidas biozonas (Viana *et al.* 1971). Não é obrigatório subdividir totalmente uma biozona. As subzonas bioestratigráficas podem ser subdivididas, ainda, em unidades menores chamadas zônulas bioestratigráficas.

INTERZONAS, INTRAZONAS E ZONAS ESTÉREIS Os intervalos estéreis em fósseis diagnósticos entre biozonas sucessivas podem ser chamados de interzonas estéreis e serão designados informalmente referindo-se às biozonas adjacentes. Gerhard Beurlen (1969), em seu zoneamento do Cretáceo de Sergipe, chamou a atenção sobre uma faixa estéril em Ammomóidea entre suas zonas de amplitude locais *Coilopoceras aff colleti* (na lapa) e *Protexanitis troelseni* (na capa).

Entre a zona *Metacypris* sp. 3 e a zona *Cypridea ambigua* da Bacia Sergipe-Alagoas, ocorre uma interzona estéril (Schaller 1969).

De maneira similar, os intervalos estéreis de suficiente espessura, dentro de biozonas, podem ser chamados de intrazonas estéreis.

BIO-HORIZONTES São superfícies de mudança bioestratigráfica ou de caráter bioestratigráfico peculiar, de grande valor em correlações (não necessariamente cronocorrelações). São limites de biozonas ou horizontes de biozonas. Em teoria, obio-horizonte é uma superfície bidimensional. Na prática, o termo aplica-se a uma camada delgada. Entre as características mais freqüentes que servem de base à definição de bio-horizontes, podem-se citar as primeiras aparições e as “últimas presenças” de taxa característicos, as mudanças de freqüência e abundância, variações de características de taxa individuais (por exemplo, mudanças na direção de enrolamento de foraminíferos) e transformações evolutivas.

Os bio-horizontes também têm recebido os nomes de superfícies horizontes-guias, camadas-guias, níveis, limites, índices, referências, planos-de-referência, níveis-de-referência. Propõe-se restringir a denominação a bio-horizonte. Os “níveis-de-extinção” das diferentes zonas palinológicas propostas para a subdivisão bioestratigráfica do Meso-Cenozóico das bacias costeiras brasileiras, por exemplo, são bio-horizontes.

Tipos de Unidades Bioestratigráficas Como existem muitas maneiras de subdividir os estratos em zonas bioestratigráficas, há diferentes categorias de biozonas aplicadas em circunstâncias diversas. Há cinco tipos principais de biozonas: cenozona, zona de amplitude, filozona, epíbole e zona diferencial superior.

CENOZONA OU ZONA-DE-ASSOCIAÇÃO

Definição e significado Trata-se de um conjunto de estratos cujos fósseis, tomados em sua totalidade ou só de determinados taxa, formam uma associação natural que os diferencia, em relação à natureza bioestratigráfica, dos estratos adjacentes. A cenozona é caracterizada pela associação de fósseis sem se levar em conta a distribuição estratigráfica total de cada um dos taxa envolvidos.

Há cenozonas formadas só por fauna, só por flora, por corais, foraminíferos, moluscos, algas dasicladáceas, formas planctônicas, formas bentônicas etc. Deve-se expressar claramente o sentido da cenozona através da explicação que acompanha a definição. Define-se o alcance e a natureza de uma cenozona mencionando-se os nomes de todos os principais taxa ou de grande parte deles.

		AMONÓIDES	FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS	NANOFÓSSEIS	ESPOROMORFOS	
CONIACIANO	INF	<i>Solgerites, Prionocyloceras, Forresteria, Peroniceras</i>	FC-20	NC-20	<i>Lithastrinus grilli</i>	
		<i>Barroisiceras</i>				
TURONIANO	SUP	<i>Subprionocyclus</i>				
	MED	<i>Benueites, Watinoceras, Neoptychites e Vascoceras sl ausentes</i>				
	INF	<i>Neoptychites, Pseudaspidoceras, Benueites, Watinoceras, Vascoceras sl</i>				
		<i>Wrightocera, Bauchioceras, Vascoceras sl</i>				
CENOMANIANO	SUP	<i>Kanabicerias, Pseudocalycoceras Thomelites</i>				FC-10
	MED	<i>Acanthoceras, Dunveganoceras, Acompsoceras</i>				
	INF	<i>Graysonites, Stoliczkaia, Sharpeiceras</i>				
		<i>Hypaturillites</i>				
ALBIANO	SUP	304 <i>Mortoniceras sergipensis</i>	FC-10	NC-10	PC-42	<i>Elaterosporites protensus</i>
		303 <i>Elabicerias maruimensis</i>				
	MED	302 <i>Oxytropidoceras buarquianum</i>				
	INF	301 <i>Dovilleiceras euzebioi</i>				
APTIANO	SUP	300 <i>Chelonicerias spp.</i>			PC-28	<i>Caytonipollenites?sp.I</i>

Figura 1 - Quadro comparativo de zoneamentos para a Bacia Sergipe-Alagoas: Zonas de coincidência (segundo Bengston 1979)

A melhor maneira de especificar o conceito de uma cenozona é através da seleção de um estratótipo que servirá como salvaguarda das limitações de linguagem e das deficiências de coletas de fósseis. O estratótipo será utilizado como padrão de referência para se reconhecer a cenozona em outros locais. Associações definidas localmente, ligadas a ambientes restritos, não podem ser conceituadas como cenozonas. Por outro lado, cenozonas de

fósseis marinhos panctônicos, com grande dispersão, podem ter alcance intercontinental. Os palinomorfos podem ter extensão ainda maior, visto que muitos esporos possuem distribuição pelo ar.

A amplitude dos taxa de uma cenozona não corresponde necessariamente à amplitude da cenozona.

Limites À precisão com que os limites são traçados depende, em grande parte, da precisão com que foi definido o conjunto fossilífero. Não é necessário que todos os componentes do conjunto estejam presentes para atribuir certos estratos à cenozona. Sua identificação e seus limites são baseados em interpretações e bom senso: a distribuição total de qualquer dos *taxa* que compõem a cenozona pode estender-se além dos seus limites.

Denominação O nome de uma cenozona deve derivar-se de dois ou mais *taxa* diagnósticos e que sejam freqüentes no conjunto de fósseis da cenozona. Não é necessário estabelecer zonas que envolvam a totalidade de uma sucessão estratigráfica fossilífera.

As cenozonas que se sucedem estratigraficamente ou possíveis ligeiras diferenças dentro de um conjunto podem ser distinguidas mediante qualificações tais como inferior, médio e superior ou com letras ou com números (Fig. 2).

Como exemplos de cenozonas propostas no Brasil podem ser citadas as definidas por Mendes (1952, 1954) para certos estratos do Neopermiano do Estado de São Paulo e que foram chamadas de *Pinzonella illusa*, *Plesiocyprinella carinata* e *Pinzonella neotropica-Jacquesia brasiliensis*.

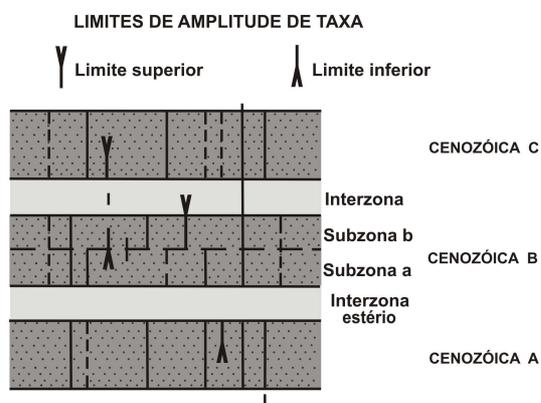


Figura 2 - Zonas de amplitude de distribuição de taxa (segundo Hedberg 1971b).

ZONA DE AMPLITUDE (RANGE ZONE) Constitui-se no corpo de estratos reconhecido pela amplitude total do elemento paleontológico selecionado entre as formas de fósseis ocorrentes em uma sucessão estratigráfica. O elemento paleontológico pode ser um *taxon* de categoria variável (espécie, gênero, família, ordem etc.), agrupamento de *taxa*, uma linhagem ou outra categoria paleontológica. Deve-se

esperar, naturalmente, precisão de identificação e de descrição biológica dos *taxa* que serviram de base ao estabelecimento da zona de amplitude, embora seja de esperar certo grau de subjetividade e temporalidade na identificação taxonômica. A amplitude de um *taxon* pode variar de acordo com o critério de reconhecimento, morfotipicamente ou mediante estudos estatísticos de população. Há muitos tipos de zonas de amplitude. Enumeram-se a seguir as principais.

Zona-de-amplitude de taxon:

•**Definição e significado** - Constitui-se no corpo de estratos que representa a amplitude total de distribuição de um determinado *taxon* (espécie, gênero, família etc.). Por exemplo, a zona de amplitude de *Mesosaurus brasiliensis* caracteriza um conjunto de estratos do Permiano que, na parte leste da Bacia do Paraná, pertence à Formação Irati. No oeste da Bacia do Paraná, a zona *Mesosaurus* ainda está presente em sedimentos que não pertencem à Formação Irati pois exibem conteúdo rochoso diferente (arenitos). Fora os Mesosaurídeos, Mezzalira (1954) propôs as seguintes zonas de amplitude, envolvendo sedimentos do Irati, de baixo para cima: *Clarkecaris*, *Pygaspis*, *Liocaris* e *Paulocaris*, todos gêneros crustáceos.

A zona-de-amplitude expressa a máxima extensão estratigráfica e geográfica, a não ser que se indique, concretamente, uma área mais limitada. Por exemplo, a zona de amplitude *Monoporites annulatus* v.d. Hammen das bacias costeiras brasileiras (distribuição Paleoceno-Plioceno).

A zona-de-amplitude de *taxon* tem valor especial como índice de idade geológica correspondente à duração de vida do *taxon*. Deste modo, ao atribuir-se um estrato à zona-de-amplitude de *Climacograptys innotatus* var. *brasiliensis*, por exemplo, está-se atribuindo idade eossiluriana a este estrato. A zona-de-amplitude de um *taxon* pode também indicar ambiente. Por exemplo, os estratos que contêm a zona de amplitude *Ammonia becarii* são sugestivos de se terem depositado em ambientes costeiros, marinhos, com influência de água salobra. O grau de objetividade de uma zona de amplitude de *taxon* depende do grau de objetividade do conceito do *taxon* sobre o qual ela se baseia. A extensão tanto geográfica como estratigráfica de uma zona-de-amplitude de *taxon* tende a ampliar-se à medida que aumenta a hierarquia taxonômica do *taxon* selecionado.

As zonas-de-amplitude do *taxon* não se prestam a uma divisão completa e sistemática de todos os estratos de um conjunto de unidades, visto a existência de lacunas e super-posições que são normais na distribuição dos *taxa* fósseis encontrados nos estratos.

• *Limites* - Os limites de uma zona-de-amplitude de *taxon* são as superfícies (bio-horizontes) que marcam os limites externos da presença, observada em qualquer sítio, de exemplares do *taxon* em questão. Teoricamente, os limites são representados pelo intervalo entre a origem e a extinção do *taxon*. Estes limites estão sujeitos a mudanças contínuas devido a novos achados. Além disso, deve-se ressaltar que os limites não representam a verdadeira extensão original do *taxon*, tendo em vista a não preservação e o desaparecimento de exemplares por dissolução posterior ou por metamorfismo. Em uma determinada seção, contudo, os limites são simplesmente os horizontes estabelecidos através da primeira e última aparição do *taxon* nos estratos da seção. Ambos os horizontes podem estar condicionados por fácies ou por hiatos. Os limites reais da zona-de-amplitude, de âmbito regional, deveriam, portanto, ser estabelecidos só depois que todas as seções locais da região fossem examinadas. O brusco aparecimento ou desaparecimento de uma forma fóssil em uma sucessão de estratos assinala, amiúde, a influência de fácies locais ou a existência de hiato. O único caso em que se poderia afirmar, com relativa segurança, que toda a amplitude vertical de um *taxon* está representada em certa área ocorre quando há seções que mostrem gradação completa, a partir de formas predecessoras abaixo, até descendentes imediatos acima.

• *Amplitude local de um taxon* - Os termos *teilzona*, *zona-de-amplitude local* e *topozona* têm sido usados para indicar a amplitude de uma *taxon* em determinada área ou bacia. Naturalmente a *topozona* carece de significado se não for especificada a área. Sugere-se a utilização desta categoria de unidade somente quando for bem especificada. Por exemplo, Beurlen (1969) propôs três zonas-de-amplitude local para o conjunto de estratos cretáceos de Sergipe, na Formação Sapucari, baseado em amonóides. Estas zonas são as seguintes, de baixo para cima: a) zona *Metoicoceras* sp; b) zona *Coilopoceras* aff. *colleti*; e c) zona *Protexanites troelsenii*. Elas foram propriamente explicitadas da seguinte maneira: a) zona-de-amplitude local *Metoicoceras* sp. Compreende as camadas inferiores da Formação Sapucari aflorando em uma faixa alongada situada no

lado noroeste da bacia, aparecendo na estrada Aracaju-Itaporanga (à entrada desta última cidade) e a sudeste de Laranjeiras e na Fazenda Cana Brava, ao norte de Santo Amaro das Brotas; b) Zona *Coilopoceras* aff. *colleti*, estratigraficamente situada na porção média da formação, a sudeste da primeira faixa. Esta zona se alonga na direção sudoeste-nordeste, sendo reconhecida em numerosos afloramentos desde Rita Cacete até uma área a sudeste de Japarutuba, com largura variável entre 1 e 3 km; e c) a zona *Protexanites troelsenii* ocorre em uma faixa a sudeste da zona anterior, imediatamente abaixo do topo da formação. Aparece em várias pedreiras da Fazenda Macuri (ao norte de Quiçamã) e da Fazenda Tábua (a nordeste de Cotinguiba). As três zonas ocorrem em faixas sucessivas, ao norte a faixa mais antiga e ao sul a mais nova, contínuas, de Itaporanga até o sudeste de Japarutuba, com direção geral nordeste, aproximadamente paralela ao atual litoral. A zona de *Metacyforis* sp. 3, de Schaller (1969) da bacia Sergipe-Alagoas, é uma zona-de-amplitude local.

• *Nome e seções de referência* - A zona-de-amplitude de um *taxon* obviamente toma o nome do *taxon* em questão. Por exemplo, zona-de-amplitude de *Australocoelia tourteloti*; zona-de-amplitude de mamíferos etc. Para este tipo de zona não é aconselhável a designação de *estrátotipo*, seu conceito se baseia no conceito de *taxon* independente de qualquer seção estratigráfica. Seções de referência, contudo, podem ser úteis por demonstrar a presença do referido *taxon*.

Zona-de-coincidência (também chamada de *zona-de-superposição* ou *zona-de-amplitude* ou ainda *zona concorrente*).

• *Definição e significado* - Ela é definida pela coincidência das zonas-de-amplitude de dois ou mais *taxa* selecionados entre todas as formas contidas em uma sucessão de estratos. Não se exige a coincidência ou a superposição das zonas-de-amplitude de todos os *taxa* nem que se considere todas as *taxa* que se superpõem. O objetivo é selecionar aqueles cuja superposição possa constituir uma unidade bio-estratigráfica de significado geocronológico ótimo e de ampla extensão geográfica, embora a zona por si só não seja uma unidade cronoestratigráfica.

Lima (1972), por exemplo, propôs zoneamento de palinórfos na Bacia de Barreirinhas. Pode-se verificar pelo exame de sua tabela, que as espécies que dão nome às zonas não possuem distribuição estratigráfica restrita à sua zona. Assim, a zona *Araucariacites australis* é caracterizada por uma associação de formas, nenhuma delas restrita à zona (Fig. 3).

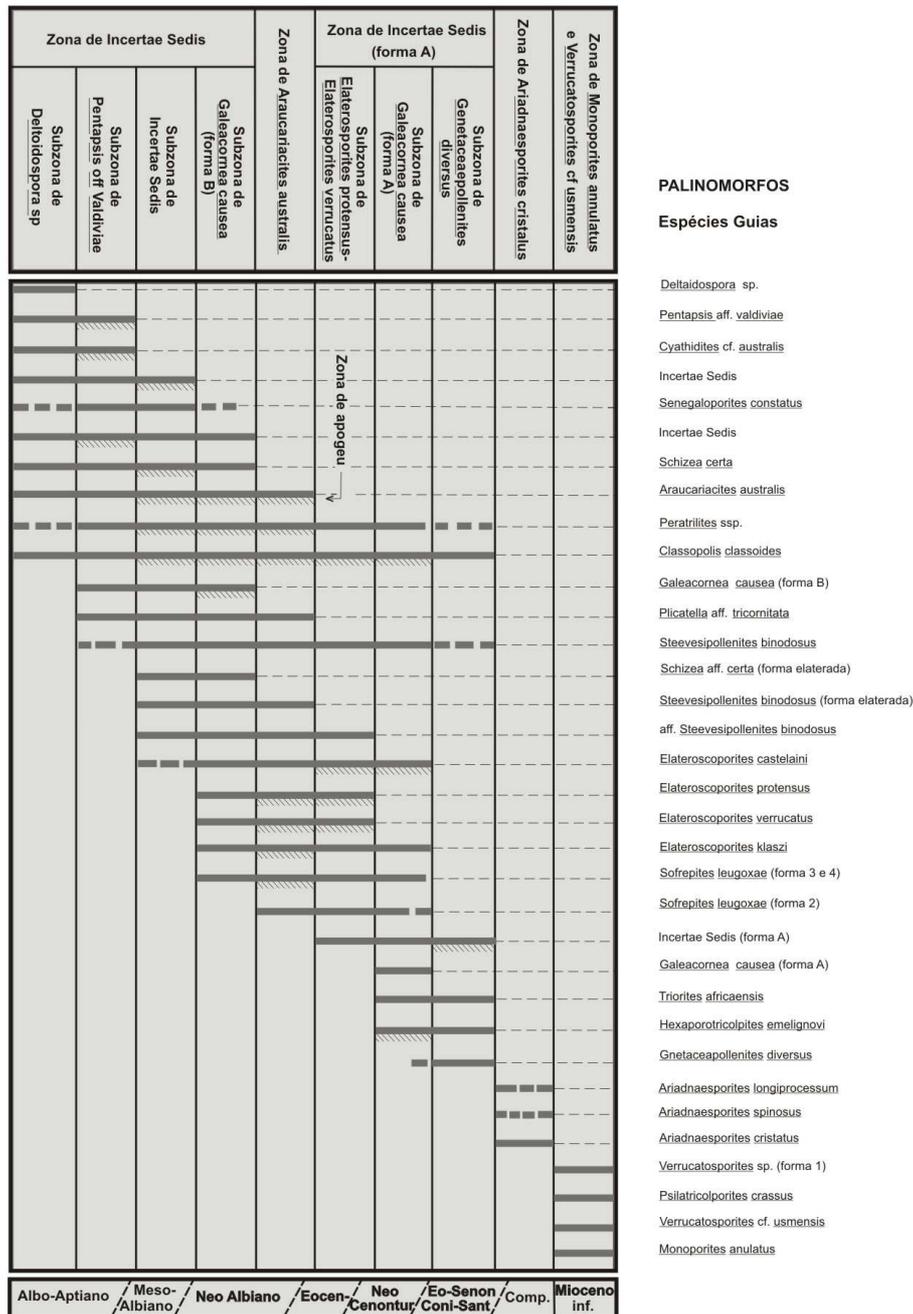


Figura 3 - Zonamento palinológico da Bacia de Barreirinha no Neoptiano ao Mioceno Inferior: Zonas de apogeu (modificado de Lima 1972)

Teoricamente, todos os taxa utilizados para definir a zona-de-amplitude coincidente devem estar presentes para que se possa legitimamente reconhecer a zona. Na prática, permite-se grau de tolerância e pode-se reconhecê-la tomando como base a presença de número ponderável dos taxa

índices. Bengtson (1979) propôs zonas-de-coincidência para o Aptiano-Coniaciano da Bacia Sergipe-Alagoas, baseado em amonóides, comparando com zonas de foramíferos planctônicos, nanofósseis e esporomorfos.

A zona-de-coincidência tem sido usada para cronocorrelações. O uso de dois ou mais taxa cujas zonas-de-amplitude se superpõem reforça o significado deste tipo de zona.

• **Limites** - O limite de uma zona-de-coincidência é o limite de concorrência dos taxa selecionados como diagnósticos. O estabelecimento deste limite coloca problemas que exigem o estudo completo e pormenorizado das amplitudes e distribuições geográficas de todos os taxa presentes e cuidadosa consideração dos critérios para a seleção com a eliminação de muitos taxa. Se são considerados somente dois taxa como diagnósticos de zona, o traçado de seus limites é relativamente simples, tornando-se mais complexo à medida que aumenta o número de taxa envolvido. De qualquer maneira, mesmo no caso de os taxa envolvidos serem dois, acurados estudos prévios devem ser realizados para a seleção desses taxa. Assim, voltando ao exemplo anterior, Lima (1972) propôs o zoneamento bioestratigráfico da Bacia de Barreirinhas com base em palinomorfos, selecionando 33 formas dentre as centenas observadas.

A figura 4 ilustra, hipoteticamente, uma zona-de-amplitude coincidente envolvendo cinco taxa. Verifica-se que a amplitude coincidente vertical e horizontal dos taxa se muito em comparação com a amplitude local de qualquer um dos taxa envolvidos, tomados isoladamente. Para se evitar excessiva restrição da amplitude coincidente, pode-se limitar o número de taxa envolvidos. Levanta-se então o problema de como eger estes taxa. Os critérios de seleção utilizados por Lima (1972) no seu zoneamento da Bacia de Barreirinhas foram: 1. menor distribuição vertical; 2. boa freqüência de aparecimento (2/3 do total de amostras); e 3. maior facilidade de reconhecimento do taxon.

• **Números e seções de referência** Recomenda-se que uma zona-de-coincidência tome seu nome de dois ou mais taxa que caracterizam a zona pela distribuição coincidente. São poucas as zonas bioestratigráficas brasileiras em cuja proposição constam dois taxa. Como exemplo de zona-de-coincidência no Brasil, pode ser citada a zona *Cimonia pernambucensis-Hercoglossa lamegoi*, no Paleoceno de Pernambuco (Tinoco 1976). Mesmo quando não for possível definir, adequadamente, a zona-de-coincidência mediante um estratótipo, amíude torna-se necessário assinalar as localidades de referência em que existe a unidade e onde os taxa selecionados estão bem representados.

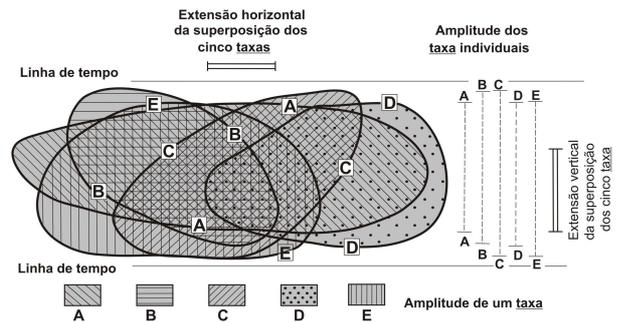


Figura 4 - Complexidade de limites de zonas de coincidência (segundo Hedberg 1971b).

ZONA-DE-LINHAGEM OU FILOZONA

Definição e Significado Uma filozona (Fig. 5) é um tipo de zona-de-amplitude representada por um conjunto de estratos que contêm exemplares representativos de um segmento, de uma linha ou tendência de evolução ou de desenvolvimento, limitado acima e abaixo por mudanças das características da linha ou da tendência. Outros nomes que podem ser aplicados a este tipo de zona são: evolutiva, zona morfogenética e zona filogenética.

O alcance de uma filozona é variável. Depende, até certo ponto, da natureza e magnitude das mudanças morfológicas observadas. Pode incluir determinado número de taxa sucessivos em processo de evolução ou abarcar uma sucessão gradual e formas ou de um mesmo taxon de sua primeira aparição à transição para seus descendentes ou a sua extinção. Uma filozona pode corresponder a uma zona-de-amplitude de taxon ou a parte de uma zona-de-amplitude de taxon ou a uma zona-de-amplitude coincidente.

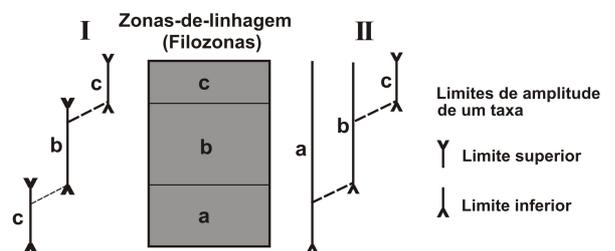


Figura 5 - Exemplos de teóricos de zona-de-linhagem (segundo Hedberg 1976).

Em teoria, um sistema de diferentes filozonas que se superpõem oferece um dos tipos de cronocorrelação mais seguro sobre bases bioestratigráficas. Na prática, o grau de confiança pode diminuir por incertezas quanto ao rumo do desenvolvimento

evolutivo e pela subjetividade inerente à identificação taxonômica e à diferenciação morfológica. Além disso, é forçoso reconhecer as variações do ritmo da evolução e da velocidade de dispersão.

Nome A filozona deve ser designada pelo nome do taxon-chave, seja uma forma de transição (Ib da figura 5), ou uma forma mais recente que evolui lentamente (IIc da figura 5). Exemplos destes casos podem ser citados, respectivamente, a filozona de *Globorotalia foshi foshie* a filogênese do *Globorotalia cerro azulensis cunialensis* (Hedberg 1976).

ZONA-DE-APOGEU OU EPIBOLE

Definição e significado A epíbole ou zona-de-apogeu (Fig. 6) é representada por um corpo de estratos que contém o apogeu de um taxon, ou seja, seu desenvolvimento máximo, porém, não contém em si a amplitude total do taxon. Desenvolvimento máximo pode significar maior frequência de indivíduos ou maior número de variedades de uma espécie ou de espécies de um gênero.

Outros nomes para esta zona são: zona-de-pico, zona-de-inundação, zona-de-acme ou zona-de-abundância. No Código Norte-americano está prevista a denominação zona-de-clímax, quando a unidade é informal e caracterizada pela abundância excepcional local de um taxon e que pode recorrer em diferentes níveis estratigráficos.

Nome A epíbole toma seu nome do taxon característico pelo seu desenvolvimento máximo, por exemplo, epíbole de *Didymograptus*.

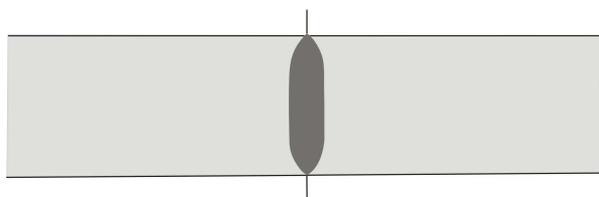


Figura 6 - Zona-de-apogeu (segundo Hedberg 1976).

ZONA-DE-INTERVALO

Definição e significado Zona-de-intervalo (mais propriamente chamada de zona biointervalo ou zona de inter- bio-horizonte) é o intervalo entre dois horizontes bioestratigráficos distintos (Fig. 7). Não é uma zona-de-amplitude de qualquer taxa nem uma de coincidência de vários taxa e pode carecer de associações fósseis distintas ou de características bioestratigráficas peculiares. A base de uma zona deste tipo poderia ser traçada ao nível do primeiro

aparecimento de um taxon a ou ao do último aparecimento de um taxon b e seu topo, ao nível do primeiro aparecimento de um taxon c ou do último aparecimento de um taxon d. A base também pode ser definida pelo limite superior de qualquer tipo de biozona e o topo, pela base de outra biozona.

Pertencem a este tipo de zona as usadas na Petrobrás e que foram chamadas de diferencial superior (Schaller 1969). Definem-se pelo primeiro aparecimento, em uma sondagem, do taxon diagnóstico. As zonas diferenciais superiores podem, também, ser agrupadas em superzonas. Pode-se exemplificar com a Superzona *Crassitricolporites brasiliensis*, baseada em palinomorfos de idade neocretácea e presente nas seguintes bacias costeiras: Foz do Amazonas, Barreirinhas, Sergipe-Alagoas, Almada-Cumuruxatiba-Espírito Santo e Campos. Esta superzona possui o limite superior definido pelo nível-de-extinção de *Crassitricolporites brasiliensis* Hern e o inferior, pelo nível-de-extinção de *Hexaporotricolpites emelianovi* Bolt. Divide-se, de baixo para cima, em três zonas: a) *Retitriporites mirabilis*; b) *Tricornites elongatus*; e c) *Proteacidites longispinosus*. A zona *Retitriporites mirabilis* limita-se, superiormente, pelo nível-de-extinção de *R. mirabilis* Regali, Uesugui et Santos e, inferiormente, pelo nível-de-extinção de *Auriculiidites reticulatus* Elsik. A zona *Tricornites elongatus* limita-se, superiormente, pelo nível-de-extinção de *T. elongatus* Regali, Uesugui et Santos e inferiormente, pelo nível-de-extinção de *Retitriporites mirabilis* Regali, Uesugui et Santos. A zona *Proteacidites longispinosus* é definida, superiormente, pelo nível-de-extinção de *Proteacidites longispinosus* Jard. et Magl. e, inferiormente, pelo nível-de-extinção de *Tricornites elongatus* Regali, Uesugui et Santos.

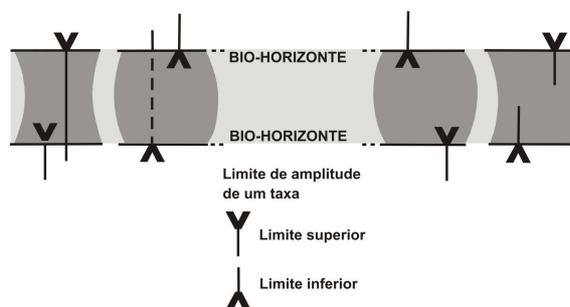


Figura 7 - Zonas-de-intervalo (segundo Hedberg 1976)

Nomes Os nomes das zonas-de-intervalo podem derivar-se dos nomes dos taxa que delimitam os bio-horizontes, colocando-se primeiro o nome do taxon que delimita o nível inferior seguido do nível

superior. Exemplo: zona-de-intervalo *Globigerinoides sicanus-Orbulina suturalis*. Tal denominação não indica se os referidos *taxa* aparecem ou desaparecem nos limites da zona ou se são empregados, implicitamente, outros critérios (por exemplo, abundância, nanismo ou gigantismo, direção de enrolamento etc.). Outra possibilidade consiste em selecionar o nome do *taxon* típico da zona ainda que não esteja limitado a ela, para simplificar a terminologia. Tem sido o critério adotado pelos paleontólogos da Petrobrás; as denominações das zonas acima, tomadas como exemplo do trabalho de Regali *et al.* (1974), obedeceram a este último critério. O *taxon* que dá o nome à zona consiste, neste caso, naquele cujo nível-de-extinção forma o bio-horizonte superior da zona. O referido *taxon* pode ainda distribuir-se em estratos subjacentes ao bio-horizonte inferior da zona-de-intervalo.

OUTROS TIPOS DE BIOZONAS Pode haver muito mais tipos de biozonas do que os mencionados (veja Hedberg 1976). Casos especiais podem exigir a proposição de novas categorias. Por exemplo, zonas baseadas em pistas, mudanças morfológicas de estruturas, como o caso de estromatólitos etc. É desejável, não obstante, limitar os termos a um mínimo compatível com a mais efetiva comunicação e entendimento. Proposição de biozonas adicionais deve obedecer aos seguintes requisitos: a) conceitos úteis e importantes; b) não duplicação com termos já existentes; c) definição clara. O tempo e o uso serão os sensores para a permanência desses termos.

BIOZONAS INFORMAIS Uma unidade bioestratigráfica formal é definida e denominada de acordo com as regras de um sistema científico de classificação e nomenclatura estabelecido por consenso. A unidade bioestratigráfica informal é empregada em sentido amplo e livre, sem significação precisa e sem formar parte de um sistema organizado de terminologia.

Por exemplo, Lange (1967) propôs zoneamento do Devoniano da Bacia do Paraná utilizando-se de Chitinozoa e Leiofusidae. Designou as biozonas informalmente a partir da mais antiga, de D1, D2, D3, D4 e D5. A biozona D1 foi impropriamente conceituada, já que é estéril situada abaixo da primeira biozona real, chamada de D2, que deveria então ter sido chamada de D1. A biozona D2 não possui equivalentes nas bacias do Amazonas e Parnaíba. Daemon *et al.* (1967) adotaram as mesmas biozonas de Lange mas com base em palinomorfos. A biozona D2, definida pelos palinomorfos, possui

equivalentes nas Bacias do Amazonas e Parnaíba. (Fig. 8).

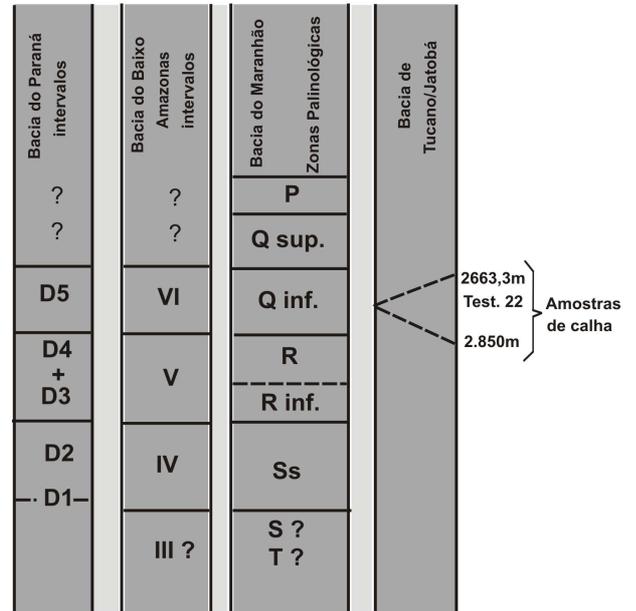


Figura 8 - Devoniano do Brasil: Zoneamento informal das bacias intracratônicas, com base em Chitinozoa, Leiofusidae e palinomorfos (modificado de Daemon *et al.* 1967)

HIERARQUIA DAS UNIDADES BIOESTRATIGRÁFICAS As unidades descritas não representam categorias dentro de uma hierarquia. Por exemplo, zona-de-amplitude local de um *taxon* não está subordinada à zona-de-coincidência. Só no caso de superzonas, subzonas e zônulas pode existir tal subordinação. Em casos de hierarquia sistemática pode ocorrer certa subordinação, como, por exemplo, zona-de-amplitude de espécies que pode estar subordinada à zona-de-amplitude de gênero.

Procedimentos para estabelecer Unidades Bioestratigráficas Na maioria dos casos, o procedimento utilizado para as unidades bioestratigráficas é o mesmo que o utilizado para outras unidades. Deve-se sempre assinalar o tipo de biozona proposto e as bases para definir seus limites. Torna-se imprescindível acrescentar ilustrações e descrições dos *taxa* diagnósticos ou facilitar referências às publicações e textos para a consulta de ilustrações e descrições.

A possibilidade de correlação deve sempre ser lembrada quando se estabelecem zonas novas ou quando zonas já propostas são eleitas para uso. Devem preferir-se unidades baseadas em *taxa*

abundantes, amplamente distribuídos e facilmente identificáveis.

Os estratotipos são úteis para definir algumas unidades bioestratigráficas, porém não todas. No caso em que a proposição da zona envolve conceitos independentes de qualquer seção estratigráfica, não é possível eleger estratotipo. É o caso, por exemplo, de uma zona-de-coincidência envolvendo amplitudes horizontais e verticais de certos *taxa* nesta situação, a presença dos *taxa* por si só define a unidade.

Procedimentos para estender as Unidades Bioestratigráficas: Correlação Bioestratigráfica A correlação bioestratigráfica não é necessariamente cronocorrelação; pode coincidir com esta ou constituir-se em correlação de fácies e ser diácrona. Em qualquer dos casos, o estabelecimento de correlações é uma questão de apreciação pessoal. Não existem duas sucessões estratigráficas separadas que possuam intervalos de idêntico conteúdo fóssilífero, requerendo, por isso, avaliação subjetiva do grau de similaridade do conteúdo fóssilífero.

Denominação das Unidades Bioestratigráficas O nome formal de uma unidade bioestratigráfica é tomado dos nomes de um ou mais fósseis precedidos do termo que especifica o tipo de unidade, podendo este ser modificado para expressar sua hierarquia.

Não se deve utilizar o mesmo nome de *taxon* para diferentes unidades bioestratigráficas de tipo similar, ainda que estes sejam de categorias diversas.

Um inconveniente para os nomes derivados de vários *taxa* é seu excessivo comprimento. Evita-se este inconveniente utilizando-se do nome de um só *taxon*, mesmo que não seja diagnóstico de toda a zona. Neste caso, pode-se considerar como formal tal designação, desde que a proposta seja acompanhada de especificação inequívoca dos limites da zona.

A codificação de zonas bioestratigráficas mediante letras, números ou combinação de ambos tem-se tornado cada vez mais freqüente. Estas designações codificadas são breves, evitando-se as repetições de compridos nomes formais. Além disso, as sucessões de letras e números indicam automaticamente a ordem e as posições relativas das zonas. Por outro lado, as designações codificadas são inflexíveis e, uma vez publicadas, não se prestam facilmente a inserções, combinações ou eliminações. Tais designações carecem de significado intrínseco e podem originar confusão quando dois ou mais estratígrafos as aplicam com diferentes sentidos. Em qualquer caso, as designações codificadas devem ser consideradas informais.

Revisão das Unidades Bioestratigráficas Ao contrário de outras unidades, no caso das bioestratigráficas, deve-se ter em conta o número e variedades de biozonas possíveis de serem estabelecidas, devendo ser conservadas as mais úteis, as quais não são, necessariamente, as primeiras descritas e denominadas. Os investigadores terão, portanto, liberdade de propor novas zonas ou de aperfeiçoar as preexistentes, tanto no que diz respeito a sua amplitude, quanto à nomenclatura. Qualquer nova proposição ou revisão deve reconhecer os estudos anteriores pertinentes, sem tentar impor um sistema rígido de prioridades. Deve-se, sempre, fazer descrições adequadas, ter cuidado com ambigüidades e discutir a extensão de sua aplicabilidade. Qualquer revisão de zonas preexistentes deve acompanhar-se de justificativa. Quando o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica ou de Nomenclatura Botânica impuser mudanças no nome dos *taxa* que distinguem unidades bioestratigráficas, é aconselhável mudar o nome destas unidades. Se um termo taxonômico perdeu validade, deve aparecer entre aspas; por exemplo, Zona de *Rotalia beccarii seciarii*. Uma vez utilizado o nome de um fóssil para definir uma zona, autores posteriores não devem empregá-lo para zona de diferente significado.

UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS E GEOCRONOLÓGICAS

Objetivos da Classificação O objetivo geral da classificação cronoestratigráfica é a organização sistemática da sucessão de estratos da litosfera em unidades cronoestratigráficas que correspondem a intervalos de tempo geológico (unidades geocronológicas), como base para a cronocorrelação é como sistema de referência para o registro dos eventos da história geológica. Seus objetivos concretos são:

- *Determinação das relações geocronológicas* A simples determinação da idade relativa em seções ou áreas locais é contribuição importante ao reconhecimento da geologia local ou regional, independentemente de qualquer esquema de organização dos estratos em unidades de aplicação mundial.

- *Estabelecimento de uma escala cronoestratigráfica universal de referência padrão* O objetivo primordial é estabelecer uma hierarquia completa e sistematicamente ordenada de unidades cronoestratigráficas definidas e dotadas de nomes de âmbito tanto regional como mundial. Tal hierarquia servirá de referência (padrão) para se aferir a idade

de todos os estratos e para os relacionar. Idealmente, as unidades devidamente denominadas, correspondentes a cada grau hierárquico dessa escala cronoestratigráfica padrão, devem constituir conjuntamente uma sucessão estratigráfica sem lacuna e sem superposições.

Definições

- **Cronoestratigrafia** Parte da Estratigrafia que trata da idade dos estratos e de suas relações geocronológicas.
- **Classificação cronoestratigráfica** Organização dos estratos em unidades baseadas na idade ou no seu tempo de formação.
- **Unidade cronoestratigráfica** Conjunto de estratos que constitui uma unidade por conter as rochas formadas durante determinado intervalo de tempo geológico. Tal unidade representa todas as rochas formadas durante determinado intervalo de tempo da história da Terra, e unicamente tais rochas. As unidades cronoestratigráficas estão limitadas por superfícies isócronas. A categoria e a magnitude relativas das unidades na hierarquia cronoestratigráfica são funções da duração do intervalo de tempo representado por suas rochas e da espessura do conjunto de estratos que as formam.
- **Cronozona** Tipo de zona que abrange todas as rochas formadas em qualquer local durante o intervalo de tempo representado por algum elemento geológico ou por algum intervalo concreto de estratos. O critério fundamental para determinar o intervalo de tempo representado por uma cronozona pode ser o intervalo de tempo de uma unidade bioestratigráfica ou qualquer outra característica dos estratos que represente certo intervalo de tempo. Uma cronozona pode também basear-se em qualquer intervalo de estratos puramente arbitrário, porém determinado, sempre que possua características que permitam sua cronorelação com sucessões estratigráficas de outras partes. As cronozonas podem representar intervalos de tempo muito diversos. É lícito falar, por exemplo, em cronozona dos amonites, que incluiria todos os estratos formados durante o prolongado intervalo de tempo de existência dos amonites, independente dos estratos que os contêm; ou também falar de cronozona de *Mesosaurus brasiliensis*, espécie cuja duração foi reduzida, ou a cronozona das rochas vulcânicas do arquipélago dos Abrolhos, unidade de extensão geográfica muito local, mas representando um intervalo de tempo relativamente longo do Cretáceo e do Terciário; esta cronozona incluiria todos os

estratos formados em qualquer parte durante o intervalo de tempo representado pelas rochas vulcânicas dos Abrolhos quer sejam de origem vulcânica ou não.

Deve-se distinguir claramente a cronozona baseada na amplitude de determinado *taxon*, da biozona baseada na amplitude do *taxon*. O emprego vago para ambos do termo zona sem nenhum qualitativo tem sido fonte de considerável confusão. A figura 9 ilustra a diferença entre os conceitos de biozona e cronozona. A amplitude da biozona de *Exus albus* (zona de amplitude) se limita aos estratos que contêm exemplares de *Exus albus*. A cronozona de *Exus albus* inclui todos os estratos, em todas as partes, equivalentes em idade à representada pela amplitude de vertical total de *Exus albus*, contendo exemplares desta espécie ou não.

O termo cronozona pode ser aplicado formalmente a uma unidade cronoestratigráfica de categoria menor e como unidade informal de categoria não especificada.

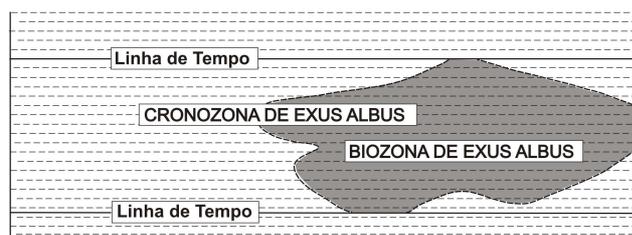


Figura 9 - Relação entre cronozona e biozona de *Exus Albus* (segundo Hedberg 1971b)

- **Horizonte Cronoestratigráfico (Crono-horizonte)** Superfície estratigráfica isócrona podendo possuir ampla extensão. Em teoria não tem espessura, contudo, pode ser aplicado a intervalos muito delgados e característicos que sejam praticamente isócronos em toda a sua extensão geográfica. Os crono-horizontes também são chamados horizontes-guia, camadas-guia, camadas-índice, data, níveis, superfícies-de-tempo etc. Os crono-horizontes podem ser bio-horizontes, camadas de bentonita (produto de alteração de cinzas vulcânicas), de fosforita, horizontes de inversão magnética, camadas de carvão, alguns horizontes-guia nos registros elétricos, refletores sísmicos etc.

Categorias de Unidades Cronoestratigráficas
HIERARQUIA DAS UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS E GEOCRONOLÓGICAS São recomendados os termos cronoestratigráficos formais e seus equivalentes geocronológicos, para expressar

as unidades de diferentes amplitudes ou categorias geocronológicas, constantes da tabela 1.

Tabela 1 - Hierarquia convencional de termos cronoestratigráficos e cronológicos

TERMOS CRONOESTRATIGRÁFICOS	TERMOS GEOCRONOLÓGICOS
Eonotema	Éon
Eratema	Era
Sistema	Período
Série	Época
Andar	Idade
Cronozona	Crono

Normalmente a posição dentro de uma unidade cronoestratigráfica expressa-se melhor por adjetivos, como basal, inferior, médio, superior etc., enquanto a posição dentro de uma unidade geocronológica se expressa por adjetivos como eo ou antigo, meso ou intermediário e neo ou tardio. Contudo, conforme o sentido da frase, podem-se também aplicar adjetivos de tempo a unidades cronoestratigráficas, como, por exemplo, a parte mais jovem do sistema, “os estratos mais antigos do andar” etc.

CRONOZONA E CRONO

Definição Termo formal para designar uma unidade cronoestratigráfica não hierárquica, comumente pequena. Seus limites não coincidem necessariamente com os de outras unidades. O crono é o termo geocronológico correspondente.

• **Duração** A duração (amplitude geocronológica) de uma cronozona é definida em termos de duração de uma unidade estratigráfica previamente designada, tal como uma formação, membro ou biozona. Por exemplo, uma cronozona formal, baseada na duração de uma biozona, inclui todos os estratos de idade equivalente à duração total máxima da referida biozona, estejam ou não presentes os fósseis diagnósticos nos estratos envolvidos. Por exemplo, a Cronozona *Cypridea kegei* define a parte mais antiga do Andar Rio da Serra (base do Eocretáceo brasileiro). Trata-se de uma biozona de amplitude de *taxon* utilizada como cronozona (Viana 1980). A zona de amplitude do palinomorfo *Leptolepidites maior* cobre todo o tempo Rio da Serra (Viana *op. cit.*). Tendo em vista que nas bacias costeiras orientais brasileiras o tempo Rio da Serra se caracterizou por falhamentos e adernamentos de blocos (fase rifte), os limites das unidades litoestratigráficas são superfícies diácromas. No Recôncavo, por exemplo, o Andar Rio

da Serra compreende parte do Grupo Ilhas e das formações Itaparica. Candeias e Salvador (Viana *et al.* 1971). Às vezes quando não obtidos os fósseis-índices de andar, seus limites são tentativamente rastreados por outros métodos, como na Bacia Sergipe-Alagoas, cujos limites foram acompanhados por perfis elétricos a partir dos pacotes contendo os fósseis-índices (Schaller 1969).

Na fase pré-rifte a sedimentação se processava em condições tectonicamente calmas, de modo que os limites das unidades litoestratigráficas se aproximavam de superfícies isócronas. A espécie de ostracode *Bisulcoypris pricei* Pinto & Sanguinetti define a parte mais antiga do Andar Dom João (Jurássico mais jovem). A Cronozona *Bisulcoypris pricei* coincide com a duração de deposição da Formação Aliança do Recôncavo (Viana 1980). Esta cronozona foi reconhecida na Bacia de Jatobá (Pinto & Sanguinetti 1958) e, posteriormente, estendida para as bacias de Tucano, Recôncavo, Sergipe-Alagoas e outras bacias costeiras. Muitas das cronozonas das bacias costeiras orientais do Brasil são, também, reconhecidas na África; por exemplo, na Bacia do Gabão (Viana 1967). Se a unidade em que se baseia a cronozona é do tipo que possui um estratótipo (por exemplo, uma unidade litoestratigráfica), a duração da cronozona se define de duas maneiras: a) corresponde ao intervalo de tempo representado pelo estratótipo da unidade, caso em que a duração da cronozona seria fixada permanentemente; e b) corresponde à duração total da unidade (que pode ser maior que o estratótipo), caso em que a duração conhecida da cronozona varia à medida que aumenta a informação relativa à distribuição da unidade. Schaller (1969), selecionou na Bacia Sergipe-Alagoas o intervalo 1.180-2.330m do poço da Petrobras MD-1-AL (Marechal Deodoro) como holoestratótipo do Andar Jiquiá, do Eocretáceo e o intervalo 1.533-2.445m do poço PIA-1. AL (Piaçabuçu) como paraestratótipo. De acordo com este autor, na seção-tipo tanto o limite inferior, com sedimentos do Andar Buracica, como o superior, com sedimentos do Andar Alagoas, seriam concordantes. Este, portanto, seria exemplo de cronozona com duração fixada permanentemente. Quando existe diferença apreciável entre a duração da unidade estratigráfica em seu estratótipo e a duração total conhecida da unidade, a definição da cronozona deve designar explicitamente uma ou outra duração; por exemplo, Cronozona da Formação Irati tipo ou Cronozona da Formação Irati. Isto é importante porque, enquanto um dos limites de uma

cronozona baseada no estratótipo de uma unidade estratigráfica poderá coincidir com um dos limites de um andar ou subandar a posição dos limites de uma cronozona baseada na duração total de uma unidade poderá variar. Este caso ocorre se houver diacronismo da unidade, sem haver, necessariamente, coincidência com os limites do andar ou subandar ainda que esta tenha sido a intenção.

Se a unidade na qual se baseia uma cronozona não possui estratótipo (como, por exemplo, uma zona-de-amplitude bioestratigráfica), não será possível definir permanentemente sua duração, já que a duração da unidade de referência pode variar com as informações a cerca de amplitude dos *taxa* diagnósticos. As unidades cronoestratigráficas, como, por exemplo, os andares, não podem subdividir-se conveniente-mente em cronozonas deste tipo porque, enquanto a duração de um andar se determina mediante seus estrató- tipos de limite, a duração da cronozona será baseada em uma unidade sem estratótipo, que pode, por isso, variar não só de lugar para lugar, como também no mesmo lugar, ao aumentar as informações sobre as características diagnósticas em que se baseia a definição da unidade. As cronozonas sem estratótipos não são sujeitas a superposições e lacunas como também seus limites nem sempre correspondem aos limites do andar a que poderiam corresponder na proposição original. Por esse motivo, é preferível subdividir os andares em subandares, já que é possível a definição mediante estratótipos, e fazer com que estes subandares cubram de maneira total e precisa a duração do andar a que pertencem, sem lacunas, ou superposições.

Distribuição geográfica - Em teoria, a distribuição geográfica de uma cronozona é universal; sua aplicabilidade, porém, restringe-se à área onde é possível identificar, aproximadamente, sua duração através dos estratos.

Nomes - A cronozona toma seu nome da unidade estratigráfica em que se baseia. Por exemplo, cronozona da zona-de-amplitude do *taxon Bisulcocypris pricei* cronozona Ibura tipo (derivada do estratótipo do Membro Ibura da Formação Muribeca da Bacia Sergipe. Alagoas).

ANDAR E IDADE

• *Definição* O andar é uma unidade cronoestratigráfica de categoria relativamente pequena na hierarquia convencional dos termos cronoestratigráficos formais e representa intervalo de tempo geológico relativamente pequeno. Seu

equivalente geocronológico é a idade que leva o nome do andar correspondente.

Considera-se o andar como unidade básica da cronoestratigrafia regional porque se presta em categoria e alcance às necessidades e objetivos práticos da classificação cronoestratigráfica intra-regional. Além disso, é uma das menores unidades da hierarquia cronoestratigráfica possível de ser reconhecida em todo o mundo.

Os andares podem ser subdivididos em subandares e agrupados em superandares.

• *Limites e estratótipos* Por definição, o estratótipo-de-unidade de um andar deveria ser uma seção individual com afloramentos contínuos, em fácies favorável à cronocorrelação, que se estendesse desde um estratótipo no seu limite inferior até outro estratótipo no seu limite superior. Exemplo: Andar Jiquiá da Bacia Sergipe. Alagoas, mencionado no ítem precedente. Infelizmente tais tipos de seções individuais são raras. Além disso, fora sua duração, não é possível definir as características de um andar como também as das unidades cronoestratigráficas em geral mediante uma seção individual, por mais completa que seja. A melhor maneira de se definir um andar é simplesmente por seus estratótipos-de-limite.

Os estratótipos-de-limite de um andar devem estar situados dentro de sucessões sedimentares contínuas, preferivelmente marinhas e ambos associados com horizontes-guia característicos, tais como limites de biozona que sejam facilmente identificáveis e possam ser seguidos extensamente como horizontes isócronos. Em princípio, os limites dos andares têm de ser isócronos quando se projetam além dos estratótipos-de-limite. Quando se tenciona determinar e estendertais superfícies isócronas, é desejável utilizar o maior número possível de critérios de correlação, podendo ser desejável, por exemplo, recorrer-se não a uma, mas a muitas zonas bioestratigráficas interdigitadas. A ocorrência de mudanças naturais fundamentais (interrupções naturais), evolução histórica da Terra em determinados níveis dentro de sucessões sedimentares contínuas, pode constituir base adequada para o estabelecimento de estratótipos-de-limite dos andares. A seleção dos limites dos andares merece especial cuidado porque estes limites não só definem andares como também unidades cronoestratigráficas de maior categoria, tais como séries e sistemas, dos quais os andares fazem parte.

• *Duração* Os estratótipos-de-limite inferior e superior de um andar representam momentos

determinados dentro do tempo geológico e o intervalo de tempo entre ambos é a duração do andar. Os andares reconhecidos atualmente representam intervalos de tempo variáveis, porém em média, oscilam de 3 a 10 milhões de anos, de acordo com as determinações isotópicas de idade. As espessuras dos andares nas seções-tipo variam entre poucos a vários milhares de metros. Além disso, as espessuras variam localmente de acordo com a velocidade de acumulação das rochas e do grau de conservação. Por exemplo: o holoestratótipo do Andar Jiquiá compreende 150m de sedimentos enquanto que o paraestratótipo, 912m, significando que a velocidade de sedimentação foi maior no local do paraestratótipo.

• *Extensão* Grande número dos andares é reconhecido no mundo inteiro, onde estão conservadas rochas dos respectivos intervalos de duração. O reconhecimento dos andares fora da região onde foram propostos é mais fácil no caso de sedimentos marinhos e onde estão conservados fósseis planctônicos diagnósticos ou palinomorfos dispersos por correntes ou pelo vento. O Andar Emsiano do Eodevoniano das bacias intracratônicas brasileiras só pode ser reconhecido e seus sedimentos correlacionados nas três bacias (Paraná, Parnaíba e Amazonas) por palinomorfos que seriam originados de áreas emersas e dispersos nas três bacias pelo vento. Só a partir do Eifeliano foi possível a correlação das três bacias por meio de quitinozoas. A razão é que as três bacias estariam isoladas no Emsiano e unidas pelo aumento da transgressão marinha no Eifeliano.

No caso do Neojurássico-Eocretáceo, as dificuldades de correlação de sedimentos não-marinhos com os marinhos padrões fazem-se sentir mesmo na Europa, onde os sedimentos não marinhos são agrupados sob o termo *Wealdeniano*. No Brasil, sedimentos deste intervalo de tempo são predominantemente continentais. Tendo em vista as dificuldades de correlação, propôs-se no Brasil a criação dos seguintes andares, de cima para baixo, e suas possíveis correspondências na coluna padrão mundial (Schaller 1969, Viana *et al.* 1971):

Andar Alagoas - Neoeaptiano

Andar Jiquiá - Eoaptiano-Neobarremiano

Andar Buracica - Eobarremiano

Andar Aratu - Hauteriviano-Neovalingiano

Andar Rio da Serra - Eovalingiano-Berriasiano

Andar Dom João - Portlandiano (Neojurássico).

O Andar Dom João compreende duas zonas, de baixo para cima: a) Zona-de-amplitude local de

Bisulcocypris pricei; e b) Zona-de-amplitude local de troncos de coníferas. Nesses sedimentos há boa correspondência entre a coluna litoestratigráfica e a bioestratigráfica, o que não acontece com os andares mais novos.

O Andar Rio da Serra contém três zonas bioestratigráficas diferenciais superiores baseadas em ostracodes e subdivididas em diversas subzonas. O Andar Aratu compreende duas zonas, também subdivididas em subzonas. O mesmo ocorre com o Andar Buracica. O Andar Jiquiá contém uma zona subdividida em três subzonas.

O Andar Alagoas compreende sedimentos não-marinhos e marinhos. As linhas de tempo são delimitadas, de local para local, por intermédio de diferentes zonas bioestratigráficas que envolvem, em certos locais, ostracodes não-marinhos, em outro, amonóides e, em outros, foraminíferos planctônicos, reflexos de variações faciológicas (Schaller 1969).

• *Nomes* A maioria dos andares tem recebido nomes geográficos. Muitos levam o nome das unidades bioestratigráficas em que se basearam.

SUBANDAR E SUPERANDAR O subandar é uma divisão do andar. Este pode ser indiviso ou só parcialmente dividido em subandares. Mais freqüentemente, em lugar de se propor subandares, divide-se o andar em dois ou mais andares novos. O equivalente cronológico do subandar deve ser chamado ainda de idade e não de subidade, termo que não é mais usado. O subandar se define por meio de estratótipos-de-limite. As regras para denominar os subandares são as mesmas dos andares. Vários andares adjacentes podem ser agrupados em superandares.

SÉRIE E ÉPOCA

• *Definição* A série é unidade hierarquicamente superior a andar e inferior a sistema. O equivalente geocronológico da série é a época. A série pode não ser subdividida em andares.

Os termos supersérie e subsérie são utilizados muito raramente. A maioria das séries é reconhecida em todo o mundo, mas algumas têm aplicação mais restrita. Os supracitados andares Dom João, Rio da Serra, Aratu, Buracica, Jiquiá e Alagoas foram juntados, na Bacia do Recôncavo, por Viana *et al.* (1971), na Série do Recôncavo (Portlandiano Aptiano).

• *Limites e estratótipos-de-limite* As séries se definem por meio de estratótipos-de-limite. Se uma série tiver sido completamente subdividida em andares (por exemplo, Série do Recôncavo), seus

limites serão o limite inferior do andar mais antigo e o superior do mais jovem. No caso de a série não ter sido subdividida, ela deve ser definida de maneira independente, com seus próprios estratotipos-de-limite.

- *Duração* A duração das séries aceitas atualmente varia, sendo, em média, de 15 milhões de anos. Se a série foi subdividida integralmente em andares, sua duração será a soma das durações dos andares que a compõem.

- *Nome* O nome de uma série nova deve, preferivelmente, originar-se de um acidente geográfico dos arredores de sua seção ou área-tipo; exemplo: Série do Recôncavo. Os nomes de séries já estabelecidos e que não se derivam de acidentes geográficos não devem, contudo, ser mudados. Em outros casos, o nome da série provém de sua posição dentro do sistema, por exemplo: Série devoniana média, Série siluriana superior.

A época correspondente a uma série toma o seu nome, salvo para os termos inferior, médio e superior, que podem ser substituídos por eo (ou antigo), meso e neo (ou tardio) ao se fazer referência à época. Em ambos os casos, os termos escrevem-se com letra inicial em maiúscula ao referir-se à unidade formal (por exemplo, Devoniano Inferior, Eodevoniano) e em letra minúscula quando o termo é informal.

- *Uso errôneo de série* Até recentemente alguns autores aplicaram o termo série de forma incorreta como unidade litoestratigráfica, aproximadamente equivalente a grupo, como foi o caso das séries Minas, Açungui, São Roque, Brusque etc.

SISTEMA E PERÍODO

- *Definição* Sistema é um termo cronoestratigráfico da categoria superior à série e inferior a eratema. Todos os sistemas geralmente aceitos atualmente possuem duração suficientemente extensa para constituir unidades mundiais de referência cronoestratigráfica. O equivalente geocronológico do sistema é o período.

Em algumas ocasiões, circunstâncias especiais tem sugerido a necessidade de se usarem os termos subsistema e supersistema. White propôs, em 1908, o sistema de Santa Catarina. No tempo de White, o conceito de sistema era diferente do atual. O termo Santa Catarina abrange sedimentos desde o Carbonífero até o Juro-Cretáceo (Formação Serra Geral). Neste sentido poderia ser considerado como supersistema. Gama Jr. *et al.* (1982) propuseram uma escala estratigráfica bipartite para as unidades

paleozóicas da parte central da Bacia do Paraná. As séries propostas por estes autores estão em desacordo com o presente Código de Nomenclatura Estratigráfica, pois a Série Campos Gerais desses autores envolve os sedimentos depositados em mais de uma época (Devoniano Inferior, Médio e Superior) e a Série Rio Tieté envolve sedimentos do Carbonífero e do Permiano.

- *Limites e estratotipos-de-limite* Como no caso dos andares e das séries, os limites de um sistema se definem por meio de estratotipos-de-limite. Se o sistema tiver sido dividido em séries ou andares, seu estratotipo-de-limite inferior é o de sua série ou andar mais antigo e o estratotipo-de-limite superior é o de sua série ou andar mais jovem.

Os seguintes fatores contribuem para imprecisões na delimitação dos sistemas: 1. os limites entre sistemas adjacentes muitas vezes estão mal definidos; 2. ambigüidades causadas por lacunas ou superposições só posteriormente reconhecidas nas zonas limítrofes de muitos sistemas e 3. falta de unanimidade quanto à importância dos parâmetros utilizados na definição dos sistemas e de seus limites.

Um passo fundamental para se precisar a definição de um sistema é o de decidir exatamente que andares e séries devem ser incluídos nele. Os andares e séries que compõem o sistema definem automaticamente os seus limites.

O procedimento para estender geograficamente os limites de um sistema além de sua área-tipo é o mesmo que rege a extensão de outros horizontes cronoestratigráficos.

Algumas unidades estratigráficas em certas partes do mundo distantes da Europa Ocidental têm sido localmente chamadas de sistemas, ainda que não coincidam com os sistemas de referência e sua magnitude seja algo maior, por exemplo, o termo informal sistema de Santa Catarina. Este, no sentido cronoestratigráfico, deveria ser chamado de supersistema, pois abrange intervalo de tempo desde o Carbonífero até o Cretáceo.

ERATEMA E ERA Um eratema (do grego *era* e *thema*, depósito de uma era) consiste em vários sistemas adjacentes. O intervalo de tempo geológico correspondente ao eratema é a era e leva o nome do eratema correspondente. Exemplo: eratema paleozóico, era paleozóica ou simplesmente Paleozóico.

Tradicionalmente, as denominações. Dos eratemas refletem as grandes mudanças ocorridas durante o desenvolvimento da vida sobre a Terra, tais como Paleozóico (vida antiga), Mesozóico (vida

intermediária) e Cenozóico (vida recente). Os tempos pré-cambrianos são divididos pela maioria dos geólogos brasileiros em duas eras: arqueana (a mais antiga) e proterozóica.

EONOTEMA E ÉON Éon é uma unidade geocronológica maior que uma era. O equivalente cronoestratigráfico é o eonotema. Em geral, são reconhecidos dois éons: 1. Fanerozóico (vida visível, aparente), que abrange as eras paleozóica, mesozóica e cenozóica; e 2. Pré-Fanerozóico (pré-Paleozóico) e que foi chamado Éon Criptozóico (vida oculta) ou, simplesmente, Pré-Cambriano. Frequentes referências a um *infracambriano*, unidade posterior ao Pré-Cambriano, mas anterior ao Cambriano, têm complicado mais a situação. A terminologia e a nomenclatura do tempo e das rochas anteriores ao Cambriano ainda não estão resolvidas.

UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS INFORMAIS Muitos termos cronoestratigráficos formais e seus equivalentes geocronológicos também são usados informalmente. Por exemplo, cronozona dos dinossauros, idade dos mamíferos, um período de tempo em que se processou determinada sedimentação. A inicial deve ser sempre maiúscula quando os termos forem formais, enquanto que para os termos informais devem aplicar-se as regras ortográficas dos nomes comuns.

O conceito de cronozona informal tem valor especial para expressar o conjunto total de estratos equivalentes em idade a qualquer unidade ou elemento que possua extensão estratigráfica no tempo; por exemplo, a cronozona dos amonites, de *Globotruncana*, a cronozona do Irati (todas as rochas equivalentes em idade à Formação Irati), a cronozona da inversão magnética de Olduvai. As cronozonas informais também são úteis em um primeiro esquema provisório para estabelecer unidades bioestratigráficas formais em regiões inexploradas, tais como os oceanos. Por exemplo, nos estudos atuais de estratigrafia submarina, por meio de sondagens, os esquemas de cronozonas informais de diversas unidades litoestratigráficas, bioestratigráficas, paleomagnéticas e de outros tipos têm forçado as bases necessárias para se chegar finalmente à proposição de uma subdivisão de tais rochas em cronozonas ou andares formais dignos de confiança.

Escala Cronoestratigráfica (Geocronológica) Universal de Referência

• **Conceito** Como já foi mencionado, um dos objetivos primordiais da classificação cronoestratigráfica é estabelecer uma hierarquia de unidades cronoestratigráficas de extensão universal, que sirva como escala de referência para determinar a idade de todas as rochas em todas as partes e para fixar sua relação com a história geológica do mundo.

Teoricamente, todas as unidades da hierarquia cronoestratigráfica de referência possuem extensão universal relacionada com suas correspondentes durações. No momento, contudo, só as unidades de categoria mais alta se prestam à aplicação universal. A extensão geográfica efetiva das unidades cronoestratigráficas diminui à medida que as unidades descem de categoria tendo em vista as limitações de poder de resolução da cronocorrelação a distâncias cada vez maiores dos estratotipos. Por isso os sistemas geralmente são reconhecidos em todo o mundo; o mesmo também ocorre com as séries; porém, de modo geral, as unidades de categoria inferior só têm aplicação local ou regional, se bem que se espere poderem elas ser reconhecidas em todo o mundo.

• **Situação atual** A tabela 2 mostra uma escala cronoestratigráfica geocronológica universal de uso corrente (se bem que não aceita universalmente). Encontram-se na tabela as idades isotópicas aproximadas e as durações dos períodos em milhões de anos. Tal escala deve ser ampliada de modo a incluir as séries (épocas) e os andares (idades) de referência. A elaboração desta escala enfrenta numerosas incógnitas e sérios problemas. Existe, por exemplo, considerável discussão em torno dos nomes das unidades que devem ser reconhecidas nesta escala, mesmo no caso das categorias mais elevadas, de extensão mundial, com as eras e eratemas, períodos e sistemas. Discutem-se os limites de quase todos os sistemas e a amplitude dos sistemas e séries em termos de andares. Muitos sistemas foram subdivididos em unidades que alguns consideram como séries e outros como andares, e assim sucessivamente.

No Pré-Cambriano, rochas que representam intervalos de tempo muito mais prolongados que os períodos do Fanerozóico, todavia, só podem filiar-se a unidades de extensão unicamente regional ou local.

A respeito da tabela 2, cabem ainda os comentários que seguem.

As eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica se agrupam para formar o Éon Fanerozóico, em contraposição a outro éon, mais antigo, que representa 85% do tempo geológico e que se conhece sob diversos nomes, sendo o termo Pré-Cambriano o mais amplamente utilizado. Recentemente, está-se firmando o conceito de dois éons envolvendo o Pré-Cambriano (Arqueozóico e Proterozóico).

Os sistemas reconhecidos pelo Congresso Geológico Internacional de Paris (1900) foram: Moderno, Terciário, Cretáceo, Jurássico, Triássico, Devoniano e Cambriano. Moderno não conseguiu substituir o Quaternário; posteriormente o Sistema Permiano foi reconhecido universalmente e o Sistema Ordoviciano foi aceito oficialmente pelo Congresso da Escandinávia (1960) para designar a parte mais antiga do Sistema Siluriano originalmente proposto.

Os nomes Quaternário e Terciário são anacronismos porque os nomes Primário e Secundário já não se empregam mais como nomes de sistemas. Alguns autores usam Antropógeno em lugar de Quaternário. O Sistema Quaternário se divide em duas séries: holocênica, mais jovem, e pleistocênica, a mais antiga. A duração das séries do Quaternário é incongruente curta, em comparação com as dos outros sistemas.

Em lugar do Sistema Terciário, muitos autores reconhecem os sistemas Neogeno (que compreende duas séries: miocênica e pliocênica) e Paleogeno (que engloba três séries: paleocênica, eocênica e oligocênica).

Na América do Norte, em lugar de um sistema Carbonífero, reconhecem-se, geralmente, dois sistemas: Mississípiano (o mais antigo) e Pensilvaniano. Às vezes, estas duas unidades são consideradas subsistemas do Sistema Carbonífero.

James Dwight Dana em 1872 (*apud* Hedberg 1976) propôs, pela primeira vez, o nome Arqueozóico para a era inicial da história geológica. É, portanto, muito apropriado em significado e derivação para incluir todos os estratos e intervalos de tempo anteriores ao Paleozóico, tendo em vista que foram encontrados restos de vida primitiva em estratos de 3.100 Ma, e que o caráter dos sedimentos mais antigos, embora afossilíferos permita traçar a origem da vida ao tempo das rochas mais antigas que se conhecem na Terra (cerca de 3.800 Ma). O nome Arqueozóico foi utilizado como era e como éon. Tem caído em desuso como consequência de tentativas intrutíferas de utilizá-lo só para a divisão mais antigas do Pré-Cambriano. Manter sua definição

original, mas elevando sua categoria para éon, poderia ser uma denominação satisfatória. O termo Protozóico de Murchison (1838) (*apud* Hedberg 1976), não é desejável pelo risco de confusão com Proterozóico. Em 1930, G.H. Chadwick (*apud* Hedberg 1976) propôs o nome Criptozóico em contraposição a Fanerozóico. Este autor considerou a expressão Pré-Cambriano um termo "irremediavelmente negativo". Chadwick traduziu *cripto* como *obsuro* e *zóico* como animal. Foi colocada a pergunta: não seria preferível o termo Criptobiótico? Posteriormente, a expressão Éon Criptozóico ganhou grande aceitação. O nome Pré-Cambriano se impôs pelo uso repetido da expressão. Apesar de inadequado, é hoje o nome mais usado para expressar o tempo e as rochas anteriores ao Paleozóico. Tem sido usado como era (eratema) e éon (eonotema). Foram realizadas numerosas tentativas de subdividir o Pré-Cambriano em eras (eratemas), porém poucas dessas propostas foram consagradas. A proposta de maior aceitação foi a de uma divisão superior, Proterozóico, e de uma inferior, Arqueano.

Recomendações para a Definição de Unidades Cronoestratigráficas Nestes últimos anos aumentou o interesse no esclarecimento da amplitude de cada um dos sistemas do Fanerozóico e no estabelecimento de pontos de referências (padrões) para os estratótipos-de-limite entre eles. A Comissão Internacional de Estratigrafia da União Internacional das Ciências Geológicas (UICG) estabeleceu subcomissões para o estudo da maioria destes sistemas. As comissões encarregadas de sistemas adjacentes estabeleceram, ou estão em processo de organização, grupos de trabalho encarregados de estudar e de fazer recomendações para fixar os limites entre os sistemas.

O Informe 2 (1964) da Subcomissão Internacional de Classificação Estratigráfica (SICE), *Definition of Geological Systems*, considerou os princípios, problemas e procedimentos no que tange aos limites dos sistemas. Foi firmemente recomendado que os pontos-limítrofes-tipo sejam estabelecidos em seções de sedimentação contínua, como a melhor maneira de se chegar a definições de referência uniformes para os sistemas e suas principais subdivisões. Estas recomendações foram mais minuciosamente tratadas por Hedberg (1971a, 1971c).

Tabela 2 - Principais un idades de escala cronoestratigráfica (geocronológica) universal dereferência (idades e durações aproximadas das unidades segundo Van Eysinga 1975)

EONOTEMAS E ÉONS	Eratemas e Eras	Sistemas e Períodos	Idade do começo da unidade (Ma)	Duração da unidade (Ma)
FANEROZÓICO	Cenozóico	Quaternário	2	2
		Terciário	66	64
	Mesozóico	Cretáceo	140	74
		Jurássico	195	55
		Triássico	230	35
	Paleozóico	Permiano	280	50
		Carbonífero	345	65
		Devoniano	395	50
		Siluriano	435	40
		Ordoviciano	500	65
Cambriano	570	70		
PROTEROZÓICO			2.600	2.030
ARQUEANO			> 3.800	> 1.200

Um primeiro passo para a aplicação dos procedimentos recomendados no estabelecimento de estratotipos-de-limite para os sistemas mundiais foi o dado em 1972 pelo Grupo de Trabalho da Comissão de Estratigrafia da UICG, encarregado da definição do limite Siluriano-Devoniano. Este grupo concordou em estabelecer um estratotipo-de-limite de referência mundial na seção de Klonk, Tchecoslováquia, em um ponto que coincide com a base aparente da zona-de-amplitude de *Monograptus uniformis*. Espera-se que este exemplo prossiga, em futuro próximo, no estabelecimento de estratotipos-de-limite de referência mundial entre outros sistemas e suas principais subdivisões.

Na seção de Klonk, o topo da zona-de-amplitude total de *Monograptus uniformis* separa o Siluriano do Devoniano. Até onde alcança nosso conhecimento atual, a zona-de-amplitude de *Monograptus uniformis* converte-se, portanto, em um guia geral de utilidade para determinar este limite.

Não obstante, em outras localidades, o topo desta zona pode não coincidir exatamente com esse horizonte de tempo de Klonk e sempre é possível que, mesmo na seção de Klonk, futuras descobertas possam estender a amplitude de *Monograptus uniformis*.

Os pontos principais do procedimento recomendado pela SICE, em informes anteriores, para definir sistemas (ou outras unidades) da escala cronoestratigráfica universal de referência são resumidos aqui.

- Organização de um grupo de trabalho da Comissão Estratigráfica somando-se, também, membros correspondentes que representem especialidades ou regiões de interesse para o problema colocado.
- Estudo e análise dos conceitos e antecedentes históricos dos sistemas adjacentes e das intenções prévias e atuais de definir os limites entre eles.
- Estudo e análise da distribuição geográfica no mundo, dos sistemas adjacentes e identificação de áreas e seções onde os estratos próximos a seu limite mútuo estejam bem expostos e acessíveis.
- Estudo e análise de possíveis horizontes de correlação de grande extensão geográfica e próximos à zona limitrofe entre ambos os sistemas e de seu provável valor na cronocorrelação regional ou mundial: biozonas e bio-horizontes, características litológicas, inversões magnéticas outras características paleomagnéticas, determinações isotópicas de idade, variações eustáticas do nível do mar, discordâncias importantes, orogêneses, variações paleoclimáticas e outras características similares.

- Seleção de determinadas seções para estudo e consideração. As seções escolhidas devem apresentar provável continuidade de sedimentação de um extremo a outro do intervalo limítrofe crítico; integridade de afloramentos; espessura adequada de sedimentos; abundância e variedade de fósseis bem conservados; e fácies favoráveis ao desenvolvimento de horizontes de correlação de grande extensão geográfica, dignos de confiança e com significado geocronológico. São também desejáveis vínculos estreitos com outras fácies; ausência de complicações estruturais, de metamorfismo e de outros tipos de alteração; e inexistência de discordâncias. As seções devem ser apropriadas para determinações isotópicas de idades, historicamente adequadas a acessíveis.
- Estudos de campo, laboratório e bibliografia das seções consideradas como mais favoráveis, na base dos critérios assinalados anteriormente.
- Escolha, por parte do grupo de trabalho, da melhor seção como estratotipo.
- Seleção, no campo, da posição precisa do estratotipo-de-limite na seção eleita, de modo que expresse, da melhor maneira possível, os conceitos apropriados dos dois sistemas adjacentes e que, na prática, possam ser correlacionados em todo o mundo como um horizonte aproximadamente isócrono.
- Aprovação, por parte da Comissão de Estratigrafia da UICG, do estratotipo-de-limite como ponto de referência (padrão) mundial para limites entre os dois sistemas.
- Demarcação do estratotipo-de-limite no campo e estabelecimento dos acordos para sua preservação e acessibilidade para seu estudo por pessoas autorizadas.

Escalas Cronoestratigráficas Regionais As unidades de uma escala cronoestratigráfica universal de referência unicamente são válidas quando se baseiam em uma estratigrafia regional e local minuciosa e bem fundamentada. Portanto, a via para o reconhecimento de unidades uniformes é por meio de escalas estratigráficas regionais ou locais, especialmente quanto à cronozonas, andares e séries. Provavelmente sempre serão necessárias as unidades regionais destas categorias, ainda que não correspondam exatamente às unidades universais de referência. É preferível relacionar, com precisão, determinados estratos a unidades regionais ou locais do que forçar uma correlação através de unidades da escala universal. Por exemplo, o conjunto de sedimentos essencialmente concordantes do topo do Jurássico e do Cretáceo pré-Aptiano da Bacia do

Recôncavo foi denominado por Viana *et al.* (1971) Série Recôncavo e subdividido em andares com base em sucessões locais. Alguns desses andares foram reconhecidos em outras bacias costeiras brasileiras e até na região costeira ocidental da África.

Classificação do Pré-Cambriano O registro estratigráfico do Pré-Cambriano representa cerca de 85% do tempo geológico. Apesar disso, não foi possível dividi-lo sistematicamente em unidades cronoestratigráficas reconhecidas em todo o mundo. É possível que se atinja este objetivo por meio de determinações isotópicas de idade, e por outros meios, tais como o estudo de sucessões litológicas, os estromatólitos e o caráter paleomagnético, e mediante a relação com episódios vulcânicos ou plutônicos, com os ciclos orogenéticos, com variações climáticas importantes, com eventos geoquímicos e com as principais discordâncias. Para dividir o Pré-Cambriano em unidades cronoestratigráficas importantes, deve-se aplicar os mesmos princípios básicos que se empregam no caso das rochas do Fanerozóico, mesmo quando deva ser diferente a importância atribuída aos diversos meios utilizados para se chegar à cronocorrelação.

Como no caso do Fanerozóico, a definição de unidades cronoestratigráficas do Pré-Cambriano deve levar em conta intervalos estratigráficos compreendidos entre pontos designados em uma sucessão de estratos (estratótipos-de-limite), lançando mão de todos os meios de cronocorrelação. Ainda que no Pré-Cambriano a base principal seja a determinação isotópica, a referência fixa para tal definição deve permanecer nas rochas, utilizando-se de todas as evidências que elas fornecem.

No Pré-Cambriano, como no Fanerozóico, o procedimento lógico consiste em estabelecer, em primeiro lugar, a cronoestratigrafia local em áreas apropriadas, utilizando-se de todos os recursos possíveis de cronocorrelação local e, depois, avançar do campo local ao regional, ao continental e ao mundial, à medida que os meios e as informações o permitam. As cronozonas locais, de qualquer categoria, definidas mediante estratótipos-de-limite proporcionarão unidades úteis para decifrar a história local do Pré-Cambriano, seja qual for o esquema mundial. Além disso, estas cronozonas locais constituirão o melhor dos fundamentos possíveis para as unidades regionais, continentais e mundiais, à medida que seja possível estabelecê-las com certeza razoável.

Como complementação útil de classificação do Pré-Cambriano, pode-se estabelecer um esquema de unidades geocronométricas baseadas em determinações isotópicas de idade. Estas unidades, contudo, podem variar devido à correlação e mudanças nas determinações isotópicas e, portanto, não é lícito considerá-las com base tão estável quanto às unidades cronoestratigráficas definidas mediante estratótipos-de-limite.

Unidades Cronoestratigráficas do Quaternário Os princípios básicos de divisão do Quaternário em unidades cronoestratigráficas devem ser os mesmos dos utilizados para outros estratos do Fanerozóico, ainda que varie a importância atribuída aos diversos meios (climatológicos, magnéticos, isotópicos etc.). Na parte superior do Quaternário tem sido particularmente valiosa a determinação de idades por meio de Carbono 14.

Ainda que, amiúde, seja difícil ou impossível estabelecer seções-tipo contínuas ou estratótipos-de-unidade locais completos para as unidades do Holoceno e do Pleistoceno, o melhor meio de defini-las seria sua caracterização como intervalos entre determinados estratótipos-de-limite adequadamente designados.

Procedimento para estabelecer Unidades Cronoestratigráficas

ESTRATÓTIPOS COMO PADRÕES DE REFERÊNCIA Toda unidade cronoestratigráfica, qualquer que seja sua posição hierárquica, deve possuir uma definição de referência clara, constante e precisa, que tenha sempre o mesmo significado para todas as seções e em todos os sítios. A parte essencial de tal definição é a duração representada pela unidade descrita. Como o único registro do transcorrer do tempo geológico e dos eventos da história geológica se encontra nos estratos, a melhor referência para definir uma unidade cronoestratigráfica é o intervalo estratigráfico concretamente designado como estratótipo-de-unidade, situado entre dois crono-horizontes designados. Assim, o estratótipo do Andar Jiquiá foi definido com base em zonas diferenciais superiores, que marcam os limites inferior (com o Andar Buracica) e superior (com o Andar Alagoas) (Schailer 1969).

ESTRATÓTIPOS-DE-UNIDADE Idealmente, o estratótipo-de-unidade de uma unidade cronoestratigráfica deve ser uma seção designada, razoavelmente contínua através de toda a unidade em sua área-tipo, na qual se encontram particularmente

bem expostos seus limites superior e inferior (estratótipos-de-limite) e que defina desta maneira a característica essencial da unidade, sua duração. O estratótipo-de-unidade ideal de uma unidade cronoestratigráfica seria o total de todas as seções possíveis através da unidade com referências aos caracteres físicos internos (litologia, conteúdo fóssilífero etc.) e que representassem todas as fácies presentes. Esses caracteres físicos internos de uma unidade cronoestratigráfica, se bem que não sejam diagnósticos da referida unidade, são sumamente importantes porque facilitam sua correlação, sua extensão e identificação em outras áreas. Não obstante, esses caracteres não representam papel algum na definição da amplitude geocronológica essencial da unidade, a qual depende exclusivamente da posição dos estratótipos-de-limite. Por exemplo, para definir o Andar Alagoas, Schaller (1969) teve de lançar mão de seções compostas. O limite superior foi selecionado no poço da Petrobrás CPB-1-R, SE (Carmópolis B, Sergipe) à profundidade de 324 m e o limite inferior, no poço MD-1-AL (Marechal Deodoro, Alagoas) à profundidade de 1.180 m. Estes limites foram traçados nos poços em uma sucessão contínua, abaixo com sedimentos do Andar Jiquiá e acima com sedimentos do Andar Albiano. Para efeito de amarração detalhada entre os limites inferior e superior, houve necessidade de complementação, escolhendo-se estratótipos intermediários nos poços CD-13-SE (Carmópolis, Sergipe), intervalo 400-700m, e TM-1-AL (Tabuleiro dos Martins, Alagoas), intervalo 180-2.450m. A amarração foi tentativamente baseada em rastreamento litológico, apoiado nos evaporitos Ibura e nos conglomerados do Membro Carmópolis (Formação Muribeca), bem como nos folhelhos da Formação Ponta Verde. A necessidade de escolha de estratótipos compostos (sem que fosse possível escolher holoestratótipo e paraestratótipo) é que o andar está desigualmente distribuído, sendo que no Estado de Alagoas ocorre a parte inferior da unidade e no Estado de Sergipe, a parte superior. Nas seções que se utilizam como estratótipos-de-unidade é desejável que haja o menor número possível de lacunas (intervalos encobertos, diastemas, acunhamentos ou truncamentos estruturais etc.). Ainda quando estas interrupções internas não afetam a definição da duração da unidade, podem tornar mais difícil sua aplicação em outras áreas. A designação de seções-de-referência (hipoestratótipos) em um número de áreas geográficas diferentes amplia o conceito da unidade e ajuda a estendê-la para além da área-tipo.

ESTRATÓTIPOS-DE-LIMITE Os estratótipos-de-limite superior e inferior de uma unidade cronoestratigráfica são os que melhor definem sua duração, que é seu caráter diagnóstico. Não é imprescindível que ambos os estratótipos-de-limite formem parte de uma mesma seção designada como estratótipo-de-unidade nem que estejam na mesma localidade.

Não obstante, é necessária a seleção de ambos em sucessões de sedimentação inicialmente contínuas, ainda que caiam dentro de camadas individuais, já que os pontos de referência para esses limites representam crono-horizontes tão precisos quanto possível. O limite menos desejável é uma discordância não só porque não representa um ponto concreto no tempo como também porque tende a variar de idade lateralmente.

Em áreas onde existem estratos que cobrem uma discordância angular regional de importância (por exemplo, sedimentos mesozóicos transgressivos sobre uma superfície erosiva do Pré-Cambriano), tem sido geralmente seguida a prática de fazer coincidir o estratótipo-de-limite inferior da unidade sobrejacente com o ponto de interseção entre a discordância e a base das camadas mais antigas que se conhecem sobrejacentes à discordância. Desta maneira, a superfície da discordância se converte em um limite físico conveniente da unidade na área, no que se refere à sua base. Se em outra localidade se encontrassem estratos adicionais por baixo desse horizonte, porém ainda por cima da discordância, eles deveriam ser incluídos em uma unidade cronoestratigráfica diferente, mais antiga.

Os estratótipos-de-limite das unidades cronoestratigráficas devem corresponder a camadas-guia ou a níveis próximos das mesmas para permitir uma cronocorrelação a grandes distâncias. Geralmente são escolhidos de modo a coincidir com o limite de alguma unidade bioestratigráfica ou litoestratigráfica. Entre os estratótipos-de-limite de unidades cronoestratigráficas podem ser assinalados: os horizontes bioestratigráficos de sucessões marinhas com abundantes fósseis planctônicos; os horizontes cuja idade possa ser determinada, com precisão, mediante datações radiométricas; e os níveis de inversão magnética.

VANTAGENS DA DEFINIÇÃO DE UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS MEDIANTE ESTRATÓTIPOS-DE-LIMITE COMUNS A situação ideal é que as unidades cronoestratigráficas sejam definidas por meio de estratótipos convenientemente

estabelecidos, de tal maneira que as unidades de cada categoria hierárquica ocupem integralmente e sem superposições a unidade correspondente de categoria imediatamente superior. Desta maneira, cada categoria consistiria em um só conjunto de unidades que, no total, incluiria todos os estratos que ocupam todo o intervalo de tempo correspondente à unidade de categoria imediatamente superior. Isto seria fácil de conseguir se a sucessão integral de estratos que representa a totalidade do tempo geológico estivesse completamente exposta em uma só seção ou se os métodos de cronocorrelação fossem sempre tão efetivos que o horizonte que marca o topo de uma unidade em sua localidade-tipo pudesse ser identificado, com certeza, como a base da unidade sucessiva cuja localidade-tipo poderia estar em outro sítio. Como na prática não existe nenhuma dessas condições, surgem sérios problemas.

Por exemplo, um andar pode ter sua localidade-tipo em uma área e os andares imediatamente sobre e subjacentes ter suas localidades-tipo em outras áreas (parte esquerda da figura 10). Neste caso, coloca-se o problema sobre o grau de segurança com que o limite superior do estratótipo-de-unidade de um andar corresponda exatamente com o limite inferior do estratótipo-de-unidade do andar imediatamente superior. A cronocorrelação do limite entre dois andares sucessivos, da área-tipo de um à do outro, não é tão precisa que possa ser descartado o perigo de lacunas ou superposições. Por estas razões, é preferível eleger um só estratótipo-de-limite comum, que seria, ao mesmo tempo, topo de um andar e base de outro mais jovem (parte direita da figura 10).

Este procedimento garante que ambos os limites-tipo sejam idênticos, eliminando a necessidade de se tentarem correlações difíceis entre áreas distantes, permitindo, ao mesmo tempo, que os afloramentos-tipo de ambas as sucessões adjacentes sejam os de suas respectivas áreas-tipo. Também autoriza utilizar estratótipos-de-unidade completos para aquelas unidades cujos estratótipos-de-limite se encontram em sucessão na mesma área-tipo. Schaller (1969) e Viana *et al.* (1971) tiveram esse cuidado quando relacionaram os estratótipos dos andares Dom João, Rio da Serra, Aratu, Buracica, Jiquiá e Alagoas. Schaller utilizou-se da técnica de seleção de estratótipos-de-limite como base de correlações das seções-tipo dos Estados de Alagoas e Sergipe.

Os estratótipos-de-limite entre andares poderiam ser selecionados de tal forma que alguns poderiam servir também como estratótipos-de-limite entre unidades maiores (séries, sistemas etc.). Deste modo, o procedimento presta-se facilmente a um esquema hierárquico completo de divisões cronoestratigráficas sem lacunas nem superposições.

Meios de estender as Unidades Cronoestratigráficas (Correlação no Tempo) Só depois de se terem estabelecido os limites-tipo (estratótipos-de-limite) de uma unidade cronoestratigráfica, estes limites podem ser estendidos geograficamente além da seção-tipo. Por definição, os limites de uma unidade cronoestratigráfica são superfícies isócronas (crono-horizonte), de tal maneira que a unidade inclui, em todas as partes, rochas da mesma idade. Na prática, os limites são isócronos até onde for comprovável com o poder de resolução dos métodos de cronocorrelação atuais. Como regra geral, a precisão com que é possível se aproximar de um isocronismo ideal decresce à medida que se afasta dos locais em que os limites cronoestratigráficos estão bem estabelecidos. Conseqüentemente deve-se utilizar, em cronocorrelação, todas as fontes possíveis de informação: a distribuição de fósseis de muitos tipos; a continuidade e sucessão das camadas; a litologia; as determinações isotópicas de idade; os horizontes-guia de registros elétricos; as discordâncias; as transgressões e regressões; a atividade vulcânica; os episódios tectônicos; a paleoclimatologia; o caráter paleomagnético, refletores sísmicos etc. Não obstante, os limites isócronos das unidades cronoestratigráficas são independentes de todos os outros tipos de limites estratigráficos, para determinar a posição estratigráfica, salvo no caso de guias locais. Na Bacia

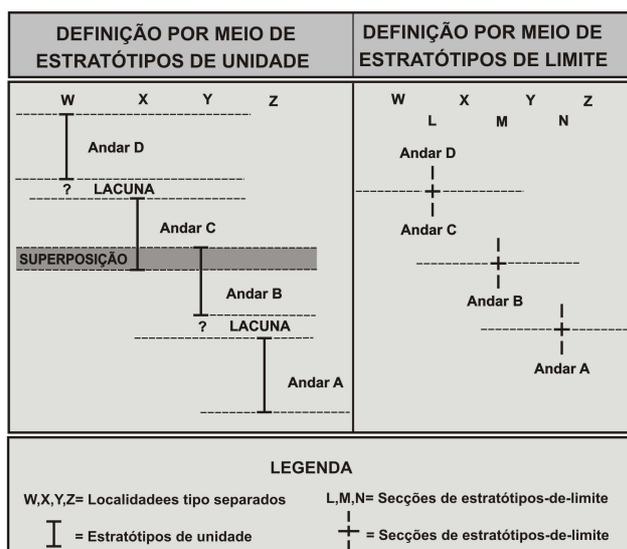


Figura 10 - Vantagem da definição de andares mediante estratótipo-de-limite (segundo Hedberg 1971b)

Sergipe-Alagoas, através de evidências bioestratigráficas e amarrações litológicas, verificou-se que a base dos carbonatos da Formação Morro do Chaves corresponde aproximadamente a uma isócrona separando os andares Buracica e Jiquiá (Schaller 1969). Linhas de tempo baseadas em perfis sísmicos (devidamente amarrados pelos fósseis) foram estabelecidas nas bacias costeiras do Brasil (Fischer *et al.* 1973, 1974).

RELAÇÕES FÍSICAS MÚTUAS DOS ESTRATOS O início mais simples e óbvio da idade relativa ou posição cronoestratigráfica dos estratos encontra-se em suas relações físicas mútuas. A clássica lei da superposição dos estratos estabelece que, em uma sucessão não perturbada de estratos sedimentares, os estratos superiores são mais jovens que aqueles sobre os quais repousam.

A ordem de superposição dos estratos proporciona as indicações mais inequívocas das relações de idades relativas. Torna-se necessário recordar que todos os demais métodos de determinação de idade, tanto relativa como absoluta, de início basearam-se direta ou indiretamente na sucessão física observada dos estratos, para verificar e controlar sua validade. Em uma distância suficientemente limitada, o melhor índice de isocronismo é freqüentemente, a continuidade de um plano de estratificação.

Surtem dificuldades, contudo, quando os estratos estão muito deformados ou cavalgados; quando uma rocha ígnea mais jovem penetrou dentro de uma sucessão de estratos mais antigos; quando uma rocha sedimentar relativamente plástica, como argilito, sal ou gesso, se injeta diapiricamente através de estratos mais jovens ou flui por cima deles; e, quicá o mais importante, quando se interrompe a continuidade dos afloramentos por causa de variações laterais, superposições, perposições, discordâncias, falhas, intrusões etc. Ainda nessas situações difíceis, a correlação baseada no caráter físico e a sucessão estratigráfica constituem quase sempre uma ajuda na determinação da idade relativa.

LITOLOGIA Inicialmente, muitos dos sistemas e suas subdivisões eram primariamente divisões litoestratigráficas, cujos atributos litológicos distintivos se supunham caracterizar em todos os lugares rochas geradas em determinados intervalos de tempo geológico. No entanto, logo se reconheceu que, por via de regra, o caráter litológico depende mais do ambiente sedimentar do que da idade; que os limites de todas as unidade litoestratigráficas podem

cruzar as superfícies isócronas e que os caracteres litológicos podem, ocasionalmente, repetir-se na sucessão estratigráfica. Ainda assim, uma unidade litoestratigráfica, por exemplo, uma formação, pode ter algum significado cronoestratigráfico e ser útil como guia aproximado para determinar a posição cronoestratigráfica. Camadas individuais de calcário ou de fosfato, bentonitas, camadas de cinzas vulcânicas ou diatomitos, por exemplo, podem constituir-se em excelentes guias de cronocorrelação aproximada ao longo de áreas de grande extensão. Os atributos litológicos gerais característicos e extensamente distribuídos também têm importância para determinar a posição cronoestratigráfica. A coincidência da Formação Irati com mesossaurídeos conduziu à idéia de um sincronismo da formação em toda a Bacia do Paraná. Gama Jr. *et al.* (1982) tomaram o topo do Irati como superfície isócrona. Embora possível por grande extensão da bacia, esta situação não subsiste nas suas bordas. No Paraguai, ocorrem mesossaurídeos em arenito (Harrington 1956) e na borda norte da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo, em litologia da Formação Corumbataí (Suguo & Souza 1985).

PALEONTOLOGIA Por seu caráter extremamente distintivo, os fósseis são um dos melhores e mais utilizados meios para estender e correlacionar às camadas e, desta forma, determinar sua idade relativa. Além disso, a variação progressiva e relativamente ordenada dos fósseis no transcórre do tempo, como resultado da evolução biológica, proporciona uma chave independente e muito efetiva da idade e posição relativa dos estratos em todo o mundo. Na realidade, os fósseis têm-se constituído no melhor meio de determinação de idades relativas em todo o mundo e têm permitido estabelecer cronocorrelações aproximadas a grandes distâncias, na parte mais jovem da coluna geológica da Terra, por causa do desenvolvimento da evolução orgânica e da sua característica de irreversibilidade em relação ao tempo geológico.

O estabelecimento de uma escala cronoestratigráfica mundial para os estratos do Fanerozóico só foi possível graças a existência dos fósseis.

Ainda que correlação bioestratigráfica não equivalha, necessariamente, à cronocorrelação, aquela tem sido e continua sendo um dos métodos mais úteis para se chegar a esta, sempre que se use discernimento e bom senso. Constantemente estão se aperfeiçoando os métodos bioestratigráficos que se

tornam cada vez mais efetivos. Dois intervalos fossilíferos de localidades muito distantes entre si podem apresentar grandes diferenças de conteúdo fossilífero geral graças à mudança de fácies. No entanto, uma análise paleontológica mais pormenorizada é capaz de demonstrar que são correlacionáveis. Pode-se também provar, ao contrário, que duas associações fósseis superficialmente similares são, na realidade, de idades muito diferentes.

Apesar de não existir uma biozona cujo limite inferior ou superior seja da mesma idade em todas as partes, o uso de várias biozonas entrelaçadas, que se interdigitam e se substituem lateralmente, pode proporcionar, amiúde, uma indicação da posição isócrona aproximada com grau razoável de certeza. Tal sistema de biozonas entrelaçadas pode ser particularmente útil na determinação da gradação lateral de grande escala entre ambientes deposicionais. Serve de exemplo o emprego, na correlação de depósitos continentais e marinhos, da mudança progressiva composicional, no sentido do continente para o oceano, de animais e plantas terrestres, pólenes, organismos bentônicos marinhos e organismos planctônicos e nectônicos marinhos. Outro exemplo é o uso de zonas sobrepostas de animais e plantas na correlação de ambientes que gradam de tropicais e polares.

Outra chave paleontológica efetiva na cronocorrelação de longo alcance é a reconstituição de seqüências evolutivas de formas fósseis e o uso de zonas de linhagem entrelaçadas; para este propósito foram desenvolvidas numerosas técnicas estatísticas.

Certos grupos de organismos estão razoavelmente conhecidos no que diz respeito aos seus estágios evolutivos. Pode-se, neste caso, avaliar a idade geológica de associações fossilíferas quando estes grupos estão representados, mesmo em afloramento isolados, independentemente da existência de espessuras contínuas de sedimentos fossilíferos que permitam o estabelecimento de zoneamento bioestratigráfico. O termo Unidade Geobiótica foi formalizado por Simpson (1971, *apud* Barberena *et al.* 1985) para este tipo de ocorrência fossilífera. Utilizando-se deste termo, Barberena *et al.* (*op. cit.*) conseguiram datar associações fossilíferas de anfíbios e répteis nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul. As cronocorrelações não foram feitas com base em espécies-índices, visto que muitas das espécies dessas faunas locais são conhecidas exclusivamente nos locais onde elas foram coletadas naqueles estados. A ocorrência paranaense situa-se

na Serra do Cadeado, em sedimentos da Formação Rio do Rastro. A idade inferida foi eotatariana, ou seja, do tempo mais antigo do andar mais jovem do Neopermiano.

No Rio Grande do Sul ocorrem diversas faunas locais cujas idades vão do topo do Permiano (Neotatariano) ao Neotriássico Médio. Verificou-se que neste Estado ocorre passagem gradativa entre o Permiano e o Triássico, com faunas locais neotatariana e eocitiana (parte basal do Eotriássico). Outros andares do Triássico representados neste Estado são: a) faunas locais de Pinheiros e Chiniquá (Eo e Mesoladiniano, ou seja, parte basal e média do Mesotriássico médio); b) fauna local de Alemoa (Neoladiniano e Eocarniano, ou seja, topo do Mesotriássico à base do Neotriássico antigo); e c) fauna local de Botucaraí (Neocarniano a Eonoriano, ou seja, topo do Neotriássico antigo e base do Neotriássico médio). Esta última fauna situa-se na Formação Caturrita, que, no Rio Grande do Sul, passa, concordantemente, para a Formação Botucatu.

Os problemas a serem enfrentados na cronocorrelação paleontológica só são devidamente apreciados quando se toma consciência da grande diversidade ecológica que hoje existe na Terra, com sua grande variação local lateral de formas viventes. Se a isto se somarem as complexidades introduzidas pelas flutuações paleoambientais, a deriva continental, as mudanças diagenéticas dos estratos, o metamorfismo, as contingências que se atravessam no caminho da preservação dos fósseis, o tempo requerido para a migração, o acaso na coleta e outros fatores (Fig. 11), pode-se perceber que, embora de grande valor, a cronocorrelação paleontológica de longo alcance também sofre limitações. Além disso, as rochas do Pré-Cambriano, que constituem grande parte da crosta terrestre e correspondem a cerca de 85% do tempo geológico, em geral carecem de fósseis utilizáveis. Mesmo no Fanerozóico nem todos os estratos contêm fósseis e estes, mesmo quando presentes, só indicam idades relativas, nunca idades absolutas.

DETERMINAÇÕES ISOTÓPICAS DE IDADE Os métodos de determinação isotópica de idade proporcionam outra valiosa chave em cronoestratigrafia. Baseiam-se na desintegração radioativa de certos isótopos, a uma velocidade que, sendo conhecida com razoável precisão, presta-se à medição do tempo geológico. Os métodos de uso mais freqüente (U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr, K-Ar)

proporcionam dados muito precisos, com erros analíticos da ordem de 1% a 3% em condições ideais.

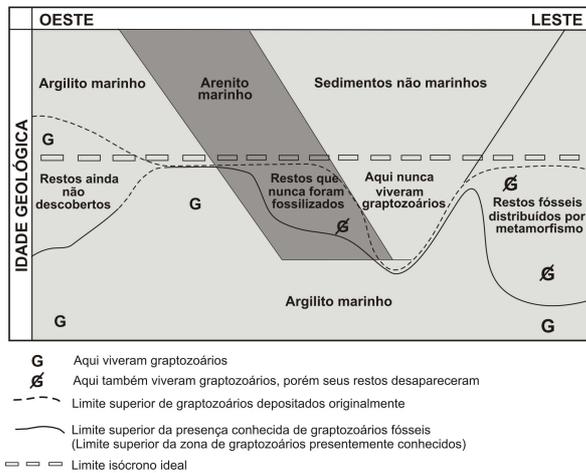


Figura 11 - Relação entre limite superior de ocorrência de um taxon de graptozoários e um horizonte isócrono (segundo Hedberg 1971b)

Em condições favoráveis, a determinação isotópica da idade não só permite o estabelecimento das idades relativas dos estratos como também é o único método capaz de proporcionar idades expressas em anos ou milhões de anos. Este método tem possibilitado a obtenção de informações sobre duração do tempo geológico, indicando que a idade das rochas mais antigas que se conhecem na crosta terrestre atinge cerca de 3.800 milhões de anos. A determinação isotópica de idade oferece, além disso, boa perspectiva de estabelecer, até certo ponto, as idades e as relações cronológicas da grande massa de estratos do Pré-Cambriano, nos quais os fósseis são menos efetivos e as complicações estruturais e o metamorfismo freqüentemente dificultam a observação direta da sucessão original dos estratos. Também nas rochas do Fanerozóico, as determinações isotópicas de idade proporcionam dados úteis de idades e duração em anos, ao mesmo tempo em que permitem comprovação das idades relativas determinadas por outros métodos. Em algumas circunstâncias, as determinações isotópicas de idade de corpos de rochas ígneas, extrusiva ou intrusivas podem proporcionar a melhor e, talvez, a única base para determinação de idades e para o estabelecimento da classificação cronoestratigráfica de certas sucessões sedimentares associadas a corpos ígneos.

O emprego de diferentes constantes de desintegração pode originar discrepâncias nos resultados das determinações de idade. Isto ocorre especialmente no caso do método Rb-Sr, no qual a

diferença entre os valores usados comumente é de aproximadamente 6%. Para estabelecer comparações geocronológicas, é importante, portanto, o emprego de conjuntos uniformes de constantes de desintegração na determinação de idades e mencioná-las claramente nas publicações.

Os métodos isotópicos se aplicam tanto a amostras de uma rocha como a minerais separados da mesma, muito embora os resultados possam apresentar discrepâncias que necessitarão interpretação.

Os erros nas medições físicas são pequenos e controláveis, porém o significado geocronológico dos dados isotópicos depende de uma variedade de dados geológicos e, em geral, o uso desses métodos em cronoestratigrafia requer interpretações geológicas. Os diversos sistemas de isótopos em diferentes amostras de rochas e minerais podem refletir determinadas respostas a variações de pressão, temperatura ou outras condições a que estiveram submetidos. É possível, portanto, que se deva decidir se a idade é a de um intervalo de tempo de metamorfismo ou outra alteração posterior, e não a verdadeira idade de formação dos estratos. De maneira parecida, os minerais detríticos procedentes de rochas mais antigas podem conduzir a conclusões errôneas com respeito à idade original de um estrato. Finalmente, uma limitação importante no emprego desse método é que nem todos os tipos de rochas se prestam à análise isotópica para determinar as idades. De modo a permitir análise mais acurada de dados geocronológicos, eles deverão estar sempre acompanhados das estimativas de erro analítico.

A utilização de métodos isotópicos tem permitido a abordagem de diversos problemas estratigráficos em regiões de rochas sedimentares. As determinações K-Ar ou Rb-Sr em glauconitas podem permitir o estabelecimento de idades bastante razoáveis. Amaral (1967) apresenta resultados K-Ar para glauconitas das bacias da Foz do Amazonas e Sergipe-Alagoas em boa concordância com as informações paleontológicas. A utilização de isócronas Rb-Sr para a datação de sedimentos, desde que satisfeitas algumas premissas, também pode fornecer bons resultados (Amaral & Kawashita 1967). A datação de rochas vulcânicas intercaladas com sedimentos é outro método de grande importância na cronoestratigrafia. Como exemplo, temos a datação da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná.

Para eventos mais recentes, do Quaternário, são utilizados os métodos do ⁴C, termoluminescência e

ressonância de *spin* eletrônico. Estes métodos permitem datar uma variedade de materiais, entre os quais temos madeira, carvão, ossos, cerâmica, calcário, quartzo, etc. Entretanto, seu limite máximo raramente ultrapassa a casa dos 100.000 anos.

INVERSÕES GEOMAGNÉTICAS O fenômeno da inversão periódica do campo magnético da Terra tem importante aplicação em cronoestratigrafia, particularmente em estratos do Cenozóico e do Mesozóico Superior, para os quais se está desenvolvendo atualmente uma escala magnética de tempo. Este método tem sido especialmente útil no Terciário Superior e no Quaternário nos quais se conseguiu uma classificação cronoestratigráfica mais precisa que a oferecida pelo poder resolutivo da evolução biológica. Além disso, está desempenhando importante papel na determinação da cronoestratigrafia das regiões oceânicas.

MUDANÇAS PALEOCLIMÁTICAS As mudanças paleoclimáticas deixam vestígios no registro geológico sob a forma de depósitos glaciais, evaporitos, camadas vermelhas, depósitos de carvão, mudanças paleontológicas e de outros tipos. Como parece que muitas mudanças climáticas têm sido regionais ou mundiais, seus efeitos sobre as rochas proporcionam informações de grande valor na cronocorrelação. Contudo, o alcance desses efeitos complica-se pelas variações normais do clima devidos à latitude, elevação, vinculação oceânica, movimentos de placas e outros fatores.

As flutuações das glaciações quaternárias nas regiões de altas latitudes seriam correlacionáveis a flutuações de climas secos e chuvosos nas de baixas latitudes, havendo variações nessa correspondência em regiões subtropicais e tropicais. Para o caso do Brasil oriental, as glaciações quaternárias corresponderiam a climas semi-áridos enquanto os intervalos interglaciais corresponderiam a climas chuvosos (Bigarella *et al.* 1961, Bigarella & Andrade 1965).

PALEOGEOGRAFIA E MUDANÇAS EUSTÁTICAS DO NÍVEL DO MAR A alternância de transgressões e regressões marinhas e as conseqüentes discordâncias resultantes têm, tradicionalmente, fornecido as bases para a divisão regional e local das sucessões estratigráficas. Tanto os movimentos epirogenéticos das massas terrestres como a elevação e abaixamento eustáticos do nível do mar parecem ter-se caracterizado universalmente por comportamento positivo ou negativo dos continentes em relação ao nível do mar, marcando certos intervalos

de tempo. Se o nível do mar subir ou descer periodicamente no transcorrer do tempo geológico, as evidências desse eustatismo apareceriam nas rochas, evidências estas que constituiriam excelente base para estabelecer um referencial cronoestratigráfico natural de alcance mundial. Os movimentos verticais localizados da crosta terrestre podem, contudo, ter sido grandes e geograficamente tão variáveis que o registro das mudanças eustáticas do nível do mar nas rochas nem sempre é fácil de interpretar localmente.

TECTÔNICA Um conceito clássico de geologia histórica é que eventos tectônicos globais periódicos ocasionariam linhas divisórias *naturais* de alcance mundial, as quais seriam identificáveis nos estratos graças a seus efeitos sobre a sedimentação, erosão, magmatismo e deformação das rochas. Efetivamente, isto tem sido comprovado em certas regiões. Tem sido possível, igualmente, o reconhecimento, até certo ponto, de tempos de perturbação geral da crosta terrestre em todo o mundo. Isto se reflete no uso de termos com Orogênese Caledoniana, Herciniana, Nevadiana, Laramide, Alpina etc. Dados provenientes da determinação das idades oferecem, também, considerável apoio para sustentar a existência de intervalos de tempo extensos e cíclicos de magmatismo e metamorfismo da crosta terrestre. Tem-se, tentado, no Pré-Cambriano, uma classificação cronoestratigráfica baseada em eventos tectônicos mundiais. Contudo, a grande duração de muitos eventos, seu caráter local, seu freqüente caráter migratório de região para região, falta de coincidência com os limites das séries ou dos sistemas clássicos e a dificuldade de identificá-las com precisão fazem com que os critérios tectônicos apresentem problemas para o estabelecimento de unidades cronoestratigráficas mundiais.

Para o caso do Pré-Cambriano, os critérios tectônicos têm sido usados por falta de outros melhores.

No Brasil, o Paleozóico Inferior foi caracterizado por soerguimento, ao contrário do que aconteceu em muitas regiões do mundo, até na América do Sul, que se caracterizou por subsidência e acúmulo generalizado de sedimentos. Existem sugestões que eventos ligados à evolução dos Andes tenham tido reflexos nos eventos associados ao desenvolvimento da Plataforma Sul-Americana (Amaral 1975).

DISCORDÂNCIAS Inicialmente, muitos dos sistemas geológicos foram definidos como conjuntos de rochas encontradas entre determinadas discordâncias

importantes, pois pareciam marcar interrupções naturais da litologia, paleontologia e outras características das rochas. Contudo, a superfície de uma discordância varia de idade de um local a outro e nunca pode ter extensão universal. Além disso, freqüentemente, uma discordância é o produto de movimentos epigenéticos muito lentos que se desenvolvem durante grandes intervalos do tempo geológico. As discordâncias, portanto, apesar de serem freqüentemente guias úteis para situar aproximadamente os limites cronoestratigráficos, por si só não podem cumprir os requisitos de limites isócronos. Ainda que as superfícies de discordância não sejam isócronas e continuamente cruzem horizontes de tempo, evidentemente as principais discordâncias têm significado geocronológico muito importante, se bem que pouco preciso. De igual modo, as unidades limitadas por discordâncias, os *sintemas*, constituem um tipo de unidade estratigráfica que, *sem ser cronoestratigráfica*, tem considerável significado em cronoestratigrafia (veja adiante). O termo *seqüência*, de acordo com proposição de Sloss (1963), seria uma grande unidade litoestratigráfica, de natureza informal de maior categoria que grupo ou supergrupo, reconhecível através de áreas de extensão continental, limitadas por discordâncias de âmbito regional. Outros autores propuseram o termo com outros sentidos (ver *American Geologic Institute*, 1980, p. 571).

Soares *et al.* (1974) reconheceram as seguintes seqüências (no sentido de Sloss) no Fanerozóico do Brasil, que apresentam boa correlação nas três principais bacias intra-cratônicas brasileiras (Amazonas, Parnaíba e Paraná), designando-as por letras do alfabeto grego:

Alfa (Cambro-Ordoviciano), ainda pouco conhecida; a Seqüência Alfa deve ser redefinida, pois corresponde a rochas proterozóicas; Beta (Ordoviciano Superior-Siluriano); Gama (Devoniano-Carbonífero Inferior); Delta (Carbonífero Superior-Permiano); Delta-A (Triássico-Jurássico); Epsilon (Cretáceo); e Zeta (Cenozóico).

OUTROS CRITÉRIOS Há muitas outras fontes de informações que em determinadas circunstâncias podem servir de critérios de cronocorrelação e de índices de posição cronoestratigráfica. Por exemplo, certos esqueletos de invertebrados exibem anéis diários e anuais de crescimento, Contando-se o número de anéis diários contidos em um anel anual, pode-se estimar o número de dias que perfaziam o

ano durante seu tempo de vida. Poder-se-ia, então, ter idéia de quantos anos atrás esses animais viveram com base na taxa de diminuição do movimento de rotação da Terra em consequência do freio das marés (Eicher 1968).

Várias características geofísicas, geoquímicas e mineralógicas dos estratos são significativas como meios de cronocorrelação aproximada por distâncias consideráveis. Os conjuntos de minerais detríticos pesados podem ter valor para a cronocorrelação e para a determinação da idade relativa de suas origens. As varves e as bandas ligadas às estações, presentes nos sedimentos, indicam a idade a duração de certos intervalos estratigráficos. As prováveis velocidades de sedimentação assinalam o tempo necessário para a formação das sucessões sedimentares. As seções sísmicas e os perfis elétricos e nucleares em sondagens proporcionam meios muito úteis de cronocorrelação e informações detalhadas sobre posições cronoestratigráficas relativas. Vários métodos isotópicos especiais, não mencionados anteriormente, têm sido desenvolvidos para determinar as idades de sedimentos muito jovens. Também têm-se tentado vários métodos de determinação de idade utilizando-se da termoluminescência, das auréolas pleocróicas etc.

Muitos desses métodos de cronocorrelação, em que pese seus limitados graus de precisão, são de utilidade para decifrar as relações geocronológicas dos estratos em circunstâncias apropriadas. Alguns são mais utilizados que outros, porém nenhum deve ser descartado. Mesmo com o auxílio de todos eles, as cronocorrelações das unidades cronoestratigráficas, além de suas áreas-tipo, nunca alcançam o grau de precisão ideal.

Denominação das Unidades Cronoestratigráficas

Uma unidade cronoestratigráfica formal deve possuir denominação binominal: um termo relacionado à sua posição hierárquica na cronoestratigrafia mais o nome próprio, com as iniciais de ambas escritas em maiúscula, como, por exemplo, Sistema Cretáceo. O equivalente geocronológico de uma unidade cronoestratigráfica formal deve constar do termo geocronológico correspondente, combinado com o mesmo nome próprio, por exemplo, Período Cretáceo. Pode-se usar só o nome de uma unidade cronoestratigráfica quando não há perigo de confusão.

As regras para a denominação de tipos ou categorias individuais de unidades cronoestratigráficas foram descritas nos lugares correspon-

dentes deste guia, sob os respectivos subtítulos. A nomenclatura cronoestratigráfica obedece às mesmas regras gerais da nomenclatura estratigráfica exposta anteriormente.

Revisão das Unidades Cronoestratigráficas Grande parte da confusão em torno do significado de determinadas unidades cronoestratigráficas tem surgido por causa de definições inadequadas quando de sua proposição. Para aumentar sua utilidade, recomenda-se enfaticamente à revisão das definições originais inadequadas, hoje de uso corrente, para enquadrá-las nos procedimentos aqui recomendados.

RELAÇÃO ENTRE UNIDADES LITO, BIO, CRONO-ESTRATIGRÁFICAS E OUTRAS CLASSES DE UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS Os diferentes tipos de classificação estratigráfica guardam estreita relação entre si, já que todas tratam do estudo das rochas da Terra como estratos, da descrição da parte estratificada da Terra tal como existe hoje e da interpretação da história da Terra com base no estudo de seus estratos. Cada classe, contudo, refere-se a uma prioridade ou atributo diferente dos estratos e de um aspecto diferente da História da Terra. A importância relativa das diferentes categorias de classificação estratigráfica varia com as circunstâncias. Cada uma delas é importante para alcançar determinados objetivos.

As unidades litoestratigráficas baseiam-se, principalmente, no caráter litológico das rochas, tanto sedimentares como ígneas e metamórficas. Em certos casos, os fósseis contidos nas unidades litoestratigráficas podem servir como elementos importantes de identificação para o reconhecimento dessas unidades, não pelo significado geocronológico que os fósseis possam ter, mas por suas características litológicas (físicas) diagnósticas. Como exemplo podem-se mencionar as coquinas, os recifes de algas, os radiolaritos, as camadas de ostracodes e as camadas de carvão. Visto que uma unidade litoestratigráfica se formou durante determinado intervalo de tempo geológico, ela tem não só significado litológico como também cronoestratigráfico. Contudo, o conceito de tempo propriamente dito desempenha papel muito limitado na definição ou identificação das unidades litoestratigráficas e de seus limites. Como regra geral, o caráter litológico dessas unidades está mais fortemente condicionado aos seus ambientes geradores que ao intervalo de tempo durante o qual elas se formaram. Tipos quase idênticos de rochas se repetem, vez ou outra, na

sucessão estratigráfica e os limites das unidades litoestratigráficas podem cruzar os crono-horizontes.

As unidades bioestratigráficas baseiam-se no conteúdo fóssilífero. A seleção e o estabelecimento dessas unidades bioestratigráficas não se fundamentam na composição litológica dos estratos, embora a presença ou ausência de fósseis e os tipos de fósseis presentes possam estar relacionados com o tipo e fácies das rochas que os contêm.

As unidades litoestratigráficas são unidades estratigráficas fundamentalmente diferentes das bioestratigráficas, já que estão baseadas em diferentes critérios distintivos para sua caracterização. Os limites dessas duas classes de unidades podem coincidir localmente, porém, em geral, se encontram a diferentes níveis estratigráficos ou se cruzam. As unidades lito e bioestratigráficas também diferem sob outro aspecto: enquanto todas as sucessões de rochas sejam elas sedimentares, ígneas ou metamórficas, podem subdividir-se em unidades litoestratigráficas, obviamente só é possível estabelecer unidades bioestratigráficas em rochas fóssilíferas.

Tanto as unidades lito como as bioestratigráficas podem refletir com bastante fidelidade o ambiente sedimentar em que se formaram, porém as unidades bioestratigráficas refletem melhor o ambiente e permitem, também, em geral, determinar melhor a idade geológica das rochas. Além disso, as unidades bioestratigráficas são menos repetitivas por se basearem, grandemente, nas mudanças evolutivas dos seres vivos.

A lito e a bioestratigrafia não só propiciam os primeiros importantes passos para o conhecimento da estratigrafia de determinada região, como também constituem, por si só, disciplinas estratigráficas importantes e permanentes. Em muitas áreas, é o método fundamental, se não o único, para se chegar a uma classificação estratigráfica. As unidades lito e bioestratigráficas são objetivas, indispensáveis e essenciais para a descrição da constituição e da geometria dos estratos da crosta e do desenvolvimento da vida e dos paleoambientes.

Em contraste com as unidades lito e bioestratigráficas, que são relativamente objetivas ligadas à existência de determinadas rochas ou determinados fósseis, as unidades cronoestratigráficas se definem como unidades constituídas por rochas formadas durante determinados intervalos de tempo da História da Terra, sem levar em consideração a natureza das rochas que as constituem. Por definição, essas unidades incluem, em toda parte, só as rochas de uma mesma deter-

minada idade e seus limites são sempre isócronos. Enquanto as unidades lito e bioestratigráficas se estabelecem e se distinguem principalmente por suas características físicas observáveis, as unidades cronoestratigráficas se identificam na base do tempo de sua formação, com caráter mais interpretativo. Tanto as unidades lito como bioestratigráficas prestam ajuda valiosa para o estabelecimento de uma classificação cronoestratigráfica. Tendo em vista a extensa distribuição dos restos fósseis em rochas de origem sedimentar e a irreversibilidade da evolução biológica, os fósseis sempre foram os elementos mais importantes para determinar as idades e estabelecer a cronocorrelação das rochas sedimentares do Fanerozóico. Frequentemente, as unidades bioestratigráficas se aproximam das unidades cronoestratigráficas e, na prática, estas duas classes de unidades podem corresponder-se estreitamente. Não obstante, mesmo quando a correlação bioestratigráfica se aproxima da cronocorrelação, as unidades bioestratigráficas são fundamentalmente distintas das cronoestratigráficas. Como se observa na figura 11 pode acontecer de os limites de uma zona bioestratigráfica não corresponderem aos horizontes de tempo por múltiplas razões; entre as principais, podem ser citadas as mudanças de fácies sedimentares; as variações das condições de fossilização e conservação dos fósseis; o caráter fortuito de achado fossilífero; o tempo necessário para a migração das formas; e as diferenças geográficas no desenvolvimento do processo evolutivo.

Entre os sedimentos são frequentes aqueles com escassos restos fósseis ou inteiramente estéreis. Apesar disso, tem sido imensa a contribuição da bioestratigrafia à cronoestratigrafia e é possível resolver muitas das dificuldades com que se defrontam os pesquisadores, quando se utilizam das unidades bioestratigráficas para se chegar às idades geológicas, ao fazerem uso de várias biozonas e biohorizontes lateralmente interrelacionados.

As unidades e os horizontes litoestratigráficos também podem servir de excelentes guias para uma cronocorrelação aproximada através de distâncias relativamente grandes. No entanto, do mesmo modo que as unidades bioestratigráficas, as litoestratigráficas não correspondem a unidades cronoestratigráficas, pois não são, normalmente, limitadas por superfícies isócronas.

Uma classificação cronoestratigráfica que se utiliza de informações provenientes de todos os outros tipos de classificação estratigráfica constitui a

meta final da Estratigrafia. As unidades cronoestratigráficas, como divisões da sucessão estratigráfica, baseadas no tempo geológico são, em princípio, de aplicação universal e proporcionam as bases e o arcabouço sistemático para decifrar a história geológica da Terra. As unidades cronoestratigráficas são, além disso, de grande importância para o estabelecimento de uma base para a comunicação e o entendimento internacional.

As três classes de unidades estratigráficas previamente mencionadas e seus correspondentes campos de investigação talvez sejam as unidades mais antigas e de uso mais freqüente. Existem, sem dúvida, outros muitos e fecundos campos de pesquisa estratigráfica que, em circunstâncias apropriadas e para determinados objetivos, podem ser úteis. Como exemplo, mencionamos o reconhecimento de unidades ou horizontes estratigráficos baseados no caráter dos registros elétricos, das inversões magnéticas das rochas, das propriedades sísmicas, das mudanças químicas ou de qualquer outro caráter ou propriedade dos estratos. É impraticável empregar todos os métodos estratigráficos possíveis, ou todas as classes de unidades estratigráficas disponíveis, porém os conceitos estratigráficos devem ser suficientemente flexíveis para abranger sua aplicação sempre que necessário.

O Devoniano do Estado do Paraná pode ser lembrado como exemplo da potencialidade de se utilizarem cronocorrelações baseadas no maior número possível de evidências. Lange & Petri (1967) propuseram subdividir a Formação Ponta Grossa, na área aflorante do Estado do Paraná, em três membros, os quais, de baixo para cima, são, respectivamente, Jaguariaíva, Tibaji e São Domingos. Estes membros possuem associações fossilíferas diferentes, que permitem associá-los a diversos andares do Devoniano. Globalmente, o Membro Jaguariaíva possui folhelhos mais silticos e arenosos em relação ao Membro São Domingos, de caráter geralmente mais argiloso. Siltitos arenosos ou arenitos muito finos são os tipos litológicos predominantes no Membro Tibaji. Este membro representa uma flutuação regressiva em relação aos outros dois membros, o primeiro decididamente transgressivo e o superior de caráter mais estável.

Em subsuperfície, em direção ao meio da bacia, estes membros são de difícil distinção. As perfilagens de raios gama, de resistividade e marcos radioativos de sondagens da Petrobrás e Paulipetro permitiram, contudo, distinguir, no Estado do Paraná, três subseqüências: a inferior com característica trans-

gressiva, a média regressiva e a superior de caráter oscilatório, em ambiente de plataforma lamosa (Diniz 1985). Conclui-se que, embora os membros da Formação Ponta Grossa do Estado do Paraná não possam ser acompanhados muito além da área aflorante, os planos cronológicos podem ser traçados por apreciável extensão dentro do território deste Estado, visto que as flutuações de subsidência, elevação e taxa de sedimentação afetaram área extensa do Estado.

REGRAS GERAIS PARA O ESTABELECIMENTO E REDEFINIÇÃO DE UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

Publicação O estabelecimento de uma unidade estratigráfica formal requer que uma proposta, com adequada descrição da unidade, seja publicada em periódico ou livro conceituado cientificamente.

Entende-se por periódico ou livro conceituado cientificamente aqueles que têm como principal finalidade a divulgação científica e sua disponibilidade se dê mediante doação ou venda. Publicação não-seriada também atende a este requisito, desde que seja de ampla divulgação.

Nomes propostos em meios informais ou restritos (tais como cartas, relatórios internos de companhias não disponíveis para o público, endereços não publicados, teses e dissertações e jornais comuns) não formalizam uma unidade estratigráfica. Igualmente, a publicação de novos nomes estratigráficos em resumos publicados e distribuídos previamente a relatórios completos comumente não significa seu estabelecimento ou formalização. Isto porque a concisão dos resumos não permite adequada descrição. Finalmente, a menção ocasional ou referência informal de um nome estratigráfico (exemplo, a formação da Praça de Balsas ou os calcários da saída de Aracaju) não estabelece uma unidade estratigráfica nem deve ser usada em uma tabela, seção colunar, mapa ou seção geológica.

Uma nova unidade estratigráfica para ser válida deve ser *devidamente proposta e devidamente descrita*.

Sampaio & Schaller (1968) propuseram a Formação Gangorra como unidade litoestratigráfica basal da Bacia Potiguar, superposta, discordantemente, pela Formação Açú, Souza (1982), sem juntar justificativas, invalidou a Formação Gangorra e propôs a Formação Pendência como unidade basal. Pelas descrições litológicas e relações estratigráficas, verifica-se que a Formação Gangorra abrangeria a Formação Pendência e a parte Inferior da Formação Alagamar, formação esta também proposta por Souza

(Gama Jr, 1985). A Formação Açú superpõe-se, em discordância, tanto à Formação Pendência como à Formação Alagamar.

Souza poderia ter mantido a denominação Gangorra e redefinido a Formação ou, como optou invalidado esta formação. Contudo, a invalidação deveria ter sido acompanhada de justificativas.

Prioridade A prioridade ou precedência na data de divulgação de uma unidade estratigráfica corretamente proposta, denominada e definida deve ser respeitada. Contudo, fatores tais como utilidade da unidade, descrição adequada, ausência de ambigüidade e conveniência para extensa aplicação sempre seriam fatores críticos para a manutenção da designação prioritária. A regra de prioridade não justifica, sozinha, o abandono de um nome bem estabelecido por outro pouco conhecido ou ocasionalmente usado, nem a preservação de um nome precedente, inadequadamente estabelecido.

Schaller (1969) propôs que o tempo de deposição dos sedimentos das bacias Sergipe-Alagoas e Recôncavo-Tucano, cobrindo o topo do Jurássico e o início do Cretáceo, recebesse denominações brasileiras, visto a dificuldade de correlação com os andares internacionais. Com exceção dos dois últimos andares que foram por ele formalmente propostos (Jiquiá e Alagoas), os outros o foram de maneira informal, utilizando-se de denominações litoestratigráficas da Bacia do Recôncavo, tendo sido denominados, de baixo para cima, andares Brotas, Santo Amaro, Ilhas e São Sebastião. Viana *et al.* (1971) formalizaram estes nomes, mas para unidades litoestratigráficas, propondo que se formalizassem para as unidades cronoestratigráficas os seguintes termos em substituição àqueles de Schaller: Dom João, Rio da Serra, Aratu e Buracica.

O nome Furnas para a formação inferior do Devoniano da Bacia do Paraná é inadequado por não se tratar de nome geográfico. É, contudo, mantido por se tratar do nome consagrado pelo uso. O mesmo pode ser lembrado para o caso de *Itapetininga*, que tem prioridade (não acatada) sobre o nome *Irati* para a formação permiana da Bacia do Paraná.

Sinonímia Antes de propor o estabelecimento de uma nova unidade estratigráfica, os autores devem recorrer a registros de nomes estratigráficos para verificar se um determinado nome já foi usado. Os léxicos estratigráficos da Região Norte (Francisco & Loewenstein 1968); do leste do Brasil (Brito Neves 1968); do Estado de São Paulo (Mezzalira *et al.* 1981); da Região Sul (Figueiredo & Bortoluzzi

1975); do Brasil (Baptista *et al.* 1984); e o léxico estratigráfico internacional (Hedberg 1976) poderão, por exemplo, ser usados para esta pesquisa.

A revisão ou redefinição de uma unidade estratigráfica previamente estabelecida, sem mudança de nome, requer justificativas e as mesmas informações e procedimentos necessários para o estabelecimento de uma nova unidade. Pode-se justificar uma redefinição a fim de tornar uma unidade estratigráfica mais útil ou fácil de ser reconhecida, mapeada ou estendida em sua área de ocorrência. A redefinição pode-se tornar precedente motivada por mudanças taxonômicas do conteúdo fossilífero de uma unidade bioestratigráfica ou por causa de erros significativos e demonstráveis na definição existente. Nomes de longa permanência e uso comum podem ser preservados legitimamente se foram definidos adequadamente, ainda que sua nomenclatura não esteja de acordo à de uso corrente.

Subdivisão Quando uma unidade é subdividida em duas ou mais unidades, o nome original não deve ser empregado em nenhuma destas partes. A retenção do nome antigo para uma das subdivisões, além de causar confusão, também impede sua utilização para denominação de unidades de maior categoria.

Mudança de categoria A mudança na categoria de uma unidade estratigráfica não implica a redefinição dos seus limites ou do seu próprio nome. Assim, um andar pode ser elevado à categoria de série ou reduzido a subandar e uma formação pode ser elevada a grupo ou reduzida a membro, sem mudar seu nome. Exemplo, a Formação Bauru da Bacia do Paraná foi recentemente elevada a Grupo por ter sido subdividida em formações.

A categoria de qualquer unidade estratigráfica pode ser mudada somente por motivos substanciais ou cuidadosas considerações.

Redução do número de nomes por correlação Quando a identidade de duas unidades estratigráficas pertencentes a uma mesma unidade geotectônica tiver sido estabelecida, através de correlação e/ou rastreamento estratigráfico, o nome da unidade estabelecido antes deve substituir o da outra, mantendo-se as outras considerações visando à simplificação da nomenclatura.

Inclusão duvidosa No caso de haver dúvida quanto à inclusão de uma sucessão de estratos em uma entre duas unidades estratigráficas previamente estabelecidas, é preferível expressar esta dúvida em vez de se fazer uma inclusão duvidosa, utilizando

as seguintes convenções:

Aptiano? = Aptiano duvidoso.

Formação Lagoa Feia? = Formação Lagoa Feia duvidosa.

Membro Aracajú-Calumbi = Estratos intermediários em posição (horizontal ou vertical) entre camadas seguramente incluídas em cada um dos membros adjacentes, os quais apresentam características de ambos, porém insuficientes para incluí-los em um dos membros ou para eventualmente constituir outra unidade.

Aptiano-Albiano = Uma parte da unidade é aptiana e outra é albiana.

Aptiano ou Albiano = Há dúvida se toda a unidade é aptiana ou albiana.

Aptiano e Albiano (indiferenciados) = A unidade é tanto aptiana como albiana, ainda sem distinção possível entre ambas.

Quando duas unidades são referidas com hífen separando-as, a mais antiga ou inferior sempre deve preceder a outra.

Nomes abandonados O nome de uma unidade abandonada só pode ser revalidado no seu sentido original. Quando se referir a um nome obsoleto ou abandonado, seu *status* deve ser claramente manifesto. Por exemplo, Formação Itapetininga de Almeida & Barbosa (1949).

Duplicação de nomes A duplicação de nomes deve ser evitada na nomenclatura estratigráfica formal, a menos que marcante separação geográfica impeça a confusão. É o caso, por exemplo, do termo *Paraná*, usado como unidade litoestratigráfica tanto na Bacia do Paraná (Devoniano) e Argentina (Terciário) (Petri 1948). A Formação Preguiça da Bacia do Recôncavo passou a ser denominada Formação Sabiá, visto que aquele nome já havia sido dado a uma formação na Bacia de Barreirinhas.

Relação de nomes e limites políticos Quando unidades estratigráficas se estendem para países vizinhos, deve-se manter a ortografia da proposição original do nome geográfico.

Termos de categoria Os termos de categoria de unidades estratigráficas formais devem ser usados em português, já que existem, no Brasil, equivalentes para todos eles. Exemplo: formação, camada, andar, sistema, cronozona etc.

Ortografia Os termos do nome de uma unidade estratigráfica formalmente denominada sempre devem ser iniciados com letra maiúscula. Exemplos:

Formação Riachuelo, Grupo Baixo São Francisco, Subgrupo Igreja Nova. Nomes informais devem ser iniciados com letra minúscula; exemplo; camada Barro Branco.

UNIDADES TECTONOESTRATIGRÁFICAS E PROBLEMAS NA CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA DE ROCHAS PRÉ-CAMBRIANAS A quase ausência de fósseis com valor estratigráfico, as incertezas nas determinações geocronológicas, a abundância de fenômenos magmáticos, as variações no grau metamórfico e a complexidade no arranjo estrutural tornam as tentativas de classificação estratigráfica de rochas pré-cambrianas tarefas altamente problemáticas.

Os códigos e guias de nomenclatura e terminologia estratigráfica, com raras exceções, foram concebidos e aperfeiçoados em regiões constituídas predominantemente por rochas sedimentares fanerozóicas, para as quais os problemas enumerados no parágrafo anterior inexistem ou são de pequena expressão. Nas áreas pré-cambrianas formadas por rochas de grau metamórfico baixo ou nulo, com preservação das estruturas primárias (sedimentares ou vulcânicas), utilizam-se os critérios normais de classificação litoestratigráfica. Entretanto, quando o grau metamórfico foi suficientemente elevado, a ponto de obliterar as estruturas primárias, ou quando o plutonismo é intenso, ou, como ocorre mais comumente, ambos os processos se manifestam conjuntamente, aqueles critérios podem não mais ser aplicáveis.

Numa tentativa de contornar aqueles problemas, o código ora submetido à comunidade geológica do país introduz as proposições de Henderson *et al.* (1980) relativas à terminologia e nomenclatura estratigráficas de rochas intrusivas e metamórficas de alto grau, para as quais a lei da superposição não é geralmente aplicável. Em conformidade com isso, o termo *suíte* é recomendado para designar conjuntos de dois ou mais tipos de rochas metamórficas de alto grau *ou* de rochas intrusivas. A *suíte* tem hierarquia equivalente ao grupo e pode ser subdividida em corpos nomeados ou não. Em exemplos hipotéticos, a *Suíte Intrusiva Rio da Anta* é formada por Anortito Serra Branca, por gabronorito, pelo Monzonito Itaberaba, por biotita granito e por peraciditos; a *Suíte Metamórfica São Raimundo* é constituída por granada-gnaisses, pelo Anfibolito Pedra Verde, pelo Granulito Inferno e por migmatitos homogêneos. Nota-se, nos exemplos acima, que uma *suíte* é formada por dois ou mais corpos litológicos de

mesma classe (metamórficos *ou* magmáticos), mapeáveis denominados formalmente ou não. Intrusões ou corpos de rochas metamórficas unilitológicos não caracterizam uma *suíte*. Por exemplo, a menos que rochas distintas sejam identificadas e mapeadas, o Granito Itu não poderá ser redefinido como *Suíte Intrusiva Itu*. Recomenda-se o uso dos adjetivos intrusiva ou metamórfica de modo a melhor caracterizar as *suítes*. Em qualquer situação, deverão ser evitados termos não-estratigráficos, tais como, dique, batólito, *sill*, diatexito, metatexito etc.

Em algumas situações poderão ocorrer conjuntos de rochas de diversas classes (metamórficas, magmáticas ou sedimentares) não mapeáveis individualmente. Para estes casos o código prevê o uso do termo *complexo*, seguido por um adjetivo qualificador (metamórfico, intrusivo, vulcânico ou sedimentar) que indica a classe litológica predominante. Em termos hierárquicos, o complexo poderá ser equivalente a grupo, formação ou membro. Se as rochas forem exclusivamente intrusivas ou metamórficas de alto grau, deve-se usar *suíte* em vez de complexo. Do mesmo modo que para as unidades litoestratigráficas normais, os termos *suíte* e complexo poderão ser utilizados formal ou informalmente e, neste caso, nomeados ou não.

O uso correto da terminologia litoestratigráfica poderá permitir melhor compreensão das relações entre diversas unidades litológicas numa área pré-cambriana, complexa ou não. Obviamente, em muitas situações particulares, a utilização dos critérios acima exemplificados poderá ser problemática e exigirá certa dose de bom senso. Pode-se imaginar, por exemplo, um conjunto de folhelhos, arenitos, calcários e conglomerados, que gradam lateralmente para regiões de maior grau metamórfico. Idealmente, os folhelhos passam a filitos, estes a micaxistos e finalmente a gnaisses. As modificações sofridas pelas demais rochas serão menores, com formação de mármore, quartzitos e meta-conglomerados, configurando *resisters*. Nas áreas não-metamórficas poderá existir uma classificação litoestratigráfica que será modificada à medida que as rochas se modificam. Assim, grupos, formações, membros etc. serão definidos nas áreas de grau metamórfico inexistente ou baixo, em conformidade com o disposto no código. Todavia, nas áreas de alto grau metamórfico, aquele conjunto de rochas constituirá uma *suíte*. O bom senso indica que a denominação dos *resisters* deverá ser mantida, substituindo-se o termo hierárquico (formação,

membro etc.) pelo litológico (quartzito, mármore etc.). Nos casos em que a verificação daquela situação ideal não é possível, seja pela ausência de mapeamentos mais pormenorizados, seja pela estrutura mais complicada, seja pela presença de rochas intrusivas, deve-se optar pela definição de complexos. O importante, qualquer que seja a decisão tomada, é que a classificação adotada seja feita em conformidade com o disposto no código, sem a introdução de definições particulares. Somente o uso dos critérios recomendados pelo presente código permitirá o estabelecimento de suas vantagens e de suas limitações.

Enquanto a situação no campo da litoestratigrafia parece razoavelmente encaminhada, os problemas relativos à crono e bioestratigrafia de rochas precambrianas encontram-se num estágio bastante preliminar. A raridade e as características dos vestígios orgânicos nas rochas pré-cambrianas impedem um amplo zoneamento bioestratigráfico ou a definição de planos-tempo por métodos paleontológicos. Estas técnicas constituem-se nas principais ferramentas para as correlações a nível regional de unidades cronoestratigráficas em rochas fanerozóicas. De modo a contornar este problema, diversos autores têm sugerido a utilização de determinações geocronológicas por métodos isotópicos para o estabelecimento de subdivisões cronoestratigráficas no Pré-Cambriano (Alien & Reedman 1968). As determinações de idade por métodos radiométricos estão sujeitas a incertezas ocasionadas por diversas fontes de variação, entre as quais podem ser citadas a variabilidade da constante de desintegração (a qual é, na realidade, um fator probabilístico), a não estanqueidade dos minerais à entrada ou saída de isótopos radioativos ou radiogênicos, a não cogeneticidade de amostras submetidas aos métodos ditos isocrônicos, imprecisão analítica etc. Como decorrência disso, as flutuações observadas não raro abrangem intervalos de tempo maiores que vários dos períodos do Fanerozóico, o que tem impedido o estabelecimento de subdivisões adequadas para os primeiros quase 4 bilhões de anos da história geológica do nosso planeta. Recentemente, a Subcomissão de Estratigrafia do Pré-Cambriano da União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) propôs a subdivisão daquela parte da história da Terra em dois éons, o Arqueano e o Proterozóico. O limite entre os dois foi colocado arbitrariamente em 2.500 Ma, o que corresponde aproximadamente a um evento tectonothermal reconhecido em quase todos os

continentes. A mesma subcomissão aprovou a subdivisão do Proterozóico em três partes, cujos limites inferiores foram colocados arbitrariamente em 2.500, 1.600 e 900 Ma. Nota-se, por exemplo, que no Brasil um limite próximo aos 2.000 Ma (Transamazônico) seria mais representativo que os demais, pois ele vem sendo identificado em quase todas as áreas pré-cambrianas do país. A subdivisão do Pré-cambriano em Arqueozóico e Proterozóico foi proposta em 1906 por Chamberlin & Salisbury (*apud* Harland 1968) com base em critérios puramente geológicos (tipo de rocha, grau de deformação, metamorfismo e plutonismo).

O fato de idades radiométricas de rochas magmáticas e metamórficas tenderem a formar modas bem definidas em histogramas tem reforçado as idéias de que as subdivisões do Pré-Cambriano devem ser conduzidas com base nos eventos tectônicos nele identificados. Diversos estudos nos mais variados campos das ciências geológicas vêm demonstrando a irreversibilidade dos processos responsáveis pela evolução da Terra e de seus habitantes (Rotay 1966). O grande volume de informação disponível presentemente tem permitido melhor caracterização das diversas etapas da evolução geológica da Terra, no que se refere à geoquímica, metalogênese, metamorfismo, sedimentação, organização estrutural e, principalmente, paleontologia. A importância da Paleontologia na subdivisão cronoestratigráfica do Fanerozóico é indiscutível. Graças a ela é possível a identificação de uma dúzia de sistemas, cerca de 40 séries e algumas centenas de andares e subandares nos últimos 600 Ma da história geológica. Neste ponto inicia-se a discussão das unidades tectonoestratigráficas, pois os sistemas clássicos costumam corresponder a conjuntos de rochas separados por discordâncias de caráter regional ou caracterizados por litologias bastante distintas. Nesse aspecto, os sistemas são unidades naturais definidas originalmente por critérios predominantemente físicos. Só mais tarde é que eles foram caracterizados por critérios paleontológicos e estendidos globalmente (Chang 1975).

As unidades estratigráficas limitadas por grandes discordâncias têm merecido a atenção dos geólogos nos últimos anos, pois elas não se enquadram nas categorias convencionais da classificação estratigráfica (lito, bio e crono). Hedberg (*apud* Chang 1975) sugeriu o termo *sintema* (do grego *syn*, junto; e *thema*, o depósito de) para designar conjuntos de rochas separados por grandes discordâncias. Sloss e

colaboradores, em 1949 (*apud* Chang 1975), definiram seqüência como uma associação de estratos que exibem respostas similares a ambientes tectônicos similares com ampla distribuição em área, separados por horizontes objetivos sem conotação cronológica específica. Wheeler (1959) critica a definição de Sloss, pois ela é fortemente litoestratigráfica. Para ele, seqüência é uma sucessão de estratos limitada por discordâncias regionais. Sloss (1963) voltou a definir seqüência como uma unidade litoestratigráfica com hierarquia maior que grupo, identificável, onde preservada, em todas as áreas cratônicas internas e limitadas por discordâncias regionais. Baseados na conceituação desse último autor, Soares *et al.* (1974) analisaram a evolução geotectônica das bacias intracratônicas brasileiras. O Código Sul-Africano de Terminologia e Nomenclatura Estratigráficas do *The South African Committee for Stratigraphic* (1980) incorpora as unidades tectonoestratigráficas como uma quarta categoria de classificação. Segundo esse código, os termos equivalentes *seqüência* ou *sintema* poderão ser usados para designar conjuntos de formações, grupos e mesmo supergrupos, limitados por grandes discordâncias.

As normas de classificação, terminologia e nomenclatura estratigráficas adotadas na União Soviética (Rotay 1966) demonstram uma forte orientação tectônica, conforme segue. As unidades materiais (corpos litológicos) são classificadas segundo uma escala estratigráfica única, definida e subdividida com base nos estágios de evolução geológica da Terra. A esses conjuntos de rochas associam-se unidades imateriais de tempo, que constituem a escala geocronológica. Assim, a todo conjunto de rochas associam-se unidades imateriais de tempo, que constituem a escala geocronológica. Deste modo, todo o conjunto de rochas formado no decurso de uma era caracteriza um grupo, o qual é constituído por sistemas intimamente relacionados entre si e refletindo movimentos tectônicos, atividade magmática, sedimentação e evolução do mundo orgânico. Dentro de seus limites, um grupo encerra o registro dos eventos tectônicos mais importantes que marcaram a evolução geológica da Terra (orogêneses, epeirogêneses, atividade magmática etc.) e resultaram em modificações radicais no tamanho, configuração e posição dos continentes e oceanos. Obviamente, esses diastrofismos de caráter global causaram profundas modificações ambientais, as quais, por sua vez, resultaram em mudanças na flora e fauna. Isto explicaria a freqüente associação entre

limites estratigráficos definidos biologicamente e aqueles definidos com base na litologia e outras feições indicativas de mudanças ambientais. A irreversibilidade na evolução biológica propiciou o aparecimento dos fósseis índices, tão importantes para a sub-divisão estratigráfica do Fanerozóico. A irreversibilidade na evolução do meio físico é bem menos evidente e mais complexa para ser utilizada operacionalmente. Todavia, é sobre ela que deverão ser baseados os critérios para a classificação estratigráfica do Pré-Cambriano.

Como resultado da intensificação dos estudos geológicos em áreas pré-cambrianas, houve aumento significativo no volume de informação sobre essas regiões. Em decorrência disso, diversos autores têm demonstrado a existência de padrões bem definidos de evolução geológica, manifestados na geoquímica, metalogênese, sedimentação, magmatismo, metamorfismo, padrão estrutural etc., o que tem permitido a caracterização mais precisa dos diferentes estágios de evolução naquela época. É o caso, por exemplo, dos *greenstone belts*, tão em moda atualmente e, outras associações litológico-estruturais características para determinadas épocas do Arqueano ou Proterozóico. O guia de nomenclatura estratigráfica da União Soviética recomenda a utilização dos seguintes critérios para a subdivisão estratigráfica do Pré-Cambriano:

- Discordâncias estruturais e estratigráficas de caráter regional.
- Características do magmatismo.
- Fácies estrutural e associações litológicas características,
- Diferenças no grau metamórfico.
- Geocronologia radiométrica.
- Dados paleontológicos.

Segundo este guia (Rotay 1966), o primeiro critério é decisivo. Os demais, especialmente os três últimos, são secundários e de uso restrito.

A análise da discussão acima indica que critérios de ordem tectônica são da maior importância na classificação estratigráfica de regiões pré-cambrianas. Vários autores apresentaram proposições nesse sentido. Mahel (1968), ao correlacionar as rochas em diferentes partes dos Alpes, propôs a utilização de unidades às quais denominou tectonogrupos. Eles constituiriam conjuntos paragenéticos de fácies, representativos de certo estágio ou período de evolução, determinando com maior exatidão o tipo de ambiente de sedimentação paleotectônico bem como o estilo tectônico dos elementos estruturais, com respeito à sua importância

na formação das unidades tectônicas e levando em consideração sua idade e posição tectônica. O conceito de tectonogrupo foi utilizado por Costa *et al.* (1970) para a subdivisão do Grupo Bambuí em Minas Gerais e Goiás. Segundo Mahel (*op. cit.*), os tectonogrupos seriam aproximadamente equivalentes aos *TECTÓTOPOS* ou *TECTOFÁCIES* de Krumbein & Sloss (1959) e às subformações dos geólogos soviéticos. Segundo Krumbein & Sloss (*op. cit.*), qualquer área de deposição pode ser classificada de acordo com o grau de tectonismo que prevaleceu durante a sedimentação e cada subdivisão representaria um ambiente tectônico particular, ao qual denominaram *TECTÓTOPO*. Estes autores definem *TECTOFÁCIES* como as variações laterais no aspecto tectônico de uma unidade estratigráfica. Todavia, os mesmos autores, na segunda edição de seu livro publicado em 1963, abandonaram totalmente os conceitos de *TECTÓTOPO* e *TECTOFÁCIES*. De grande importância para a presente discussão, é a definição de formação utilizada pelos geólogos na URSS. Jain (1980) define formação como uma combinação natural de rochas (sedimentares, vulcânicas, ou intrusivas) associadas por comunidade de origem e que surgem em certos estágios do desenvolvimento das zonas estruturais fundamentais da crosta terrestre. Raramente a formação é monolitológica e cada tipo de rocha que a compõe é o produto de um ambiente físico-geográfico bem definido (*FÁCIES*). Para esse autor, uma formação é caracterizada por:

- Composição litológica e, em menor grau, pelas estruturas primárias, composição mineralógica e alterações secundárias ou de coloração.
- Condições físico-geográficas de acumulação.
- Ambiente tectônico.

Como exemplos de formações, no sentido aqui exposto, podem ser citados o *FLYSCH*, a molassa, os ciclotemas carbonosos, as seqüências evaporíticas e ofiolíticas etc. Em extensão, as formações ocupam inteiramente grandes estruturas tectônicas, tais como miogeossinclíneos, eugeossinclíneos, sinéclises, aulacógenos etc. Alguns geólogos da URSS definiram subformações: que seriam unidades menores e mais homogêneas que ocorrem em porções localizadas das estruturas tectônicas (marginais, centrais etc.) e refletem pequenas variações ambientais. Belousov (1962) dedicou todo um capítulo à discussão das seqüências sedimentares, definidas como associações faciológicas formadas num determinado estágio de um ciclo tectônico. No final desse capítulo apresentou a definição de seqüência num sentido mais amplo, como constituída

por complexos regulares de rochas sedimentares e magmáticas, às vezes metamorfizadas, características de um determinado estágio de um ciclo e de uma dada zona tectônica. Braun (1974) propôs o uso do termo *ASSOCIAÇÃO* para agrupar tipos litológicos de qualquer afinidade regional e de diferentes origens, mais intimamente relacionadas por diastrofismos posteriores, constituindo-se em unidades mapeáveis. As associações teriam a hierarquia de supergrupos.

A discussão acima teve como objetivo demonstrar que existe uma preocupação no sentido de serem caracterizadas unidades estratigráficas com base em critérios mais abrangentes e, conseqüentemente, mais naturais. A tectônica (ou geotectônica), como o ramo integrador por excelência das ciências geológicas, fornece as bases para tal caracterização. As unidades estratigráficas definidas com base em critérios tectônicos pertencerão a uma categoria especial denominada *TECTONOESTRATIGRÁFICA*. Tendo em mente as dificuldades para a classificação estratigráfica das rochas pré-cambrianas, na maioria dos casos uma classificação tectonoestratigráfica poderia ser mais bem sucedida, especialmente em mapeamentos a nível regional. Em trabalhos de maior detalhe, em que o volume de informação por unidade de área é maior, a classificação litoestratigráfica poderá ser mais adequada.

Para a definição e terminologia de unidades tectonoestratigráficas, deve ser adotada primeiramente alguma classificação das estruturas tectônicas, Khain (1960) propõe a subdivisão da litosfera em estruturas tectônicas de quatro ordens hierárquicas. A primeira ordem pertenceriam os oceanos e os continentes, a segunda os blocos estáveis e as faixas ativas. No momento são importantes apenas as estruturas de menor hierarquia dos continentes, aqui entendidos do ponto de vista geofísico e não geográfico, incluindo as plataformas continentais. Deste modo, os continentes podem ser subdivididos em plataformas tectônicas e zonas ativas, como os geossinclíneos e zonas de ativação. A subdivisão em unidades de terceira ordem é complicada pela presença, lado a lado, de estruturas ativas (sistemas geossinclinais) com estruturas resultantes (faixas de dobramentos, antefossas etc.), dificultando sua aplicação a regiões estabilizadas como o Brasil. Outro ponto importante é que a individualização de zonas ativas e blocos estáveis, que são feições geográficas, deverá variar no tempo geológico. Na caracterização de zonas ativas e blocos estáveis como feições *PALEOGEográficas*, baseia-se a geotectônica descritiva. Nesse contexto, o registro geológico

representa os produtos de eventos que se desenvolveram em determinadas estruturas tectônicas, em determinados intervalos do tempo geológico.

Na classificação tectonoestratigráfica não existe uma preocupação com os aspectos cronológicos, mas, sim, com o conjunto de rochas formadas em determinados ambientes tectônicos, os quais podem recorrer no tempo. Assim, sendo propõe-se a designação Tectonoformação ao conjunto de rochas formadas no âmbito de uma estrutura tectônica de quarta ordem, a saber:

- 1 Depressões geossinclinais (eugeossinclíneos e miogeossinclíneos).
- 2 Elevações em zonas geossinclinais (maciços medianos e intrageatinclíneos)
- 3 Zonas de ativação do tipo Asia Central ou Paraense.
- 4 Zonas de ativação do tipo Baikal ou Atlântico Sul.
- 5 Zonas de ativação mistas ou tipo Rondônia.
- 6 Zonas de ativação do tipo Transamazônico (*mobile belt*).
- 7 Aulacógenos.
- 8 Sinéclises.
- 9 Antéclises.

A discussão mais pormenorizada dessas estruturas foge ao âmbito deste trabalho, motivo pelo qual são sugeridos os seguintes textos relativos ao assunto: Belousov (1962, 1981), Khain (1960), Jain (1980) e Muratov (1977) para as estruturas 1, 2, 7, 8 e 9; Nagibina (1967), Shcheglov (1979) e Grigoryeva (1979) para as estruturas 3, 4 e 5; Anhaeusser (1975) e Kroner (1977) para a estrutura 6 (*mobile belts*). As tectonoformações poderão ser subdivididas em *seqüências*, que refletirão estágios na evolução daquelas estruturas. Assim, por exemplo, o conjunto de rochas que caracteriza a Sinéclise do Paraná definiria uma tectonoformação, a qual poderia ser subdividida em seqüências como as propostas por Soares *et al.* (1974); as bacias de plataforma continental estão associadas a um processo de ativação do tipo Atlântico Sul e são preenchidas por uma tectonoformação constituída por seqüências flúvio-lacustres, flúvio-deltaicas, evaporíticas, carbonáticas, clástico-marinhas e vulcânicas; no sudoeste do Estado do Pará ocorre uma tectonoformação originada durante a evolução de um evento de ativação do tipo Asia Central, constituída por uma seqüência plutono-vulcânica basal, uma seqüência sedimentar continental, uma seqüência sedimentar marinha e uma seqüência vulcano-plutônica basáltica; nas faixas epiogeossinclinais do

sudeste brasileiro foram identificadas tectonoformações constituídas de seqüências anatexíticas, diatexíticas e metatexíticas; nas faixas de dobramentos epimiogeossinclinais observam-se tectonoformações constituídas por seqüências de pré-inversão, transição, inversão e pós-inversão, acompanhadas ou não por magmatismo e metamorfismo. Muito embora os exemplos citados sejam um tanto hipotéticos, eles exprimem a conceituação básica da classificação tectonoestratigráfica. É óbvio o caráter regional dessa classificação, dadas as dimensões das estruturas tectônicas envolvidas. Em nível local, quando estudos mais pormenorizados forem disponíveis, as tectonoformações e as seqüências poderão ser subdivididas ou grupadas em unidades litoestratigráficas (grupos, formações, membros, suítes, complexos, etc.) ou associadas a unidades cronoeestratigráficas.

Finalizando esta discussão, devem ser feitas algumas considerações acerca da subdivisão geocronológica do Pré-Cambriano, adaptada ao nosso país, mas ao mesmo tempo relacionada às proposições internacionais de subdivisão daquele éon. Almeida (1971), baseado em critérios fundamentalmente tectônicos, propôs a subdivisão do Pré-Cambriano em Inferior, Médio e Superior, cujos limites mais novos seriam colocados, respectivamente, em 1.600, 1.800 a 570 Ma. O primeiro limite corresponderia à orogênese Güianense de B. Choubert ou à orogenia Guriense de C. Martin. O segundo limite corresponderia ao final do ciclo Transamazônico, responsável por extenso magmatismo e metamorfismo observados em quase todo embasamento da Plataforma Sul-Americana. O último limite corresponde ao adotado internacionalmente para a passagem Pré-Cambriano-Cambriano. Almeida (*op. cit.*) propôs, ainda, a subdivisão do Pré-Cambriano Superior em quatro partes, com os seguintes limites superiores: 1.300, 900, 620 e 570 Ma. Esses limites definiriam, respectivamente, os ciclos Espinhaço, Uruaçuano e Brasileiro inicial e tardio. Posteriormente, o mesmo autor (Almeida 1978) propõe o valor 2.600 Ma para o limite entre o Arqueano e o Proterozóico, e os valores 1.800 e 1.000 Ma para a subdivisão do Proterozóico. Amaral (1974), ao discutir a evolução tectônica da Plataforma Amazônica, definiu três eventos de ativação que ocorreram nos intervalos 1.600 ± 100 Ma, 1.300 ± 100 Ma e 1.000 ± 100 Ma, denominados, respectivamente, Paraense, Madeirense e Rondoniense. (Tab. 3). Estudos geo-

cronológicos desenvolvidos no Pré-Cambriano da América do Sul têm identificado eventos tectono-termiais aproximadamente sincrônicos àqueles acima mencionados. Programas de mapeamento geológico sistemático têm permitido a caracterização daqueles eventos, reforçando sua validade. Mais ainda, esses eventos são notavelmente correlacionáveis a outros identificados em diferentes partes da Terra, sugerindo fortemente sua associação com processos geodinâmicos globais.

Antes de se fazer uma proposta para a subdivisão do Pré-Cambriano brasileiro, tornam-se necessárias algumas definições. O termo *ciclo*, etimologicamente, refere-se à periodicidade com a qual um fenômeno se repete. Em geologia, o termo foi usado inicialmente para englobar uma sucessão de eventos, a qual resulta na formação de uma cadeia montanhosa (faixa de dobramento). Assim, J.D. Dana, em 1873, definiu ciclo como constituído por uma fase de subsidência seguida por sedimentação e, finalmente, por orogenia. M. Bertrand, em 1897, definiu o ciclo com base no caráter de sedimentação, iniciando-se por sedimentação pelítica, seguida por *flysch* e, finalmente, por molassa. Em 1933, W.H. Bücher definiu ciclo como o intervalo de tempo entre o início da subsidência e o final da inversão de um geossinclínio. Belousov (1962) usou o termo com um sentido bastante diferente, designando o intervalo de tempo entre o final de uma fase orogênica e o final da seguinte. Jain (1980) usou ciclo das duas maneiras, mas na maioria dos casos com o sentido de intervalo entre eventos orogênicos. Esse autor apresentou, ainda, uma discussão sobre a hierarquização dos fenômenos cíclicos definindo megaciclos, ciclos, subciclos, épocas, fases e subfases. Especificamente no que se refere aos ciclos, exemplificou com a sucessão observada no hemisfério norte: Grenvilliano (1.350-1.000 Ma); Baikaliano (1.000-550 Ma), Caledoniano (550-400 Ma), Herciniano (400-250 Ma), Kimmeridgiano (250-100 Ma) e Alpino (100-0 Ma). Auboin (1.965) usou ciclo geossinclinal para descrever o intervalo de tempo entre o início da subsidência e o final da inversão. Dewey & Burke (1974) definiram o Ciclo Wilson, dentro do contexto da tectônica de placas, para o período compreendido entre o início da ruptura de um bloco síalico e o final do reencontro (colisão) dos blocos separados, num sentido muito próximo ao do original.

Essa falta de definições precisas ou de aceitação generalizada tem tornado um tanto confusas as proposições de subdivisão do Pré-Cambriano. Esta

dificuldade é ampliada pela quase impossibilidade de serem definidos *ciclos* (em qualquer dos dois sentidos), tendo em vista as características da evolução tectônica naquela época e à superposição de eventos muito enérgicos. Vários dos *ciclos* propostos referem-se ao intervalo de tempo entre dois eventos tectônicos, não necessariamente do tipo geossinclinal (erroneamente denominados "orogenias"). Este tipo de problema foi bem levantado por Gilluly (1966) ao discutir a caracterização de orogenias com base em determinações geocronológicas em rochas plutônicas. O ponto principal em discussões concentra-se no fato de que existem orogenias sem plutonismo e plutonismo sem orogenias. Problema semelhante foi encontrado por Amaral (1974) na análise da evolução tectônica da Amazônia, o que o levou a definir *evento* como qualquer atividade magmática ou metamórfica ocorrida durante o desenvolvimento de um processo geossinclinal ou plataformar, detectado por determinações geocronológicas. Graças aos problemas na definição de ciclos no Pré-Cambriano, este autor propôs sua utilização no sentido clássico, ou seja, para o período compreendido entre o início e o fim do desenvolvimento de um processo geossinclinal.

Com base nessa conceituação de ciclo e evento pode-se propor a subdivisão geocronológica e respectiva caracterização do Pré-Cambriano brasileiro. O único ciclo razoavelmente definido é o Brasileiro, que originou as faixas de dobramentos Nordeste, Sudeste, Brasília e Paraguai. Determinações geocronológicas têm indicado uma idade mínima em torno dos 900 Ma para o início do processo geossindinal e idades próximas a 450 Ma para o vulcanismo e plutonismo associados às bacias de molassa. O ciclo Brasileiro é correlacionável ao Baikaliano da URSS e ao Pan-Africano. Rochas e estruturas formadas por processos do tipo geossinclinal (ou melhor protogeossinclinal) são conhecidas no outro extremo do Pré-Cambriano brasileiro, no Arqueano. Esses processos deram origem ao embasamento metamórfico de alto grau e aos cinturões de rochas verdes (*greenstone belts*) observáveis no Cráton do São Francisco, Amazônia Oriental e centro de Goiás. As características peculiares desses processos e a obliteração litológico-estrutural ocasionada pelos eventos posteriores não permitem a definição de ciclos. Deste modo, os valores geocronológicos mais confiáveis definem eventos associados àqueles processos. Deste modo, foram definidos os eventos Guriense (3.000-3.400 Ma) e Güianense (como redefinido por B. Choubert),

Aroense ou Jequié (2.500-2.700 Ma), na Plataforma Amazônica e Cráton do São Francisco. O evento mais antigo foi identificado de modo confiável apenas no norte da Venezuela, motivo pelo qual sua utilidade como marco divisório do Arqueano é bastante limitada. O segundo evento tem-se mostrado com maior frequência e parece corresponder a um fenômeno global utilizado como marco para a separação entre Arqueano e Proterozóico. Um importante evento, datado em 2.000 ± 200 Ma, tem sido identificado em quase todas as áreas pré-cambrianas da América do Sul, tendo sido denominado Akawaiano, (no sentido original) ou Transamazônico. Esta última denominação, geralmente precedida pela qualificação ciclo, apesar de não ser prioritária, é consagrada na literatura do continente. Este evento manifesta-se por intensa granitização e metamorfismo das rochas previamente formadas. Não são conhecidas, até o presente, seqüências sedimentares indubitavelmente originadas durante esse evento, motivo pelo qual não é possível caracterizá-lo como de natureza geossinclinal e, conseqüentemente, definir o respectivo ciclo. Recentemente, Amaral (1984) caracterizou o Transamazônico na sua área-tipo como um evento de ativação tectônica, bastante semelhante ao Eburneano da África (Kroner 1977). Eventos sincrônicos, e com características similares, têm sido identificados em todo o mundo e utilizados para definir o limite superior do Proterozóico Inferior. Nas porções norte e sudeste do Estado de Goiás e porções vizinhas dos Estados do Pará e Minas Gerais, ocorrem rochas e estruturas tipicamente originadas por processos geossinclinais. Determinações geocronológicas têm indicado idades entre 1.000 e 1.550 Ma, freqüentemente com um *inprint* do Brasileiro. Essas rochas têm sido atribuídas ao desenvolvimento do "Ciclo" Uruaçuano (Almeida 1968). Amaral (1974) definiu, na Plataforma Amazônica, três eventos de ativação tectônica, os quais denominou Paraense, Madeirense e Rondoniense. O primeiro inicia-se com plutonismo granítico, seguido por vulcanismo ácido e intermediário, sedimentação terrígena imatura, sedimentação química e termina por magmatismo básico a alcalino. Determinações geocronológicas têm indicado uma idade próxima a 1.700 Ma para o plutonismo inicial e 1.500 para o magmatismo terminal. O segundo evento assemelha-se ao Transamazônico com aquecimento generalizado, metamorfismo e deformação das rochas previamente formadas, além de intrusão de corpos circunscritos de granitos e sienitos. Determinações geocronológicas

indicam o período de 1.300 ± 100 Ma para o desenvolvimento do Madeirense. O Rondoniense caracteriza-se por aquecimento, formação de aulacógenos preenchidos por sedimentos terrígenos imaturos, associados a magmatismo básico e plutono-vulcanismo ácido a intermediário nos *horst* adjacentes. Determinações geocronológicas têm indicado que esse evento se desenvolveu no período 1.100-900 Ma. Aspectos parciais desses eventos têm recebido nomes locais em diferentes partes da Amazônia. Na Guiana, foi definido o Evento de milonitização KMudku, datado em 1.200 ± 100 Ma. Para o mesmo intervalo de idade, no Suriname foi definido o Episódio metamórfico Nickerie e na Venezuela. O Evento tectotermal Orinoquense. Neste último país, um episódio caracterizado por aquecimento e intrusão de granitos repakivi, datados entre 1.600 e 1.500 Ma, foi denominado Pargua-zense. Na Bolívia, foram definidos dois ciclos (no sentido de Belousov) denominados San Ignacio e Sansas. O primeiro seria limitado por eventos datados em cerca de 1.800 Ma (Transamazônico) e cerca de 1.300 Ma (metamorfismo e plutonismo granítico). Este segundo evento marca o início do Ciclo Sansas, cujo limite superior é colocado em 950 Ma (plutonismo granítico e ultrabásico). No Cráton do São Francisco, o início da sedimentação dos grupos Espinhaço e Chapada Diamantina é marcado por vulcanismo ácido e intermediário, datado entre 1.700 e 1.600 Ma. Na mesma região, foi identificado um episódio metamórfico datado entre 1.300 e 1.200 Ma (McReath *et al.* 1981). Almeida (1968) definiu o Ciclo Uruaçuano, hoje colocado no intervalo 1.550-1.000 Ma.

Com base na discussão acima propõe-se a adoção dos limites da tabela 3 para a subdivisão geocronológica do Pré-Cambriano brasileiro.

O Evento Jequié (2.600 ± 100 Ma) marca o limite internacionalmente adotada entre o Arqueano e o Proterozóico, com similares em quase todos os escudos do mundo, aos quais se associa a formação das primeiras plataformas. O Evento Transamazônico, datado em 2.000 ± 200 Ma, também apresenta similares em quase todos os escudos (Svecokareliano no Báltico; Krivoy-Rog na Ucrânia, Eburneano na África, Nullaginiano na Austrália, Laxfordiano na Escócia, Blezardiano e Moriniano do Canadá, Wutaiiano na China, etc.). O Evento Paraense (1600 ± 100 Ma) associa-se a diversos eventos de natureza anorogênica nos escudos Báltico e Ucrâniano na Groelândia, no embasamento do centro dos Estados Unidos. Na União Soviética um

evento similar marca o início do Rifeano. O Evento Madeirense (1.300 ±100 Ma) também apresenta equivalentes em outras regiões do mundo (Jotniano e Gothiano no Escudo Báltico; Donganiano na China; Elzeviriano no Escudo Canadense; Gardar na Groelândia etc.). Na União Soviética ele marca o fim do Rifeano Inferior. O Evento Rondoniense (1.000 ±100 Ma) equivale ao Grenvilliano do Escudo Canadense, Dalslandiano do Escudo Báltico, Ovruch do Escudo Ucrâniano, Kibariano da África, Carpentariano da Austrália, e outros. Na União Soviética esse evento marca o final do Rifeano Médio. Não temos, no Brasil, um limite bem estabelecido entre o

Rifeano e o Vendiano (680 ±20 Ma na União Soviética). Assim, em nosso país, as rochas mais antigas que 2.600 Ma pertencerão ao Arqueano. Os eventos Transamazônico, Paraense, Madeirense e Rondoniense permitem subdividir o Proterozóico em cinco partes, às quais se sugere denominar, provisoriamente, pelos algarismos romanos *I* (mais antigo), *II*, *III*, *IV* e *V* (mais novo), até que seja possível a definição dos estratotípos. As unidades *I* e *II* correspondem ao Proterozóico Inferior, às unidades *III* e *IV* ao Proterozóico Médio e a unidade *V* ao Proterozóico Superior.

Tabela 3 - Proposta de subdivisão geocronológica do Pré-Cambriano brasileiro

ERA	PERÍODO	IDADE	EVENTO TECTÔNICO	OBSERVAÇÕES
Paleozóico		570 ± 15 Ma	-----	Idade internacionalmente adotada para o limite Pré-Cambriano-Cambriano
Proterozóico	V	1.000 ± 100Ma	Rondoniense	Final do "Ciclo" Uruçuano
	IV	1.300 ± 100Ma	Madeirense	
	III	1.600 ± 100Ma	Paraense	Início do "Ciclo" Uruçuano
	II	1.200 ± 100Ma	Transamazônico	
	I	2.600 ± 100Ma	Jequié	Limite Arqueano-Proterozóico
Arqueano				

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, P.M. & REEDMAN, A.J. - 1968 - Stratigraphic classification in Pre-Cambrian rocks. *Geol. Mag.*, **105**(3):290-297.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1955 - *Geologia e Petrologia do arquipélago de Fernando de Noronha*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. (Monografia 13).
- ALMEIDA, F.F.M. - 1957 - Novas ocorrências de fósseis no Pré-Cambriano brasileiro. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **29**(1):63-72.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1968 - Evolução tectônica do centro-oeste brasileiro no Proterozóico Superior. *An. Acad. brasil. Ciênc.* **40**(Supl.):258-300.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1971 - Geochronological division of the Precambrian of South America. *Rev. Bras. Geoc.*, **1**(1):13-21.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1978 - Limites cronotectônicos para as divisões do tempo Pré-Cambriano na América do Sul (Res.) *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **50**(1):114-115.
- ALMEIDA, F.F.M. de & BARBOSA, O. - 1949 - *A série Tubarão na bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM (Notas Preliminares e Estudos 48).
- ALVES, R.C.; COELHO, E.A., NEPOMUCENO FILHO, F. - 1978 - *Geologia e perspectivas petrolíferas das bacias do Espírito Santo, Mucuri e "Arco" de Vitória*. s.l., Petrobras Dexpro-Divex. (Rel. não publicado).
- AMARAL, G. 1967 - Potassium-argon age measurements on some Brazilian grauwackites. *Earth Plan. Sci. Letters*, **3**: 190-192.
- AMARAL, G. - 1974 - *Geologia Pré-Cambriana da região Amazônica*. São Paulo, 212p. (Tese de Livre-Docência, Inst. Geociências da USP).
- AMARAL, G. - 1975 - Evolução tectônica da Plataforma Amazônica no Fanerozóico. In: CONF. GEOL. INTERGUIANAS, 10, Belém, 1975. *Anais*. Belém, p. 792-803.
- AMARAL, G. - 1984 - Províncias Tapajós e Rio Branco. In: ALMEIDA, F.F.M. de & HASUI, Y. (ed.), *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blucher. p. 6-35.
- AMARAL, G. & KAWASHITA, K. - 1967 - Determinação da idade do Grupo Bambuí pelo método Rb-Sr. In: CONGR. BRAS. GEOL., 21. Curitiba, 1967. *Anais...* Curitiba, SBG. p. 214-217.
- AMERICAN GEOLOGIC INSTITUTE - 1980 - *Glossary of Geology*. 2. ed. 517 p.
- ANHAEUSSER, C.R. - 1975 - Precambrian tectonic environments. *Ann. Rev. Earth Plan. Sci.*, **3**:31-53.
- ASHLEY, G.H.; CHENEY, M.G.; GALLOWAY, J.J.; GOULD, C.N.; HARES, C.J.; HOWELL, B.F.; LEVORSEN, A.I.; MISER, H.D.; MOORE, B.C.; REESIDE Jr., J.B.; RUBEY, W.W.; STANTON, T.W.; STOSE, G.W.; TWENHOFEL, W.H. - 1933 - Classification and nomenclature of rock units. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **44**:423-459.
- ASMUS, H.E.; GOMES, J.B.; PEREIRA, A.C.B. - 1971 - Integração geológica regional da Bacia do Espírito Santo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 25, São Paulo, 1971. *Anais...* São Paulo, SBG. v. 3, p. 235-252.
- AUBOIN, J. - 1965 - *Geosynclines*. Amsterdam, Elsevier, 335 p.
- BARBERENA, M.C.; ARAÚJO, D.F.; LAVINA, E.L.; AZEVEDO, S.K. - 1985 - O estado atual do conhecimento sobre os tetrópodes permianos e triássicos do Brasil Meridional. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. *Coletânea de trabalhos paleontológicos*. Brasília, DNPM. p. 21-28. (Série Geologia 27, Seção Paleontologia e Estratigrafia 2).
- BARBOSA, O. & ALMEIDA, F.F.M. - 1948 - Nota sobre a estratigrafia da Série Tubarão no Estado de São Paulo. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **21**(11): 65-68.
- BAPTISTA, M.B.; BRAUN, O.P.G.; CAMPOS, D.A. (Coords.) 1984 - *Léxico Estratigráfico Brasileiro* - Dep. Nac. Prod. Min., 560p.
- BELOUSSOV, V.V. - 1962 - *Basic problems in geotectonics*. New York, McGraw-Hill. 816 p.
- BELOUSSOV, V.V. - 1981 - *Continental endogenous regimes*. Moscou, MIR. 295 p.
- BENGTSON, P. - 1969 - A bioestratigrafia esquecida. Avaliação dos métodos bioestratigráficos no Cretáceo Médio do Brasil. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **5**(3):535-545.
- BEURLIN, G. - 1969 - Uma nova forma de amonóide da Formação Sapucari-Laranjeiras (Cretáceo de Sergipe): considerações sobre a bioestratigrafia. *Bol. Tecn. Petrobras*. **12**(2):147-169.
- BIGARELLA, J.J. & ANDRADE, G.O. - 1965 - Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. In: WRIGHT, JR., H.E. & FREY, D.G. ed., *International studies on the Quaternary*, s.l., Geol. Soc. Am. p. 443-451 (Special Paper 84).
- BIGARELLA, J.J.; MARQUES Fº, P.L.; AB'SÁBER, A.N. - 1961 - Ocorrência de sedimentos remanescentes nas fraldas da Serra de Iquererim (Guarua, Santa Catarina), *Bol. Paran. Geogr.*, (4/5):82-93.
- BRAUN, O.P.G. - 1974 - O termo Associação e seu emprego na taxonomia estratigráfica brasileira. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28, Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG. v. 2, p. 151-159.
- BRITO NEVES, B.B. - 1968 - *Contribuição ao léxico estratigráfico do leste do Brasil*. - In: SIMP. GEOL. NORDESTE, Recife, 1968. *Atas...* Recife, SBG/NNE. 150p. (Dep. Rec. Nat. Sudene, Publ. Esp. IV).

- CHANG, K.H. - 1975 - Unconformity-bounded stratigraphic units. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **86**:1544-1552.
- COSTA, L.A.M. da; ANGEIRAS, A.G.; VALENÇA, J.G.; STEVENAZI, V. 1970 *Novos conceitos sobre o Grupo Bambuí e sua divisão em tectonogrupos*. Rio de Janeiro, Inst. Geoc. UFRJ, p. 3-33. (Bol. Geologia, 5).
- DAEMON, R.F.; QUADROS, L.P.; SILVA, L.C. da - 1967 - Devonian palinology and biostratigraphy of the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J.J., ed. *Problems in Brazilian Devonian Geology*. *Bol. Paran. Geoc.*, (21/22):99-132.
- DEWEY, J.F. & BURKE, K. - 1974 - Hot spots and continental breakup: some implications for collisional orogeny. *Geology*, **2**:57-60.
- DINIZ, M.N. - 1985 - *Interpretação ambiental da Formação Ponta Grossa na parte central da Bacia do Paraná. Um estudo de sub-superfície*. São Paulo, 148 p. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da USP).
- EICHER, D.L. - 1968 - *Tempo Geológico*; tradução de J.E.S., FARJALLAT. São Paulo, Ed. USP/Edgard Blücher. p. 162-165.
- FRANCISCO, B.H.B. & LOEWENSTEIN, P. - 1968 - *Léxico estratigráfico da região Norte do Brasil* - Mus. Par. E. Goeldi *Publ. Avulsa n° 9*:93p.
- FISCHER, W.L.; GAMA JR., E.G.; OJEDA, H.A.O. - 1973 - Estratigrafia sísmica e sistemas deposicionais na Formação Piacaçu. In: CONGR. BRAS. GEOL., 27, Aracaju, 1973. *Anais...* Aracaju, SBG, v. 3, p. 123-134.
- FISCHER, W.L.; MORALES, R.G.; DELLA PIAZZA, H.; BROWN JR., L.S. - 1974 - Sistemas deposicionais das bacias de Mucuri-Cumurixatiba e Jequitinhonha. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28. Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG. v. 1, p. 13-26.
- FOUCAULT, A. & RAOULT, J.F. - 1980 - *Dictionnaire de géologie*. Paris, Masson éd.
- FIGUEIREDO, F. P.M. & BORTOLUZZI, C.A. - 1975 - *Léxico estratigráfico da Região Sul*, Porto Alegre, Univ. Fed. RGS. (Pesquisas n.º 6), 74p.
- GAMA JR., E.G. - 1985 - *Estratigrafia genética e classificação global da Bacia Potiguar (RN) e ambiência do petróleo nas bacias mesozóicas do Nordeste brasileiro*. Rio Claro (Tese de Livre-Docência, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP), 133 p.
- GAMA JR., E.G.; BANDEIRA Jr., A.N.; FRANÇA, A.B. - 1982- Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.* **12**(4):578-589.
- GILLULY, J. - 1966 - Orogeny and geochronology. *Am. J. Sci.*, **264**:97-111.
- GRIGORYEVA, L.V. - 1979 - Precambrian activation of the crust of the Earth. *Geotectonics*, **13**(2):116-122.
- HARLAND, W.B. - 1968 - On the principle of a Late Precambrian Stratigraphical Standard Scale. In INT. GEOL. CONGR., 23, Czechoslovakia, 1968. *Proceedings...* v. 4, p. 253-264.
- HARRINGTON, H.J. - 1956 - Paraguay in feuks W.F. Handbook of South American Geology. *Geol. Soc. Mem.*, **65**:99-114.
- HEDBERG, H.D., ed. - 1963 - *Código de nomenclatura estratigráfica*. Recife, Inst. Geol. Univ. Fed. Pernambuco. (Ser. Didática n° 1). Trad. Josué Camargo Mendes.
- HEDBERG, H.D. - 1971a - Preliminary report on Stratotype. In: INT. GEOL. CONGR., 24, 1970, Canadá. Intern. Subcommission on Stratigraphic Classification. Report n° 4, 19 p.
- HEDBERG, H.D. - 1971b - Preliminary report on biostratigraphic unjts. In: INT. GEOL. CONGR., 24, 1970, Canadá. Intern. Subcommission on Stratigraphic Classification. Report n° 5, 50 p.
- HEDBERG, H.D. - 1971c - Preliminary report on Chronostratigraphic units. In: INT. GEOL. CONGR., 24, 1970, Canadá. Intern. Subcommission on Stratigraphic Classification. Report n° 6, 39 p.
- HEDBERG, H.D. - 1976 - *International stratigraphic guide*. s.l., John Wiley. 200 p.
- HENDERSON, J.B.; CALDWELL, W.G.E.; HARRISON, J.E. - 1980 - North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, report 8 ammendment of code concerning terminology for igneous and high-grade metamorphic rocks. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **91**:374-376.
- HORSCHUTZ, P.M.C. & TEIXEIRA, A.A. - 1969 - Diapirismo de folhelho na Bacia do Recôncavo. *Bol. Tecn. Petrobras*, **12**(3), 18 p.
- JAIN, V.E. - 1980 - *Geotectonica general*. Moscow, MIR. 2v.
- JOÃO, X.da S.J.; FRIZZO, S.J.; MARINHO, P.A. de C.; CARVALHO, J.M.A.; SILVA NETO, C.S.; SOUZA, A.N.; GUIMARÃES, L.R. - 1979 - *Geologia da região do sudoeste do Amapá e norte do Pará*. Projeto Sudoeste do Amapá. Rio de Janeiro, DNPM. 125 p. (Geologia; Seção de Geologia Básica, 7).
- KHAIN, V.E. - 1960 - Main types of tectonics structures, their principal features and probable. In: INT. GEOL. CONGR., 21, Copenhagen, 1960. *Proceedings...* v. 18, p. 215-226.
- KRÖNER, A. - 1977 - The Precambrian geotectonic evolution of Africa: Plate accretion versus plate destruction. *Prec. Rer.*, **4**: 163-213.
- KRUMBEIN, W.C. & SLOSS, L.L. - 1959 - *Stratigraphy and sedimentation*. San Francisco, W.H. Freeman. 497 p.
- LANGE, F.W. - 1967 - Biostratigraphic Subdivision and Correlation of the Devonian in the Paraná Basin. In: Bigareila, J.J. ed., *Problems in Brazilian Devonian Geology*, *Bol. Paran. Geoc.*, (21/22):63-98.

- LANGE, F.W. & PETRI, S. - 1967 - The Devonian of the Paraná Basin. *Bol. Paran. Geoc.*, (21/22):5-55.
- LIMA, E.C. - 1972 - Bioestratigrafia da Bacia de Barreirinhas. In: CONGR. BRAS. GEOL., 26, Belém, 1972. *Anais...* Belém, SBG. v. 3, p. 81-91.
- MAHEL, M. - 1968 - Some common features and particularities of Carpathians and Alps. In: INT. GEOL. CONGR., 23, Czechoslovakia, 1968. *Proceedings...* v. 3, p.77-86.
- McREATH, J.; SÁ, E.F.J. de; FRYER, B.J. - 1981 - *As vulcânicas ácidas proterozóicas da região da bacia do rio Paramirim-Bahia*. Salvador, Secr. Min. Energ. Bahia - CPM. p. 121-134. (Geol. Rec. Min. Est. Bahia. v. 4).
- MENDES, J.C. - 1952 - A Formação Corumbataí na região do rio Corumbataí. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Let. USP*, 145, (Geol. 8).
- MENDES, J.C. - 1954 - Contribuição a estratigrafia da Série Passa Dois no Estado do Paraná. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Let. USP*, v. 175, p. 1-119. (Geol. 10).
- MEZZALIRA, S. - 1954 - Novas ocorrências de crustáceos fósseis da Formação Irati do Sul do Brasil. In: LANGE, F.W. ed., *Paleont. do Paraná*. p. 165-173. (V. Comem. 1.0 Cent. Est. Paraná.)
- MEZZALIRA, S.; AZEVEDO, A.A.B.; TOMINAGA, L.K.; PRESSINOTTI, M.M.N.; MASSOLI, M. - 1981 - *Léxico estratigráfico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Inst. Geol. 161 p. (Bol. 5).
- MURATOV, M.V. - 1977 - *The origin of continents and ocean basins*. Moscou, MIR. 191 p.
- NAGIBINA, M.S. - 1967 - Tectonic structures related to activation and revivation. *Geotectonics*, (4):213-218.
- OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS, O.H. - 1943 - *Geologia do Brasil*. 2 ed. s.l., Serv. Inf. Agric. (Sér. Didática 2.).
- OLIVEIRA, F.P. - 1889 - *Reconhecimento geológico do valle do rio Paranapanema*. São Paulo, Com. Geog. Geol. 39 p. (Boletim 2).
- PETRI, S. - 1948 - *Contribuição ao estudo do devoniano paranaense*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 125 p. (Boletim 29).
- PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. - 1983 - *Geologia do Brasil, Fanerozóico*. São Paulo, EDUSP/TAQ. 631 p.
- PETRI, S. & SUGUIO, K. - 1969 - *Sobre os metassedimentos do Grupo Açungui do extremo sul do Estado de São Paulo*. São Paulo, Convênio USP/DAEE, Secr. Obras Públ. do Est. de S. Paulo. v. 2.
- PINTO, I.D. & SANGUINETTI, Y.T. - 1958 - *Bisulcocypris* a new mesozoic genus and preliminary note about its relation with *Metacypris* and allied forms. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, 7(1):76-90.
- PONÇANO, W.L.; STEIN, D.P.; ALMEIDA, F.F.M. de; ALMEIDA, M.A. de; MELO, M.S. de. 1982. A Formação Itaqueri e depósitos correlatos no Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. v. 4, p. 1339-1350.
- REGALI, M.P.S.M.; UESUGUI, N.; SANTOS, A.S. - 1974 - Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil (1). *Bol. Tecn. Petrobras*, 17(3):177-191.
- RONOV, A.B.; KHAIN, V.E.; SESLAVINSKIY, K.B. - 1982 - Lower and Middle Riphean lithologic complexes of the world. *Int. Geol. Rev.*, 24(5):509-525.
- ROTAY, A.P. (ed.) - 1966 - Stratigraphic classification, terminology and nomenclature. *Int. Geol. Rev.*, 8(10):1-36.
- SAMPAIO, A.V. & SCHALLER, H. - 1968 - Introdução à estratigrafia cretácea da Bacia Potiguar. *Bol. Tecn. Petrobras*, 11(1): 19-44.
- SCHALLER, H. - 1969 - Revisão estratigráfica da Bacia Sergipe-Alagoas. *Bol. Tecn. Petrobras*. 12(1):21-86.
- SCHENCK, H.G. & MÜLLER, S.W. - 1941 - Stratigraphic terminology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 52:1419-1426.
- SHCHEGLOV, A.D. - 1979 - *Fundamentals of metallogenic analysis*. Moscou, MIR. 335 p.
- SILVA, Z.C. & WOLF, M. 1978 - Estudo preliminar das camadas de carvão de Santa Catarina. In: CONGR. BRAS. GEOL., 30, Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG. v. 6, p. 2828-2840.
- SLOSS, L.L. - 1963 - Sequences in the cratonic interior of North America. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 74:93-104.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J. - 1974 - Avaliação preliminar da evolução geotectônica das bacias intracratônicas brasileiras. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28, Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG. v. 4, p. 61-83.
- SOUZA, S.M. - 1982 - Atualização da estratigrafia da Bacia Potiguar. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. v. 5, p. 2392-2406.
- SUGUIO, K. & SOUZA, S.H.M. - 1985 - Restos de mesossaurídeos na Formação Corumbataí, Permiano da Bacia do Paraná, no Estado de São Paulo. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, 57(3):339-347.
- THE SOUTH AFRICAN COMMITTEE for STRATIGRAPHY - 1980 - South African code of stratigraphic terminology and nomenclature. In: STRATIGRAPHY of SOUTH AFRICA. s.l., Geological Survey of South Africa. Handbook 8, Appendix.
- TINOCO, I.M. - 1976 - Foraminíferos planctônicos e a passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco, Nordeste do Brasil, In: CONGR. BRAS. GEOL., 24, Brasília, 1976. *Anais...* Brasília, SBG. v. 1, p. 17-25.
- VAN EYSINGA, F.W.B. - 1975 - *Geological Time Table*. 3 ed. Amsterdam, Elsevier.

- VIANA, C.F. - 1967 - Microfósseis do Cretáceo do nordeste brasileiro e Africa ocidental. In: CONGR. BRAS. GEOL., 21, Curitiba, 1967. *Anais...* Curitiba, SBG, p. 19-28.
- VIANA, C.F. - 1980 - Cronoestratigrafia dos sedimentos da margem continental brasileira. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, 1980. *Anais...* Camboriú, SBG, V. 2, p. 832-843.
- VIANA, C.F.; GAMA Jr., E.G.; SIMOES, I.A.; MOURA, J.A.; FONSECA, J.R.; ALVES, R.J. - 1971 - Revisão estratigráfica da bacia Recôncavo-Tucano. *Bol. Tecn. Petrobras*, 14(3/4): 157-192.
- WHEELER, H.R. - 1959 - Unconformity-bounded unjts in stratigraphy. *AAPG Bull.*, 43(8):1975-1977.
- WHITE, I.C. - 1908 - *Relatório final da Comissão de Estudos das minas de carvão de pedra do Brasil*. Rio de Janeiro.
- WRIGHT, W.B. 1926 - *Stratigraphical diacronism in the milestonegrib of Lancashire*. s.l., Brit. Assoc. Adv. Sc. p. 354-355. (Repr. 44th).

MANUSCRITO 397

Recebido em 06 de outubro de 1986

Revisão aceita em 23 de outubro de 1986

Gilbert frequentemente refere-se a leis, embora explicitamente ele tenha formulado apenas três: a lei da declividade: em geral podemos dizer que a declividade exibe uma relação inversa à quantidade de água; a lei da estrutura: Tanto quanto a lei da estrutura controla a estrutura, os materiais resistentes constituem as saliências e os moles constituem os leitos dos vales; e a lei do divisor hidrográfico: Quanto mais próxima a linha divisória das águas, ou divisor hidrográfico, mais íngreme o declive.

Bradley, H.W. 1963. In: *Fabric of Geology* pg. 12-23 (Albritton Jr., ed.) *Geology of the Henry Mountains*. Washington, USGS.

*** citando Gilbert 1877.**