

# Introdução à Geomorfologia

## 1. Introdução ao estudo da geomorfologia

### 1.1. A natureza da geomorfologia

### 1.2. A geomorfologia no contexto da Geografia

### 1.3. Síntese Evolutiva dos Postulados geomorfológicos

### 1.4. Sistemas de referência em geomorfologia

#### 1.4.1. O sistema de William M. Davis

#### 1.4.2. O sistema de Walther Penck

#### 1.4.3. O sistema de Lester C. King

#### 1.4.4. O sistema de John T. Hack

### 1.5. Algumas evidências quanto à velocidade da denudação

### 1.6. Os níveis metodológicos em geomorfologia

## 1. Introdução ao estudo da geomorfologia

O que é e para que serve a Geomorfologia:

Mostrar a importância do estudo do relevo para os diferentes campos do conhecimento (planejamento urbano e regional, análise ambiental...), evidenciando a estreita relação com a Geografia.

As grandes correntes geomorfológicas e a situação atual:

Evidenciar as duas grandes linhagens epistemológicas (escola anglo-americana e germânica), com respectivas filiações, apresentando um panorama da situação atual (tendência holística, fundamentada na perspectiva germânica).

Os níveis metodológicos em geomorfologia

Mostrar a importância dos três níveis de abordagem sistematizados por Ab'Sáber (1969) para o estudo da geomorfologia. Resgatar a importância das unidades taxonômicas para o estudo do relevo (apresentar alguns conceitos básicos, como processos morfoclimáticos, morfogenéticos e morfodinâmicos, considerando as relações tempo-espaciais).

### 1.1. A natureza da geomorfologia

A geomorfologia é um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender os processos pretéritos e atuais. Como componente disciplinar da temática geográfica, a geomorfologia constitui importante subsídio para a apropriação racional do relevo, como recurso ou suporte, considerando a conversão das propriedades geoecológicas em sócio-reprodutoras (Kügler, 1976, caracteriza as funções sócio-reprodutoras em *suporte* e *recurso* do homem). Seu objeto de estudo é a superfície da crosta terrestre, apresentando uma forma específica de análise que se refere ao relevo. A análise incorpora o necessário conhecimento do jogo de forças antagônicas, sistematizadas pelas atividades tectogenéticas (endógenas) e mecanismos morfoclimáticos (exógenos), responsáveis pelas formas resultantes.

Partindo do princípio de que tanto os fatores endógenos, como os exógenos, são "forças vivas", cujas evidências demonstram grandes transformações ao longo do tempo geológico, necessário se faz entender que o relevo terrestre não foi sempre o mesmo e que continuará evoluindo. Portanto, a análise geomorfológica de uma determinada área implica obrigatoriamente o conhecimento da evolução que o relevo apresenta, o que é possível se obter através do estudo das formas e das sucessivas deposições de materiais preservadas, resultantes dos diferentes processos morfogenéticos a que foi submetido.

O relevo assume importância fundamental no processo de ocupação do espaço, fator que inclui as propriedades de suporte ou recurso, cujas formas ou modalidades de apropriação respondem pelo comportamento da paisagem e suas conseqüências.

Ao se apresentar um estudo integral do relevo, deve-se levar em consideração os três níveis de abordagem sistematizados por Ab'Saber (1969), e que individualizam o campo de estudo da geomorfologia: a *compartimentação morfológica*, o levantamento da *estrutura superficial* e o estudo da *fisiologia da paisagem*.

A *compartimentação morfológica* inclui observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características do relevo, que apresentam uma importância direta no processo de ocupação. Nesse aspecto a geomorfologia assume importância ao definir os diferentes graus de risco que uma área possui, oferecendo subsídios ou recomendações quanto à forma de ocupação e uso.

A *estrutura superficial*, ou depósitos correlativos<sup>2</sup> se constitui importante elemento na definição do grau de fragilidade do terreno, sendo responsável pelo entendimento histórico da sua evolução, como se pode comprovar através dos paleopavimentos. Sabendo das características específicas dos diferentes tipos de depósitos que ocorrem em diferentes condições climáticas, torna-se possível compreender a dinâmica evolutiva comandada pelos elementos do clima considerando sua posição em relação aos níveis de base atuais, vinculados ou não a ajustamentos tectônicos.

A *fisiologia da paisagem*, terceiro nível de abordagem, tem por objetivo compreender a ação dos processos morfodinâmicos atuais, inserindo-se na análise o homem como sujeito modificador. A presença humana normalmente tem respondido pela aceleração dos processos morfogenéticos, como as formações denominadas de tectogênicas, abreviando a atividade evolutiva do modelado. Mesmo a ação indireta do homem, ao eliminar a interface representada pela cobertura vegetal, altera de forma substancial as relações entre as forças de ação (processos morfogenéticos ou morfodinâmicos) e de reação da formação superficial, gerando desequilíbrios morfológicos ou impactos geoambientais como os movimentos de massa, boçorocamento, assoreamento, dentre outros, chegando a resultados catastróficos, a exemplo dos deslizamentos em áreas topograficamente movimentadas.

No estudo desses níveis, do primeiro em relação ao terceiro, os processos evoluem de uma escala de tempo geológica para uma escala de tempo histórica ou humana, incorporando gradativamente novas variáveis analíticas, como relacionadas a derivações antropogênicas, e exigindo maior controle de campo, o que implica emprego de técnicas, como o uso de miras graduadas para controle de processos erosivos, podendo chegar a níveis elevados de sofisticação análises específicas.

O estudo das formas do relevo deriva substancialmente das concepções geológicas do século XVIII, que representaram a tendência naturalista, voltada aos interesses do sistema de produção, tendo o "utilitarismo" como princípio. Em torno de 1850 a geologia havia chegado a grandes interpretações de conjunto da crosta terrestre, contando com um corpo teórico ordenado. A partir de então se registraram as primeiras contribuições dos geólogos nos estudos do relevo, dentre os quais se destacam os trabalhos de A. Surell, expondo esquema clássico da erosão torrencial, de Jean L. Agassiz, estabelecendo as bases da morfologia glacial, de W. Jukes, apresentando os primeiros conceitos sobre o traçado dos rios, de Andrew Ramsay e Grove K. Gilbert, evidenciando a capacidade de aplainamento pelas águas correntes, de John W. Powell e Clarence E. Dutton, calculando os ritmos de arraste e deposição dos sedimentos, dentre outros (Mendonza et al, 1982).

No final do mesmo século, William M. Davis, dando prosseguimento aos estudos de G. K. Gilbert e J.W. Powell apresenta proposta de uma geomorfologia fundamentada na tendência escolástica da época, representada pelo evolucionismo. Como se sabe, a influência do darwinismo como forma de substituição do modelo mecanicista influenciou significativamente o conhecimento científico geral. A escola geomorfológica alemã, por outro lado, encabeçada por Albrecht Penck e Walther Penck, defensora de uma concepção integradora dos elementos que compõem a superfície terrestre, se contrapôs às idéias de W. Davis, fundamentada na noção de ciclo, tida como "finalista".

Evidencia-se, portanto, o nascimento de duas escolas geomorfológicas distintas, que serão consideradas a seguir, e cuja sistematização fundamentou-se em estudos desenvolvidos por Leuzinger (1948) e Abreu (1982 e 1983).

## **1.2. A Geomorfologia no contexto da Geografia**

A teoria geomorfológica edificou-se com nítida vinculação aos campos de interesse da geografia e da geologia. Assume importância ao ser abordada no contexto geográfico, considerando sua contribuição no processo de ordenamento territorial.

Em importante revisão bibliográfica, Abreu (1982) mostra que o problema da pertinência da geomorfologia em relação à geografia, foi tratado em diversas oportunidades, como por Hartshorne (1939), Russel (1949), Bryan

(1950), Taylor (1951), Leighly (1955), dentre outros. Wooldridge e Morgan (1946) consideram a pertinência da climatologia e da geomorfologia e de suas aplicações no campo da geografia. Nos anos 60 e 70, a geomorfologia passa a ser incorporada ao contexto da crítica teórico-conceitual da geografia, destacando-se aqui os trabalhos de Hamelin (1964), Schmithüsen (1970), Neef (1972) e Kügler (1976), além de outros.

Para Hamelin (1964), a geomorfologia se erige como uma disciplina por meio de sua própria teoria, não interessando em toda sua completude à geografia. Ao admitir a possibilidade de avançar em duas dimensões (geomorfologia funcional e geomorfologia completa ou integral), o autor compreende a geomorfologia como processo: de um lado, no contexto da geociências, devendo ser explorada numa escala temporal de maior magnitude (escala geológica), e de outro, concentrando suas atenções nos fenômenos de duração temporal mais curta, valorizando os aspectos das derivações antropogênicas (escala humana ou histórica). Conclui por uma postura consensual entre autores de língua inglesa e francesa, na qual a geomorfologia se erige como uma disciplina através de seu próprio campo e teoria, não interessando em toda sua extensão à Geografia (Abreu, 1982).

Schmithüsen (1970), ao procurar articular o campo e o conteúdo da geografia, com o intuito de superar o antagonismo geografia física - geografia humana, propõe uma síntese em que a teoria e o método ocupem um lugar central. No "Sistema da Ciência Geográfica" proposto pelo autor, a divisão geografia física - geografia humana não encontra lugar, assinalando que esta dicotomia mais prejudica do que beneficia o verdadeiro campo da geografia".

A aproximação, ao invés da subordinação, da geomorfologia funcional a uma geografia global, no conceito de Hamelin (1964), resulta da própria tendência naturalista da escola germânica a partir da década de trinta, quando busca uma visão holística. Atribui-se a Tricart & Cailleux (1965) o tratamento do relevo como "unidade dialética" por entenderem sua evolução como o resultado da ação e reação de forças antagônicas, fundamentadas no sistema de referência idealizado por Penck (1924).

Neef (1972), numa abordagem mais geográfica dos componentes da paisagem natural, procura desenvolver uma postura voltada aos interesses da sociedade. "As conclusões que Neef alcança são fundamentais, deixando cristalino que se a geografia quiser atingir uma posição de mérito na resolução dos problemas mundiais, ela deverá aprofundar-se em uma concepção que a transforme em uma ciência ambiental" (Abreu, 1982).

Nessa trajetória Ab'Sáber (1969) sistematiza os níveis de abordagem metodológica em geomorfologia, oferecendo um quadro de referência que valoriza a perspectiva geográfica ao retomar o conceito de "fisiologia da paisagem" usado por Siegfried Passarge (1912). Para Abreu (1982), Ab'Sáber (1969) assume uma postura naturalista dos estudos de geografia física global.

Kügler (1976), ao desenvolver pesquisa e mapeamento geomorfológico na República Democrática Alemã, conceitua, de forma integrada, o relevo e o território, "que se cunham em uma interface extremamente dinâmica, produzindo uma paisagem fortemente marcada pela sociedade e por sua estrutura econômica. Apóia-se indiscutivelmente, na clássica visão alemã das diferentes esferas que se interseccionam e definem uma epiderme de pouca espessura, consubstanciando-se, formalmente, através da paisagem" (Abreu, 1982), de onde emerge o conceito de *Landschaftschülle*.

O conceito de georrelevo concebido por Kügler corresponde a uma superfície limite produzida pela dinâmica dos integrantes sistêmicos, resgatando o conceito tradicional da geomorfologia alemã. A dinâmica e as propriedades adquiridas são fundamentais para se compreender a forma com que se dá a evolução das propriedades geocológicas do georrelevo em propriedades sócio-reprodutoras. O uso das propriedades geocológicas, como suporte ou recurso, reflete a intensidade e modos de uso face aos custos sociais de reprodução.

Kügler (1976) utiliza-se dos eixos tradicionais de evolução da geomorfologia alemã, apoiado em Passarge (1912) e Penck (1924). Ao emergir de um contexto geográfico, a geomorfologia supera a perspectiva dicotômica interna (como a estrutural e climática, lembradas por Abreu, 1982), culminando com a concepção de georrelevo, numa perspectiva paisagística.

A década de 70 pode ser tomada como o marco inicial de uma discussão mais abrangente das questões ambientais, quando aparece a designação geomorfologia ambiental (Simpósio de Bringhamton, 1970), tendo por objetivo incluir o social ao contexto das ampliações geomorfológicas. Os resultados mais significativos considerados por Achkar & Dominguez (1994) aparecem no final da década de 80:

- nova conceitualização da relação sociedade-natureza, opondo-se à visão dualista uma interpretação monista;
- no nível aplicado da geomorfologia se apresenta o desafio de gerar respostas às questões de natureza ambiental;

- quanto ao método, a geomorfologia busca uma proposta concreta, vinculada à elaboração de cartas de diagnóstico ambiental, como insumo do ordenamento espacial;
- a revalorização dos antecedentes da geomorfologia alemã, no princípio do século XX, estabelece uma estreita relação da geomorfologia com a geografia, dada a conceitualização monista da natureza. Não é por acaso que tais conteúdos comecem, com o advento da ecologia, a discutir as relações sociedade-natureza enquanto categorias filosóficas

Embora devam se admitir importantes avanços com relação à perspectiva de uma maior integração entre geomorfologia e geografia, os princípios metafísicos ainda se fazem presentes, chegando ao exagero de se separar o geomorfólogo do geógrafo, atribuindo-se muitas vezes ao último a responsabilidade pela decisão da escolha das variáveis de interesse considerando “sua visão particular” (Cassetti, 1996).

Ao se considerar a tendência ambiental numa perspectiva holística<sup>3</sup>, a geomorfologia peca por desconsiderar os processos na sua integridade, ou seja, a evolução do relevo como fruto das relações contrárias (forças internas e externas), ao mesmo tempo se constituindo substrato apropriado pelo homem enquanto componente de relações sociais de produção com interesses distintos, com reflexos nas propriedades geoecológicas do relevo. A visão holística, embora se caracterize como avanço em relação à postura fragmentária-mecanicista, carece de mudança paradigmática mais profunda, numa perspectiva ecológica<sup>4</sup>. Tal fato leva conseqüentemente a uma valorização das geociências em detrimento das relações sociais, considerando a proximidade ambiental.

Partindo do princípio de que a base de sustentação teórica para a necessária abordagem ambiental fundamenta-se na dialética da natureza, fica claro que a geomorfologia, ao mesmo tempo em que deve se preocupar com a própria fundamentação teórica (a geomorfologia em si, na visão da “geomorfologia integral” de Hamelin, 1964), carece de uma rediscussão epistemológica, em busca de uma “geografia total”. Apropriando-se da concepção de dialética da natureza recuperada por Branco (1989), torna-se necessário pensar dialeticamente para apreender as novas paisagens da *fisis*<sup>5</sup> (objetos disciplinares unidos por um traço comum: a “dialeiticidade”). Essa compreensão só se torna possível ao resgatar o conceito de natureza.

Como se sabe, a externalização da natureza<sup>6</sup> configura o núcleo do programa da modernidade gestado no iluminismo. Tem-se, portanto, o homem como “senhor e possuidor da natureza”, legitimando a apropriação privada dos meios de produção, base de sustentação do sistema capitalista. Com base no princípio da externalização promovem-se as diferentes formas de alienação, o “desencantamento do mundo”, o que permite a apropriação espontaneísta e dilapidante da natureza, além do evidente antagonismo de classes sociais. Significa, portanto, que para compreender a natureza em sua integridade, numa perspectiva dialética, torna-se imprescindível compreender além das relações processuais (contribuição da geomorfologia em si), as relações de produção e suas forças produtivas, sem desconsiderar as implicações da superestrutura ideológica, responsável pela preservação das diferentes formas de alienação (o necessário traço comum para a união dos objetos disciplinares), culminando com a apropriação espontaneísta do utilitarismo.

Compreender a dialeticidade da natureza significa compreender a unidade entre o processo histórico natural e a história do homem, o que permite concluir que o processo do pensamento é, ele próprio, elemento da natureza: o movimento do pensamento não está isolado do movimento da matéria, o que se contrapõe ao dualismo psico-físico descartiano – substância pensante e substância meramente extensa – que fundamentou o princípio de que a natureza interna está dominada em prol da dominação da natureza externa (Cassetti, 1996).

Conclui-se que preocupar-se com a perspectiva ambiental em geomorfologia significa preocupar-se com a compreensão dialética da natureza, numa visão de Engels, o que demonstra ser responsabilidade de todos, em busca da unidade que tem sido entendida de forma parcial.

### 1.3. Síntese Evolutiva dos Postulados geomorfológicos

As diferenças histórico-culturais européias levaram à individualização de quadros nacionais contrastantes no contexto político continental, contribuindo para que se desenvolvessem correntes filosóficas e relações escolásticas distintas, levando ao discernimento de duas linhagens epistemológicas em geomorfologia. Uma, hoje identificada como de natureza anglo-americana, onde se evidenciou a aproximação da Inglaterra e França com os Estados Unidos, e outra de raízes propriamente germânicas, que posteriormente incorporou a produção publicada pelos russos e poloneses.

A linhagem epistemológica anglo-americana fundamenta-se, praticamente até a Segunda Guerra Mundial, nos paradigmas propostos por Davis (1899), através de sua teoria denominada de *Geographical Cycle*. Para ele, o relevo se definia em função da estrutura geológica, dos processos operantes e do tempo.

Apesar de Gilbert (1877) já ter tentado explicar o relevo como resultante da erosão, portanto numa perspectiva climática, Davis considerava a morfologia em função da estrutura geológica, o que mereceu críticas insistentes do meio intelectual germânico contemporâneo, por volta de 1908/9. A geomorfologia davisiana praticamente não

tinha qualquer articulação com uma visão processual mais ampla, como a incorporação de componentes da climatologia ou da biogeografia, amplamente integradas na geomorfologia alemã.

No final da década de 30 do Século XX, os norte-americanos se interessaram pelas críticas de W. Penck à teoria davisiana. A interpretação de Penck (1924) ao ciclo geográfico, divulgada durante o Simpósio de Chicago (1939), foi incorporada pelos seguidores de Davis, criando novos paradigmas.

Durante a Segunda Guerra Mundial, a influência do pensamento científico alemão se amplia nos Estados Unidos, proporcionando o desenvolvimento de técnicas implementadas com posturas filosóficas bem definidas. Um dos autores da corrente anglo-americana que utilizou os princípios adotados por Penck foi Lester C. King (1953), cujas pesquisas sobre aplainamento caracterizavam o centro das atenções geomorfológicas na época. Na oportunidade, Kirk Bryan, Jean Dresch e André Cholley, até então vinculados à linhagem anglo-americana, começam a distanciar-se da concepção davisiana de relevo. Cholley (1950), partindo da análise corológica, introduz conceitos como "dialética das forças" em sistema aberto.

Deve-se acrescentar que a escola francesa, que exerceu posteriormente grande influência no desenvolvimento da geografia e geomorfologia brasileiras, se caracterizava pela reprodução do conhecimento científico anglo-americano. Isso pode ser exemplificado através das influências de Davis nos trabalhos elaborados sob a perspectiva estrutural, com Emmanuel de Martonne e André de Lapparent, fundamentados na tradição morfoestrutural de Emmanuel de Marguerie (1888, apud Mendonza et al, 1982).

Progressivamente, os autores americanos assumem uma atitude mais crítica, contribuindo sobremaneira para a elaboração de outros paradigmas, como o do "espaço", enquanto Davis valorizava o "tempo". Assim, enquanto a escola germânica valorizava as relações processuais e reflexos no modelado da paisagem, a anglo-americana, tendo Davis como principal representante, tinha o fator temporal como determinante da evolução do modelado, evidenciado pela antropomorfismo do relevo. A concepção evolutiva de Davis tinha por objetivo contribuir, de maneira despretensiosa, para o entendimento evolutivo do modelado, embora sem desconhecer a complexidade dos processos. Contrariando a postura tida como subjetiva de Davis, os autores americanos "convertidos" propunham fatos objetivos, estudados sob a ótica da quantificação, valorizando as relações processuais.

A partir da década de 40 até a de 60, a quantificação, a teoria dos sistemas e fluxos e o uso da cibernética (geografia quantitativa) assumem a vanguarda nos estudos geomorfológicos. Valorizam-se a análise espacial e o estudo das bacias de drenagem (Strahler, 1954; Gregory & Walling, 1973), ao mesmo tempo em que novas posturas começam a surgir, como a teoria do equilíbrio dinâmico de Hack (1960). Horton (1932, 1945), que já havia estabelecido leis básicas no estudo de bacias de drenagem utilizando propriedades matemáticas, assume relevância nos estudos hidrológicos.

Ainda na linha de adaptação e reforma do paradigma davisiano, destacam-se H. Baulig (1952) e P. Birot (1955). O primeiro, admitindo a freqüência dos movimentos crustais e as variações relativas ao nível dos mares, e o segundo concluindo que a evolução geral do relevo encontra-se relacionada a uma modalidade de ciclo morfológico que está em função do clima e da vegetação.

A inclusão da ação humana como instrumento de modificação das formas do relevo trouxe a vantagem de melhor entendê-las dentro de sistemas geomórficos atuais, ampliados pelos processos denominados de morfodinâmicos (Cruz, 1982).

Entre 1960 e início da década de 70, a aplicação dos postulados anteriormente obtidos, incorpora a teoria probabilística. Esses trabalhos acabaram caindo em formulações estereis, sobretudo pela rejeição ao paradigma davisiano, sem serem substituídos por outros universalmente aceitos. Se por um lado valorizam o espaço e supostas relações processuais, por outro desconsideram as relações temporais, julgadas como comprometidas com o paradigma davisiano (Abreu, 1983).

Morley & Zunpfer (1976) e Thorne & Brunson (1977) procuram rever as propostas precedentes. Não introduzem novos paradigmas, mas apresentam posição crítica liberta de preconceitos, valorizando as observações de campo. Levam em conta a ação processual, segundo referencial têmporo-espacial (Schumm & Lichty, 1965).

A linhagem epistemológica alemã tem Ferdinand von Richthofen (1883) como referência inicial, mantendo a pretensão humboldtiana de globalidade (harmonia natural). Enquanto Davis tinha em sua retaguarda nomes de geólogos, von Richthofen tinha como predecessores autores naturalistas, que por sua vez tinham Goethe como ponto de referência permanente, que empregou pela primeira vez a expressão "morfologia" como sinônimo de geomorfologia. Fica patente a preocupação da "escola germânica" em tratar o relevo numa perspectiva geográfica, o que pode ser atribuído à própria origem de sua linhagem epistemológica, relacionada aos naturalistas, a exemplo de Alexander von Humboldt (1769-1859).

Enquanto Davis apresentava uma proposição teorizante-dedutivista, von Richthofen se individualizava pela perspectiva empírico-naturalista utilizando-se de guia de observações de campo. Albrecht Penck (1894) também teve um papel fundamental na orientação da geografia alemã. Apesar de compartilhar de algumas noções básicas da teoria davisiana, como a de aplainamento, A. Penck deu ênfase à herança naturalista de Goethe e Humboldt, valorizando a observação e a análise dos fenômenos. A. Penck (1894) sistematiza teorias e formas do relevo (tratamento genético das formas), tornando-se um dos clássicos da Geografia, exercendo grande influência no desenvolvimento da geomorfologia alemã nas primeiras décadas do século XX.

Dentro desse contexto, três autores se destacam: A. Hettner (1927), grande crítico da teoria davisiana; S. Passarge (1912, 1913), com a proposição de novos conceitos, como "fisiologia da paisagem", fundamentado na idéia de organismo e S. Günther (1934), que desenvolveu uma abordagem processual e crítica ao sistema de referência davisiano.

Walther Penck (1924) aparece como principal opositor da postura dedutivista-historicista de Davis, valorizando o estudo dos processos. Em *Morphological Analysis of Landform*, publicação póstuma, utiliza-se da geomorfologia para subsidiar a geologia e contribuir para a elucidação dos movimentos crustais. Contribui assim para o avanço da geomorfologia, formalizando conceitos como o de "depósitos correlativos". Apesar de criticado, com a publicação de 1953, versão inglesa, levou alguns autores norte-americanos a se interessarem pelos estudos de vertentes e processos.

Desde Sigfried Passarge (1912), Otto Schüter (1918) e Karl Sapper (1914), os trabalhos de Geografia física coincidem com o estudo científico de diversas configurações resultantes do intercâmbio funcional entre litosfera, hidrosfera e atmosfera, que se dá na superfície terrestre, cuja unidade espacial representa o conceito de "paisagem".

A linha de estudos da geomorfologia climática e climatogenética emerge das pesquisas de J. Büdell (1948), "que levaram a uma ordenação dos conjuntos morfológicos e origem climática, em zonas e andares, produzidos pela interação das variáveis epirogenéticas, climáticas, petrográficas e fitogeográficas" (Abreu, 1983)".

O temário "paisagem" evolui com Troll (1932), que reconhece a necessidade tanto teórica quanto prática de uma convergência entre geografia física e ecologia.

Após a Segunda Guerra, a cartografia geomorfológica emerge como instrumento fundamental para a análise do relevo, graças às contribuições desenvolvidas na Polônia, Tchecoslováquia e URSS (Klimaszewski, 1983; Demek, 1976; Basenina & Trescov, 1972). O avanço do mapeamento geomorfológico e seu crescente emprego no planejamento regional mantêm o caráter geográfico da ciência geomorfológica.

Assim, a geomorfologia alemã, na Segunda Guerra Mundial, se beneficia com o desenvolvimento da cartografia geomorfológica, enquanto a geomorfologia anglo-americana permanece estagnada. As críticas consubstanciadas ao modelo davisiano acabam respondendo por uma verdadeira ruptura epistemológica na perspectiva anglo-americana, aproximando-se cada vez mais das bases que subsidiam a linhagem germânica (Fig 1. 1.).

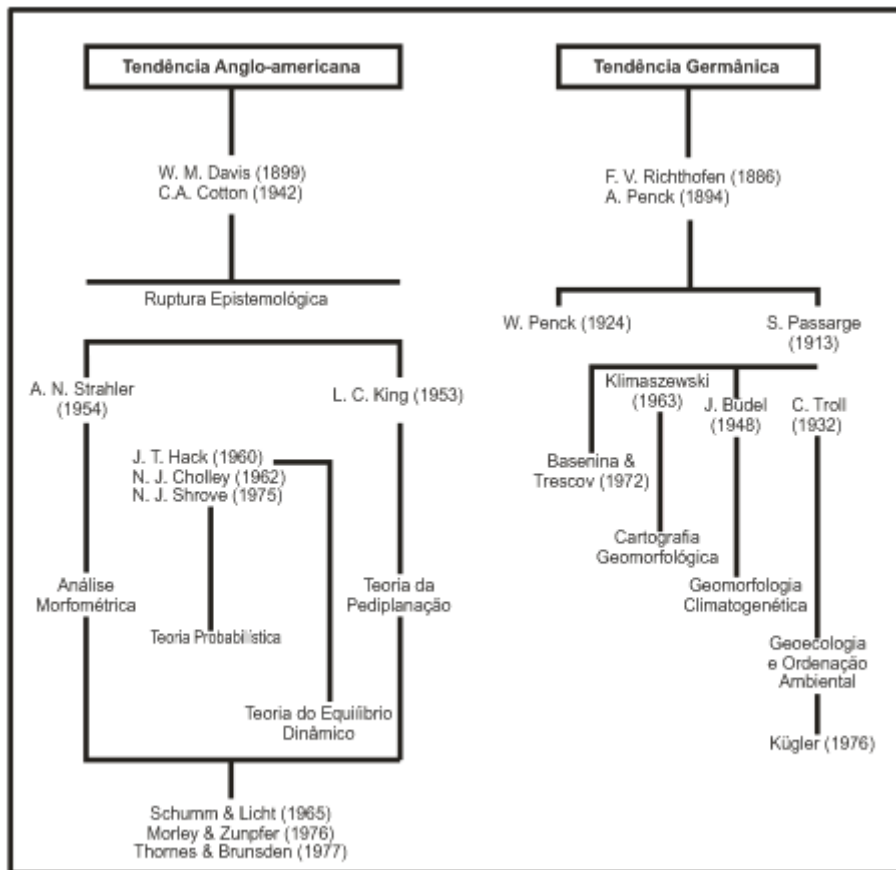


Fig. 1.1 - Filogênese da Teoria Geomorfológica (Simplificada de Abreu, 1983).

Outras considerações contrastantes podem ser notadas entre as escolas anglo-saxônica e germânica, que justificam as divergências teórico-metodológicas, a começar por Davis, que se utilizou do referencial teorizante, apoiado em posturas geológicas. A escola germânica por sua vez, fundamenta-se na concepção naturalista de Humboldt. Deve-se acrescentar que a preocupação com o espaço encontra-se vinculada a uma Geografia político-estatística, onde a unidade regional é priorizada.

Enquanto Davis é o principal ponto de referência da geomorfologia anglo-americana, W. Penck se caracteriza como um dos grandes entre muitos. Portanto, a postura teorizante de Davis e o próprio processo dedutivo contribuem para a evolução do referencial cíclico do relevo em sistemas de tendência axiomática, onde a ação processual quantificada romperia com a abordagem historicista. A geomorfologia alemã, fundamentada na observação, caracterizava-se como guia de campo. Assim, se as reformulações conceituais na escola anglo-americana evidenciavam ruptura epistemológica, a geomorfologia alemã se caracterizava pelo progressivo refinamento de conceitos.

O estruturalismo e a teoria dos sistemas processaram repercussões distintas no nível epistemológico em ambas as escolas. Na Alemanha, evidenciou-se maior integração das ciências naturais, favorecendo as análises geoecológico- processuais, valorizando a cartografia geomorfológica e a ordenação ambiental (ótica marxista, identificada nas propostas dos países socialistas), ao mesmo tempo demonstrando o caráter geográfico através da sua vinculação com a questões sociais. Na escola anglo-americana, a já considerada ruptura com a abordagem historicista favorece o desenvolvimento de teorias e métodos de análises quantitativas, isolando a geomorfologia da geografia e orientando-a para perspectivas geológicas e hidrológicas. A tentativa de se harmonizarem as transformações observadas leva ao surgimento de teorias alternativas, proporcionando a valorização dos processos geomorfológicos, segundo o sistema referencial têmporo-espacial.

Apesar da convergência internacional do conhecimento geomorfológico, as duas tendências consideradas apresentam-se razoavelmente diferenciadas, mesmo com a incorporação gradativa da postura alemã à americana, evidenciada gradativamente a partir do Simpósio de Chicago (1939).

No Brasil, a mais importante contribuição à teoria geomorfológica parte de Ab'Sáber (1969), que "salvo melhor juízo, parece dar a tônica nos postulados de raízes germânicas" (Abreu, 1983).

Recentemente, autores soviéticos e franceses (Bertrand, 1968; Tricart, 1977, Sochava, 1972) têm procurado desenvolver estudos integrados da paisagem, sob a ótica dos geossistemas, o que valoriza a perspectiva geomorfológica alemã.

Assim, com o progressivo amadurecimento do estudo da paisagem e dos estudos geocológicos, originados e desenvolvidos a partir da sistematização da geomorfologia alemã, tem sido possível articular a natureza à sociedade. Retomando Schmithüsen (1970) "se queremos compreender a ação do homem, não devemos separar a sociedade do meio ambiente que a rodeia". Caseti (1991) apropria-se do conceito de "natureza externalizada" como argumento de apropriação espontaneísta do relevo. A partir dos subsídios oferecidos pela "geomorfologia funcional", propõe alternativa para o desenvolvimento de uma "geomorfologia integral" no conceito de Hamelin (1964).

#### 1.4. Sistemas de referência em geomorfologia

Viu-se que a sistematização da ciência geomorfológica nasce com W. M. Davis (1899), nos Estados Unidos, representante da tendência anglo-americana, constituindo a primeira interpretação dinâmica da evolução geral do relevo (ciclo de erosão geográfico). As idéias de Davis foram contestadas, sobretudo por W. Penck (1924), representante da escola germânica, que culminou na ruptura epistemológica da primeira a partir do Simpósio de Chicago (1939).

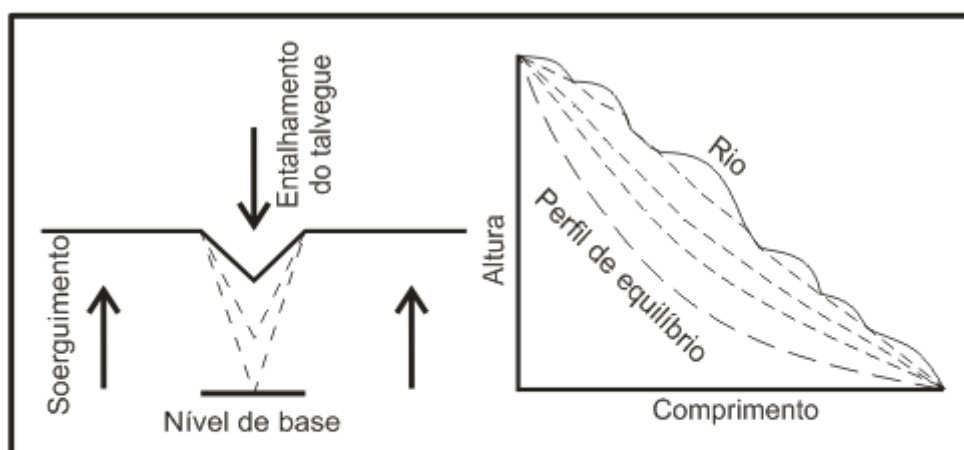
A escola anglo-americana pós-davisiana foi marcada por uma tendência fundamentada na Teoria Geral de Sistemas e no processo de quantificação, destacando-se os trabalhos de L.C. King (1955) e J. Hack (1960).

Com o intuito de resgatar a construção do processo histórico do pensamento geomorfológico, apresentam-se as principais teorias ou sistemas que contribuíam para a compreensão do processo evolutivo do relevo.

##### 1.4.1. O Sistema de William M. Davis

O sistema de W.M Davis (1889), fundamentado no conceito de nível de base<sup>7</sup> de Powell (1875), sugere que o processo de denudação inicia-se a partir de uma rápida emersão da massa continental. Diante do elevado gradiente produzido pelo soerguimento em relação ao nível de base geral, o sistema fluvial produz forte entalhamento dos talvegues, originando verdadeiros *canyons*, que caracterizam o estado antropomórfico denominado de *juventude*. A idéia mais importante é a de que os rios não podem erodir abaixo do seu nível de base. Davis, portanto, se viu obrigado a completar o conceito de nível de base com outro fundamental, o de "equilíbrio", para o que se utilizou da idéia de balanço entre a erosão e a deposição.

O trabalho comandado pela incisão vertical do sistema fluvial desaparece com o estabelecimento do perfil de equilíbrio<sup>8</sup> ( Fig. 1.2 ), quando a denudação inicia o rebaixamento dos interflúvios, marcando o fim da juventude e o começo da *maturidade*. Alguns escritos em alemão de Davis abordam os possíveis efeitos de levantamento e erosão consecutivos.



- Corte transversal mostrando o entalhamento do talvegue pelo forte gradiente, responsável pela elaboração de gargantas ou *canyons*.
- Corte longitudinal mostrando a evolução do sistema fluvial até o estabelecimento do suposto perfil de equilíbrio (fim da juventude).

Fig. 1.2 - Evolução regressiva de um sistema fluvial.

O processo denudacional que individualiza a maturidade, para Davis, caracteriza-se pelo rebaixamento do relevo de cima para baixo (*wearing-down* : desgastar para baixo), o que torna necessário admitir a continuidade da estabilidade tectônica, bem como dos processos de erosão ( Fig. 1.3 ).

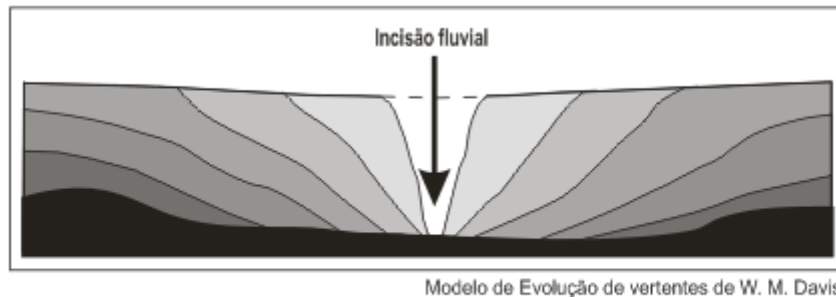


Fig. 1.3 - Evolução do relevo de cima para baixo (*wearing-down*), até atingir a peneplanização.

A evolução considerada tende a atingir total horizontalização topográfica, estágio denominado de *senilidade*, quando a morfologia seria representada por extensos “peneplanos”, às vezes interrompidos por formas residuais determinadas por resistência litológica, denominadas *monadnocks*. Nesse instante haveria praticamente um único nível altimétrico entre interflúvios e os antigos fundos de vales (níveis de base), os quais estariam representados por cursos meandantes (para Davis a meandração significava a senilidade do sistema fluvial), com calhas aluviais inumadas pela redução da capacidade de transporte fluvial ( Fig. 1.4 ).

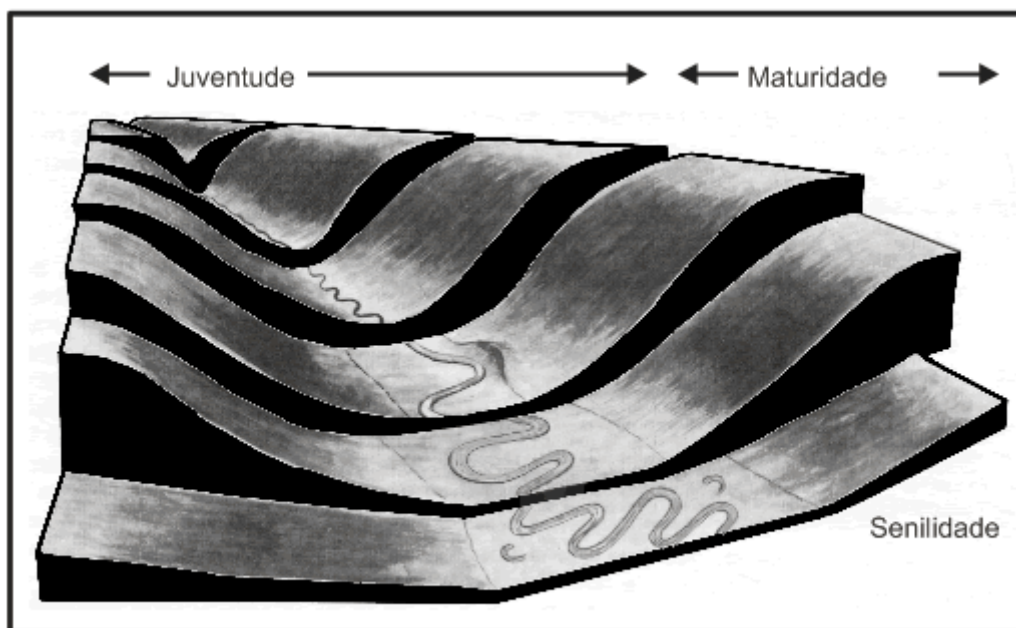


Fig. 1.4 - Ciclo ideal com um relevo real moderado (Rice, 1982).

Para Davis (1899), o relevo, ao atingir o estágio de senilidade, seria submetido a novo soergimento rápido, que implicaria nova fase, denominada *rejuvenescimento*, dando seqüência ao ciclo evolutivo da morfologia.

Conforme Carson & Kirkby (1972), existem duas suposições-chave no sistema descritivo: a primeira é a de que a emersão e a denudação não podem ocorrer concomitantemente, ou seja, a denudação pode somente adquirir alguma importância quando a massa de terra estiver tectonicamente estável. A segunda é a suposição de que os rios sofrem duas fases de atividades: rápida incisão inicial e depois virtual repouso, uma vez atingido o estágio de equilíbrio. A condição de “virtual” repouso significa a continuidade evolutiva, sem assumir o esforço indutivo evidenciado na situação anterior.

Considerações ao sistema ou modelo proposto por Davis têm sido apontadas em ambas as suposições, partindo do princípio de que o processo de soergimento não pode estar dissociado dos efeitos denudacionais, ou seja, ao mesmo tempo em que o relevo encontra-se em ascensão por esforço tectônico, os processos morfogenéticos estarão atuando. Considerando os resultados de evidências empíricas de que efeitos

orogênicos modernos se aproximam de 7,5 metros a cada 1.000 anos, dados apresentados por Tsuboi (1933) para o Japão (valor comparável com as medidas atuais de ajustamento isostático em áreas recobertas por geleiras pleistocênicas), torna-se inadmissível a idéia da referida dissociação. Também seria impropriedade a idéia de uma estabilidade tectônica, da juventude até a senilidade, uma vez que, com base em níveis modernos de erosão, a denudação de aproximadamente 1.500 metros de material requereria, provavelmente, entre 3 a 110 milhões de anos (Schumm, 1963). Para Davis, seriam necessários de 20 a 200 milhões de anos para o aplainamento das cadeias de montanhas, como as falhas de Utah, tempo mais que suficiente para manifestações de natureza tectodinâmica.

A impossibilidade de se admitir estabilidade tectônica absoluta por um período geológico tão prolongado inviabiliza inclusive a idéia de se atingir o referido "virtual repouso", o que faz supor o estabelecimento do perfil de equilíbrio imaginário. Torna-se difícil admitir a possibilidade de um período de estabilidade tão prolongado para permitir o desenvolvimento do peneplano de Davis, caracterizando uma certa comodidade esquemática. Davis desconsiderou ainda a possibilidade de mudanças climáticas "acidentais" no modelo, o que resultaria em deformação no sistema imaginado.

Também o conceito de estágio esboçado por Davis, com base nas idéias de Gilbert (1877), tem sido contestado por geólogos americanos, como Leopoldo & Meddock (1953), que acreditam na existência de estágio relativamente precoce no processo de incisão, sugerindo a mudança na atividade fluvial: de rápida incisão inicial, para o processo de formação de planície aluvial.

O caráter cíclico utilizado por Davis como modelo evolutivo, constitui, no conceito científico geral, estágio embrionário de qualquer natureza do conhecimento.

W.M. Davis, por ser geólogo, fundamentou sua análise evolutiva no comportamento estrutural ao longo do tempo, sendo, portanto, o componente responsável pela definição dos diferentes estágios. As variáveis estruturais e temporais individualizam o seu sistema, ficando as considerações processuais num segundo plano; ou seja, a estrutura geológica, quando resistente, se constitui no único controle da forma; o processo erosivo possui relevância quando a litologia favorece e o tempo assume importância no jogo entre as respectivas componentes.

Apesar das críticas relativas ao modelo específico sugerido por Davis, muitos geomorfólogos o aceitam enquanto noção de um sistema evolucionário. Conforme King (1953), "algumas autoridades têm rejeitado todo o conceito cíclico, enquanto outras (...) têm aceitado a idéia usual da existência de um ciclo evolutivo da morfologia processada pelos efeitos erosionais".

Em síntese, a formulação evolucionista utilizada por Davis é contestada pelo excessivo idealismo, discutível generalização do ciclo e limitação temporal da geodinâmica responsável pelo estágio final do equilíbrio hidrológico. Tais elementos constituíram os pressupostos básicos de sua teoria, a qual implica concepção orgânica do relevo (fases antropomórficas) e ao mesmo tempo uma simplificação do sistema de referência ("hipóteses fundamentais simples" na observação de Leuzinger, 1948). A prática dedutivista (observação, descrição e generalização) e a práxis desligada do resto da Geografia são os principais pontos de contestação pela corrente naturalista da escola germânica, que tem como principais representantes, Albrecht e Walther Penck. Para Leuzinger (1948), "na verdade o método aconselhado por Davis não é dedutivo. Ele próprio o denominou de método explicativo ou genético e o qualificou como uma combinação dos métodos dedutivo e indutivo". O autor explica que o método indutivo aplicado à geomorfologia "consiste em observar e descrever primeiramente, com detalhes e sem idéias preconcebidas, os fatos geomorfológicos tais como eles se apresentam, e estabelecer, somente após, uma hipótese explicativa dos mesmos. No método dedutivo, ao contrário, estabelecem-se em primeiro lugar as formas que se devem derivar das forças que agem na superfície da terra, e verifica-se depois se estas formas coincidem com as existentes". Davis reunia e analisava o material disponível, induzia a generalizações e hipóteses explicativas, deduzia as conseqüências que derivam de cada hipótese, confrontava essas conseqüências com os fatos, tirando as primeiras conclusões; revelava e aperfeiçoava as explicações concebidas e tirava uma conclusão final sobre as hipóteses que resistissem às refutações, recebendo o nome de teoria. Leuzinger (1948) conclui que "na verdade esse método é indutivo e as deduções que contém destinam-se somente à confirmação das teorias obtidas por indução". Carson & Kirkby (1972) valorizam a pertinência do modelo davisiano enquanto sistema de referência. Christofolletti (1999, p. 24) destaca o modelo de W.M. Davis expresso na linguagem verbalizada (em palavras e representadas em blocos diagramas), possuindo "todo o contexto de um raciocínio lógico".

#### **1.4.2. O Sistema de Walther Penck**

Conforme foi dito, W. Penck foi um dos principais críticos do sistema de Davis, sobretudo ao afirmar que a emersão e a denudação aconteciam ao mesmo tempo ( Fig. 1.5 ), atribuindo desse modo a devida importância aos efeitos processuais. As críticas de Penck fundamentam-se no método empregado por Davis e na ausência de conexão com a ciência geográfica, uma das principais preocupações da escola germânica.

Para Davis, a denudação (BC) só teria início após o término do soerguimento (AB), enquanto que para Penck a denudação (B'C) é concomitante ao soerguimento (AB'), com intensidade diferenciada pela ação da tectônica ( Fig. 1.5 ).

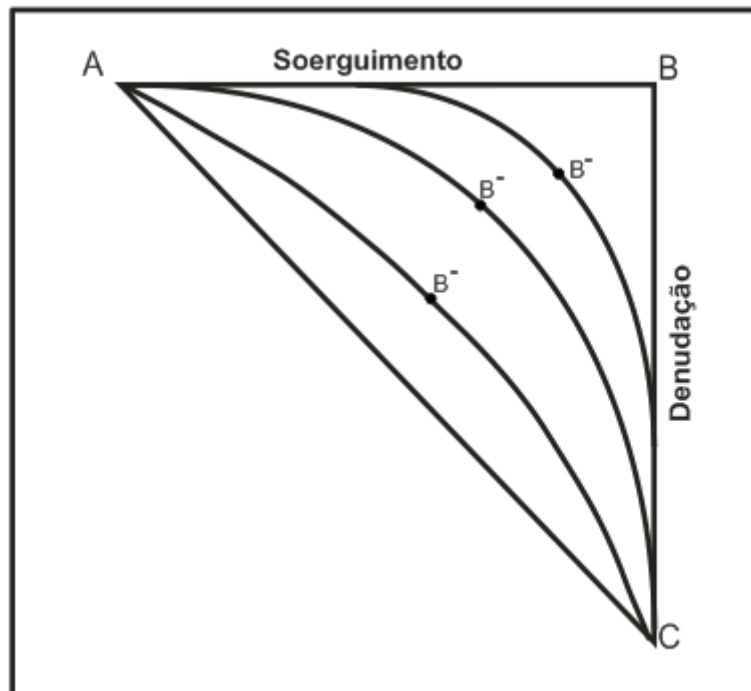


Fig. 1.5 - Relação soerguimento-denudação apresentada por Davis (ABC) e Penck (AB'C), (Carson & Kirkby, 1972).

Penck (1924) procura demonstrar a relação entre entalhamento do talvegue e efeitos denudacionais em função do comportamento da crosta, que poderia se manifestar de forma intermitente e com intensidade variável, contestando o modelo apresentado por Davis: rápido soerguimento da crosta com posterior estabilidade tectônica, até que se atingisse a suposta senilidade, quando nova instabilidade proporcionaria a continuidade cíclica da evolução morfológica.

Para Penck, o valor da incisão estava na dependência do grau de soerguimento da crosta, o que proporcionaria evidências morfológicas ou grupos de declividades vinculados à intensidade da erosão dos rios, submetidos aos efeitos tectodinâmicos (Fig. 1.6), conforme exemplos constatados na Floresta Negra (Alemanha). No primeiro instante (T1 da Fig. 1.6 ) a incisão é relativamente incipiente, compatível com a intensidade do soerguimento; nas demais situações (T2, T3 e T4) é progressivamente maior, refletindo o grau de soerguimento.

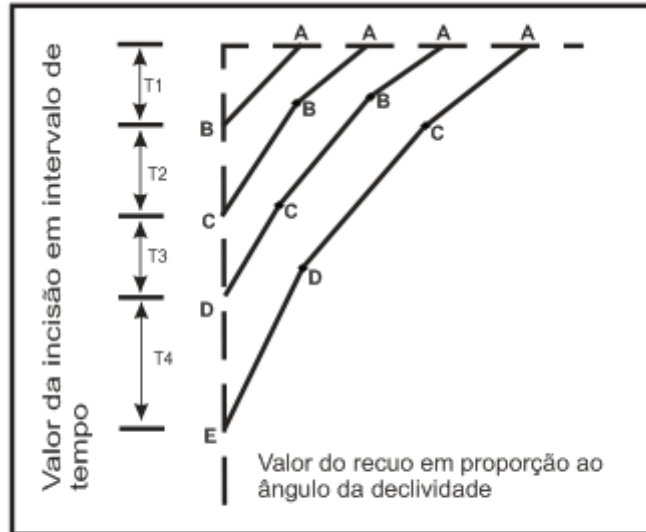
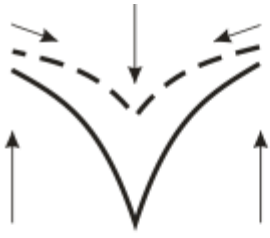


Fig. 1.6 - Grau de incisão do talvegue em relação ao soerguimento - grupos de declividade em diferentes intervalos de tempo (Carson & Kirkby, 1972).

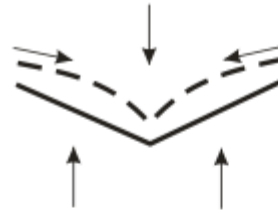
Penck (1924) propunha que em caso de forte soerguimento da crosta, ter-se-ia uma correspondente incisão do talvegue, que por sua vez implicaria aceleração dos efeitos denudacionais em razão do aumento do gradiente da vertente. Admitindo-se que o efeito denudacional não acompanhasse de imediato a intensidade do entalhamento do talvegue, ter-se-ia o desenvolvimento de *vertentes convexas* (Fig. 1.7.1). Conclui-se que Penck levou em consideração a noção de nível de base local e a correspondência entre soerguimento, incisão e denudação, valorizando a relação processual, própria da concepção germânica.

Uma segunda situação apresentada por Penck (1924) é a de que, existindo um soerguimento moderado da crosta, com proporcional incisão do talvegue, poderia ocorrer uma compensação equilibrada pelos efeitos denudacionais, proporcionando o desenvolvimento de *vertentes retilneas* ou manutenção do ângulo de declividade, o que foi denominado por ele de "superfície primária" (Fig.1.7.2).

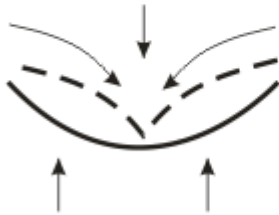
Por último conclui-se que, quando a ascensão da crosta é pequena, ocorre um fraco entalhamento do talvegue, sendo a denudação superior o que propicia o desenvolvimento de *vertentes côncavas* (Fig. 1.7.3).



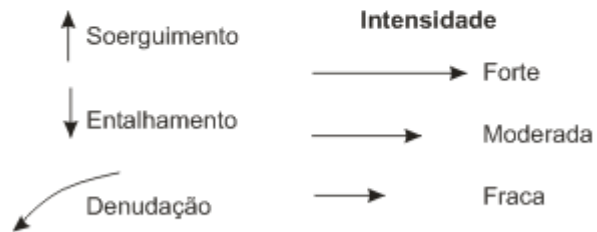
1.7.1. Predominância do entalhamento do talvegue em relação à denudação, responsável pelo desenvolvimento de vertentes convexas (aumento do ângulo da vertente).



1.7.2. Equilíbrio entre soerguimento-denudação, com formação de vertentes retilíneas (manutenção do ângulo da vertente).



1.7.3. Predomínio do entalhamento do talvegue, que implica na concavização da vertente (redução do ângulo da vertente).



Em suma, enquanto a forma convexa implica período de crescente intensidade de erosão ( Fig. 1.7.1 ), a forma côncava é prova de enfraquecimento erosivo ou de intensidade de erosão decrescente.

Penck reconhece a existência de limites para o processo de aceleração ou redução da denudação da vertente. Particularmente na primeira situação, esses limites seriam atribuídos à instabilidade tectônica da crosta.

Para Carson & Kirkby (1972), fica a impressão de que Penck considerou os perfis de declividade como resultantes da movimentação da crosta, o que tem muito a ver com os escritos de Davis. Para os autores, não se opor às idéias de Penck é admitir que o sistema de levantamento-denudação proposto por Davis seja, provavelmente, o mais apropriado na maioria dos casos; se a denudação atual se dá via modelo de peneplanização, é um assunto bem mais duvidoso.

Enquanto Davis afirmava que o relevo evoluía de cima para baixo ( *wearing-down* , Fig.1.8b ), Penck acreditava no recuo paralelo das vertentes ( *wearing-back* , ou desgaste lateral da vertente, Fig. 1.8a ), constituindo-se no modelo aceito para o entendimento da evolução morfológica.

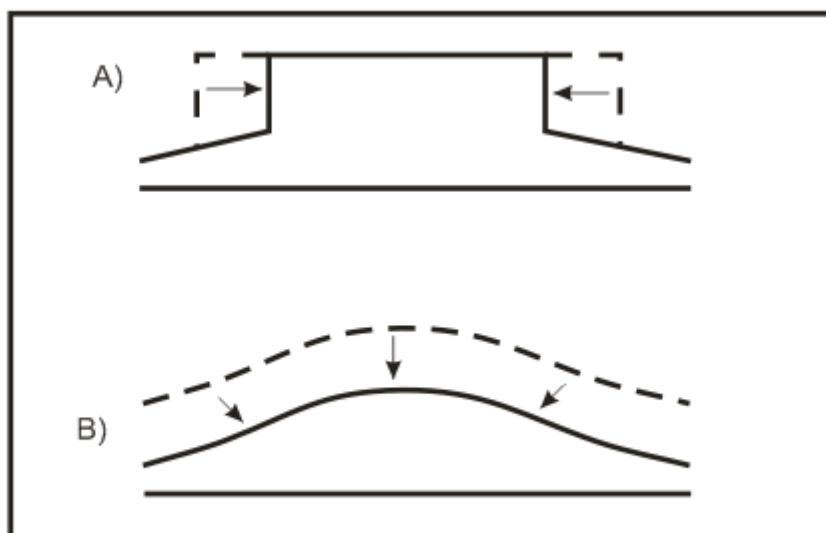


Fig. 1.8 - Contraste entre *back-wearing* (A), proposta por Penck e *down-wearing* (B, proposta por Davis).

Em síntese, a maneira dinâmica da proposta penckiana foi um dos principais argumentos responsáveis pela ruptura epistemológica registrada na linhagem anglo-americana, à época da Segunda Guerra Mundial, até então fielmente adepta das idéias consagradas de Davis.

#### 1.4.3. O Sistema de Lester C. King

A idéia de períodos rápidos e intermitentes de soerguimento da crosta, separados por longos períodos de estabilidade tectônica é o ponto principal do sistema apresentado por King (1955) e Pugh (1955), fundamentado em estudo de caso na África do Sul.

Essa teoria procura restabelecer o conceito de estabilidade tectônica considerado por Davis, mas admite o ajustamento por compensação isostática e considera o recuo paralelo das vertentes (*wearing-back*) como forma de evolução morfológica, de acordo com proposta de Penck (1924).

Os autores argumentam que o recuo acontece a partir de determinado nível de base, iniciado pelo nível de base geral, correspondente ao oceano. O material resultante da erosão decorrente do recuo promove o entalhamento das áreas depressionárias, originando os denominados pedimentos. A evolução do recuo por um período de tempo de relativa estabilidade tectônica permitiria o desenvolvimento de extensos pediplanos, razão pela qual a referida teoria ficou conhecida como *pediplanação*. Portanto, enquanto Davis chamava as grandes extensões horizontalizadas na senilidade de "peneplanos", King (1955) as considerava como "pediplanos", com formas residuais denominadas *inselbergs*. O emprego de uma das terminologias, penepiano ou pediplano, caracteriza a filiação epistemológica (anglo-americana ou germânica), considerando as diferenciações genéticas (*down wearing* ou *back wearing*).

Pugh (1955) admite que a diferença no processo de erosão fornece resultados importantes: há uma reação isostática quase imediata ao abaixamento vertical da paisagem por erosão lateral. Assim, a compensação isostática ocorre somente quando um começo de denudação tenha acontecido, sendo conseqüentemente, um evento intermitente. Uma vez acontecido o reajustamento isostático, uma nova escarpa e um nível de embutimento (nova superfície pediplanada) são formados, justificando a evolução genética para a sucessão de níveis de aplainamento em um mesmo ciclo morfoclimático.

Deve-se considerar, que, apesar da teoria da pediplanação ter sido originalmente relacionada a um clima úmido, como as demais apresentadas, partindo do princípio que foram produzidas nas regiões temperadas, supõe-se que a horizontalização topográfica esteja vinculada a um clima seco, assim como o desenvolvimento vertical do relevo encontra-se relacionado a um clima úmido, levando em conta a incisão vertical da drenagem. Assim, a desagregação mecânica seria a grande responsável pelo recuo paralelo das vertentes, e seus detritos, a partir da base em evolução, se estenderiam em direção aos níveis de base, produzindo entulhamento e conseqüente elevação do nível de base local. Esse entulhamento se daria por atividades ou processos torrenciais, originando as formas conhecidas como *bajadas* e proporcionando o mascaramento de toda irregularidade topográfica, caracterizando a morfologia dos pediplanos ( Fig. 1.9 ).

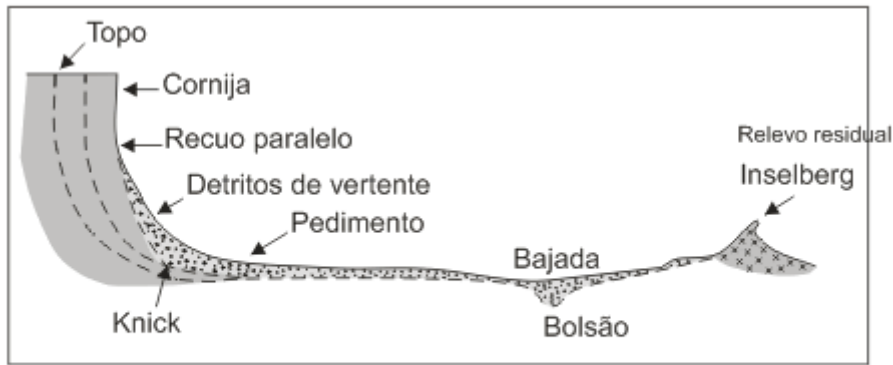


Fig. 1.9 - Destruição dos pontos elevados por recuo (desagregação mecânica) e conseqüente entulhamento de depressões (com elevação do nível de base), proporcionando a pediplanação.

#### 1.4.4. O Sistema de John T. Hack

O autor que mais tem trabalhado no enfoque acíclico do conceito de "equilíbrio dinâmico" é Hack (1960). Esse conceito fundamenta-se na teoria geral dos sistemas, vinculado à linhagem anglo-americana pós-davisiiana.

O princípio básico da teoria é o de que o relevo é um sistema aberto, mantendo constante troca de energia e matéria com os demais sistemas terrestres, estando vinculado à resistência litológica. Enquanto a proposta de Penck considera o modelado como resultado da competição entre o levantamento e a erosão, Hack o considera como produto de uma competição entre a resistência dos materiais da crosta terrestre e o potencial das forças de denudação.

Gilbert (1877) foi o primeiro a tentar explicar a evolução do relevo com base no equilíbrio dinâmico, embora Hack (1957, 1960, 1965) tenha ampliado consideravelmente as idéias iniciais. John T. Hack utilizou-a com o intuito de interpretar a topografia do vale do Shenandoah, na região dos Apalaches, levando em consideração as características das redes de drenagem e das vertentes. "Essa teoria supõe que em um sistema erosivo todos os elementos da topografia estão mutuamente ajustados de modo que eles se modificam na mesma proporção. As formas e os processos encontram-se em estado de estabilidade e podem ser considerados como independentes do tempo. Ela requer um comportamento balanceado entre forças opostas, de maneira que as influências sejam proporcionalmente iguais e que os efeitos contrários se cancelem a fim de produzir o estado de estabilidade, no qual a energia está continuamente entrando e saindo do sistema" (Christofolletti, 1980, p. 168).

Toda alternância de energia, seja interna ou externa, promove alteração no sistema, manifestada através da matéria, razão pela qual os elementos da morfologia tendem a se ajustar em função das modificações impostas, seja pelas forças tectodinâmicas, seja pelas alterações processuais subaéreas (mecanismos morfoclimáticos). Diante disso, a morfologia não tenderia necessariamente para o aplainamento, visto que o equilíbrio pode ocorrer sob os "mais variados panoramas topográficos" ( Fig.1.10 ).

Portanto, para Hack, as formas de relevo e os depósitos superficiais possuem uma íntima relação com a estrutura geológica (litologia) e mecanismos de intemperização, embora deixando transparecer maior valorização da primeira. O autor verificou que a declividade dos canais fluviais diminui com o comprimento do rio e varia em função do material que está sendo escavado. Por exemplo, na bacia de Shenandoah ele observou (1965) que os canais nos arenitos endurecidos possuíam um gradiente aproximadamente dez vezes maior que o dos canais esculpidos nos folhelhos. Assim, o equilíbrio é alcançado quando os diferentes compartimentos de uma paisagem apresentam a mesma intensidade média de erosão.

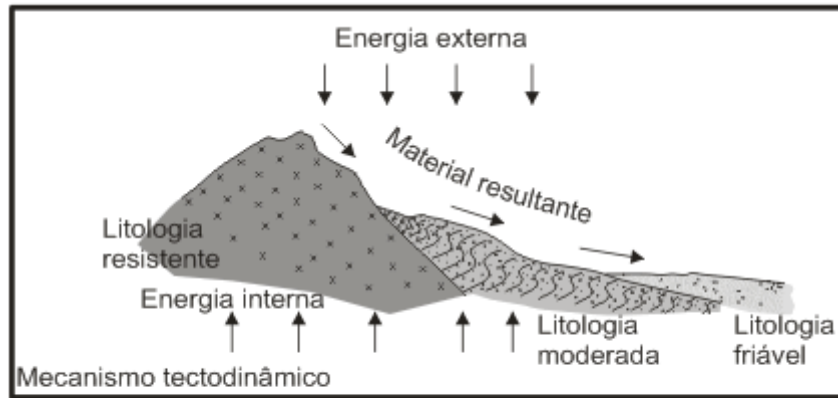


Fig. 1.10 - Equilíbrio dinâmico mantido nos diferentes panoramas topográficos, determinado pela resistência diferencial litológica, que proporciona mesmo com declives fortes, um volume de material correspondente.

Enquanto Davis interpreta a uniformidade das cristas da Cordilheira dos Apalaches como resultado de rejuvenescimento de antigo peneplano, Hack a vê como manifestação de uma resistência estrutural igual às forças de erosão ( Tab. 1.1 ).

Na teoria do equilíbrio dinâmico as formas não são estáticas. Qualquer alteração no fluxo de energia incidente tende a responder por manifestações no comportamento da matéria, evidenciando alterações morfológicas. Como exemplo, as mudanças climáticas ou eventos tectônicos produzem alterações no fluxo da matéria, até a obtenção de novo reajustamento dos componentes do sistema. Algo intrínseco ao argumento de Hack é que o modelado do relevo se adapta rapidamente às variações dos fatores de controle ambiental.

Desse modo, quando o sistema readquire o equilíbrio dinâmico, desaparecem gradativamente as marcas relacionadas às fases anteriores que estavam presentes na paisagem. O referido equilíbrio poderá ser mantido ainda em condições de instabilidade tectodinâmica, desde que os efeitos denudacionais acompanhem o mesmo ritmo, o que já havia sido admitido anteriormente por Penck (1929).

A noção de equilíbrio, apesar de empregada por Davis para caracterizar uma condição de estabilidade erosiva, como no caso do sistema hidrográfico (noção de perfil de equilíbrio) é considerada por Hack numa perspectiva sistêmica, como o resultado do "comportamento balanceado entre os processos morfogenéticos e a resistência das rochas, e também leva em consideração as influências diastróficas atuantes na região" (Christofolletti, 1973). Ainda deve-se considerar que os sistemas abertos podem levar à equifinalização, ou seja, que condições iniciais diferentes podem conduzir a resultados finais semelhantes. Por exemplo, os calcários, resistentes aos processos físicos, podem adquirir, em determinado momento, semelhanças morfológicas a rochas resistentes aos processos químicos.

Diante do exposto, constata-se uma certa relação de dependência entre a proposta de Hack e as teorias discutidas anteriormente. Além de incorporar o conceito davisiano de equilíbrio em novo estilo, Hack utiliza-se de relações dinâmicas apresentadas por Gilbert (1877) e posteriormente Penck (1924). O mérito atribuído a Hack é o de estruturar um encadeamento lógico na concepção sistêmica do modelado, em detrimento de uma visão fragmentada do relevo.

A tabela 1.1 mostra, em termos comparativos, os principais pontos constantes nos modelos apresentados (Davis, Penck, King e Hack).

### 1.5. Algumas Evidências quanto à Velocidade da Denudação

A relação soerguimento/denudação tem sido até hoje um assunto de muitas controvérsias. Cálculos apresentados por Dole & Stable (1909) indicam valores médios de denudação da ordem de 0,027 a 0,057 metros por mil anos, entendidos como baixos por serem estimados com base, exclusivamente, em materiais em suspensão, transportados por rios, ou cargas sedimentológicas abandonadas pela redução da competência de transporte. Langbein & Schumm (1958) sugerem níveis de denudação ligeiramente mais altos, em torno de 0,03 a 0,1 metro por mil anos.

Os níveis mais altos de produção de sedimentos foram registrados pela *Federal Inter-Agency River Basin Commission* (1953), em um pequeno reservatório em Iowa, correspondente a uma denudação de 12,6 metros/1000 anos ( Tab. 1.2 ).

Médias experimentais, realizadas em áreas montanhosas, demonstram níveis da ordem de 0,6 a 0,9 m/1000 anos, estimadas por Wegmann (1955), nos Alpes do norte, e Khosle (1953), em parte do Himalaia.

Estimativas de taxas de denudação a partir de estudos experimentais em bacias hidrográficas (Dole & Stabler, 1909, Langbein & Schumm, 1953, 1958, Faxman & High, 1955 e *Fed. InterAgency River Basin Commission*, 1953; apud Carson & Kirkby, 1972), demonstram variações da ordem de 0,03 a 12,6 metros/1.000 metros ( Tab . 1.2 ). Estudos realizados em áreas tectonicamente ativas (Gilluly, 1949, Stone , 1961, Tsuboi, 1933, Less, 1955, Gutenberg, 1941, Cailleux, 1952, apud Schumm, 1963) estimam soerguimentos da ordem de 0,1 a 75,0 metros/1.000 anos ( Tab. 1.3 ), demonstrando que os soerguimentos orogênicos são significativamente maiores que as taxas de denudação. Com base nessas premissas, parece bastante improvável que massas de terras poderiam ser produzidas ou emersas, independente do tempo, como estimadas por Penck (1924) e Hack (1960). Para Carson & Kirkby (1972), esta diferença entre níveis modernos de orogenia e denudação levam a admitir a validade do sistema de Davis, considerando rápido soerguimento de cadeias de montanhas, com pequenas modificações por erosão, até que a orogenia cesse.

Em síntese, torna-se muito difícil comprovar a referida relação, visto que ao mesmo tempo em que os valores apresentados por Schumm (1963), concernentes às estimativas de níveis de levantamentos, encontram-se associados aos níveis modernos de orogenia para o entendimento do passado geológico, também os níveis modernos de denudação encontram-se alterados pelas derivações antropogênicas, em franca expansão.

As forças internas não só se referem ao processo de soerguimento e denudação, como interferem diretamente na disposição estrutural das rochas, com repercussão em seu comportamento químico ou em sua propriedade física. Portanto, as forças endógenas implicam comportamento estrutural das rochas, as quais se manifestam de modo diferente frente aos processos erosivos.

Tabela 1.1 . Sistemas de Referência em Geomorfologia

CARACTERÍSTICAS	W.M. Davis (1899)	W. Penck (1924)	L.C.King/J.Pugh (1955)	J.T. Hack (1960)
CARACTERÍSTICA GERAL DO SISTEMA	Rápido soerguimento com posterior estabilidade tectônica e eustática	Ascensão de massa com intensidade e duração diferentes	Longos períodos de estabilidade tectônica, separados por períodos rápidos e intermitentes de soerguimento da crosta.	Toda alternância de energia interna ou externa gera alteração no sistema através da matéria
RELAÇÃO SOERGUIMENTO/DENUDAÇÃO	Início da denudação (comandada pela incisão fluvial) após estabilidade ascensional	Intensidade de denudação associada ao comportamento da crosta	Denudação concomitante ao soerguimento	Reação do sistema com alteração do fornecimento de energia (oscilações climáticas)
ESTÁGIO FINAL OU PARCIAL DA MORFOLOGIA	Evolução morfológica de cima para baixo ( <i>wearing-down</i> )	Evolução por recuo paralelo das vertentes ( <i>wearing back</i> )	Evolução morfológica por recuo paralelo ( <i>wearing back</i> )	Todos os elementos da topografia estão mutuamente ajustados. Modificam-se na mesma proporção
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	Fases antropomórficas: juventude, maturidade e senilidade (peneplano)	Processos de declividade laterais das vertentes: convexas, retilíneas e concavas (relação incisão/denudação por ação crustal)	Nível de pedimentação (coalescência de pedimentos: pediplano)	As formas não são estáticas e imutáveis. Íntima relação com a estrutura geológica
ESTÁGIO FINAL OU PARCIAL DA MORFOLOGIA	Peneplanização (formas residuais:	Superfície primária (lenta ascensão compensada pela	Pediplanização (formas residuais:	Não evolui necessariamente para aplainamento

	<i>monadnocks</i> )	denudação). Não haveria produção de elevação geral da superfície	<i>inselbergs</i> )	(equifinalização). O equilíbrio pode ocorrer sob os mais variados "panoramas topográficos"
NOÇÃO DE NÍVEL DE BASE	Processo evolutivo comandado pelo nível de base geral	Vertente evolui em função do nível de base local	Pressupõe a generalização de níveis de base (qualquer ponto de um rio é considerado NB para os demais à montante)	Ajustamento seqüencial.
VARIÁVEIS QUE COMPÕEM O SISTEMA	Temporal/estrutural com subordinação da processual	Processo, tectônica e tempo	Processo/forma, considerando o fator temporal, admitindo implicações isostáticas	Relação formas/processos independentes do tempo (processo morfo-genético-resistência das rochas - influências diastróficas).

Tab. 1.2 - Estimativas de Níveis de Denudação em Bacias de Drenagem\*

Bacia de Drenagem (em 1000 km <sup>2</sup> )	Níveis de Denudação (metros/1000 anos)	Fonte
372,28	0,03-0,06	Dole & Stabler, 1909
3,9	0,03-0,10	Langbein & Schumm, 1953
0,08	0,06-0,22	Langbein & Schumm, 1958
0,003	2,55	Flaxman & High, 1955
		Fed. InterAgency River
0,0003	12,6	Basin Com., 1953.

(\*) Cfr. Carson & Kirkby, 1972.

Tab. 1.3 - Estimativas de níveis de levantamento em condições: a) Orogênica; b) Isostática; e c) Epirogênica\*

Localização	Levantamento (metros/1000 anos)	Fonte
Califórnia	4,8-12,6	Gilluly, 1949
Sul da Califórnia	3,9 -6,0	Stone, 1961
a) Japão	0,8-75,0	Tsuboi, 1933
Golfo Pérsico	3,0	Less, 1955

Ontário do Sul		Gutenberg, 1941
b) Fenoescandinávia	4,0	Gutenberg, 1941
	10,8	
c)	0,1-3,6	Cailleux, 1952

(\*) Com base nas premissas de Shumm, 1963 ( *apud* Carson & Kirkby, 1972).

Deve-se observar que a estrutura geológica apresentará comportamento diferente segundo condições climáticas, permitindo maior ou menor intensidade denudacional. O quartzito, por exemplo, apresenta maior resistência ao intemperismo químico (clima úmido) se comparado à sua reação frente à ação morfogênica mecânica (clima seco), num comportamento oposto ao dos arenitos e calcários.

É dessa relação rocha-clima, sem desconsiderar os ajustamentos tectogênicos, que se produzirá maior ou menor concentração de material em áreas deposicionais, o que responderá, numa escala do tempo geológico, em maior ou menor reação das forças internas, como os ajustamentos isostáticos.

Assim sendo, é necessário entender o relevo como algo dinâmico, em constante evolução, muito embora certas relações ou resultados não possam ser observados na escala de tempo histórica.

O fato de se ter atribuído maior importância a um dos elementos, estruturais ou climáticos, em detrimento do outro, deu motivo ao emprego de adjetivos como "geomorfologia estrutural" ou "geomorfologia climática", fruto de tendências associadas a linhagens epistemológicas. Conforme observou Cholley (1950), não há duas geomorfologias, mas apenas uma, e sua gênese está ligada à ação de fatores erosivos associados ao clima, que constitui um complexo de agentes denominado pelo autor de "sistema de erosão" que cada clima coloca em evidência. Para Cholley (1950), o reflexo da estrutura ou do clima no comportamento morfológico caracteriza estágios que confirmam os conceitos davisianos: a erosão "normal", ao colocar em evidência a estrutura, corresponderia a uma fase de "maturidade", enquanto o esmorecimento da erosão demonstra a última etapa da evolução morfológica, caracterizando uma fase "senil".

É natural que determinadas formas específicas demonstrem as conseqüências ou reflexos da estrutura, ainda que em outras formas essa estrutura se encontre mascarada pelos processos erosivos. Esse fato pode ser diferenciado pela própria escala da observação: nas imagens de satélite ou radar, em escala média de 1:100.000 a 1:250.000, a estrutura se mostra como elemento individualizador da morfologia. Uma análise mais detalhada, em maior escala (maior que 1:50.000), de determinados elementos do relevo, como uma vertente, revela que a estrutura normalmente se encontra mascarada pelos depósitos de cobertura, comandados pelos processos morfogênicos pretéritos ou atuais.

Para Cholley (1950), a estrutura é algumas vezes insuficiente, mesmo no domínio da erosão "normal", para explicar todas as formas. Por outro lado, deve-se considerar que dificilmente seria possível entender a relação da "contextura" e composição química da rocha na individualização estrutural, se não se levasse em conta a ação dos mecanismos externos. A compreensão do significado do clima na elaboração de toda e qualquer morfologia explica o êxito da expressão "morfológica climática", que de alguma forma marca a reação à atitude dos geógrafos que fizeram da estrutura o princípio de toda morfologia (Cholley, 1950).

O comportamento morfológico, numa escala de tempo geológico, se manifesta por meio da ação dos mecanismos externos e da reação da estrutura, admitindo a participação das forças internas (tectodinâmicas). A partir do capítulo seguinte serão analisados os efeitos do jogo de forças contrárias para a necessária compreensão do processo evolutivo do relevo.

Apresentam-se a seguir os níveis de abordagem geomorfológica sistematizados por Ab'Sáber (1969), que representam a estrutura metodológica do presente trabalho.

## 1.6. Os níveis metodológicos em Geomorfologia

O estudo da geomorfologia tem sido tratado ao longo do tempo, em dois grandes níveis: um relacionado à construção do edifício teórico, o que promove a base epistemológica para o desenvolvimento da pesquisa, e outro correspondente às expectativas associadas às aplicações dos conhecimentos. Exemplos que contribuíram para a consolidação de tais fatos podem ser evidenciados através da produção do conhecimento no final do século XIX, entre as duas grandes linhagens epistemológicas, tendo por objetivo definir um escopo teórico para

a geomorfologia: os estudos relacionados à paisagem, na primeira metade do século XX, os estudos voltados aos aplainamentos, durante as duas guerras mundiais, e ainda, o estudo de vertentes, assumindo característica ambiental, surgido principalmente a partir da década de 70 do século passado. Os manuais de geomorfologia, via de regra, expressam a influência natural dos estágios epistemológicos da geomorfologia, podendo-se evidenciar o forte reflexo da escola estruturalista francesa no Brasil, ainda preservando forte tendência anglo-americana, na fase acadêmico-institucional inicial, e mais recentemente, o reflexo da linhagem epistemológica germânica nos estudos integrados da paisagem.

Importante para a sistematização desses conhecimentos e para o desenvolvimento da pesquisa geomorfológica no Brasil foi a importante contribuição do professor Ab'Saber (1969), concebendo a análise do relevo em três dimensões que se integram ou se interagem: a compartimentação topográfica, a estrutura superficial e a fisiologia da paisagem (Fig. 1.11 ).

#### **a) Compartimentação Topográfica**

Por compartimentação topográfica entende-se a separação de determinados domínios morfológicos que se individualizam por apresentarem características específicas, como determinados tipos de formas ou domínios altimétricos. As formas resultantes do processo evolutivo do relevo podem testemunhar episódios associados a determinados domínios morfoclimáticos, refletindo o jogo de forças entre os agentes internos, comandados pela estrutura e tectônica, e os externos, associados aos efeitos climáticos, em tempo suficiente para deixar impresso no modelado paleoformas relacionadas a processos morfogenéticos correspondentes. A compartimentação reflete a

### Níveis de Abordagem Geomorfológica (Metodologia da análise - Ab'Saber, 1969)

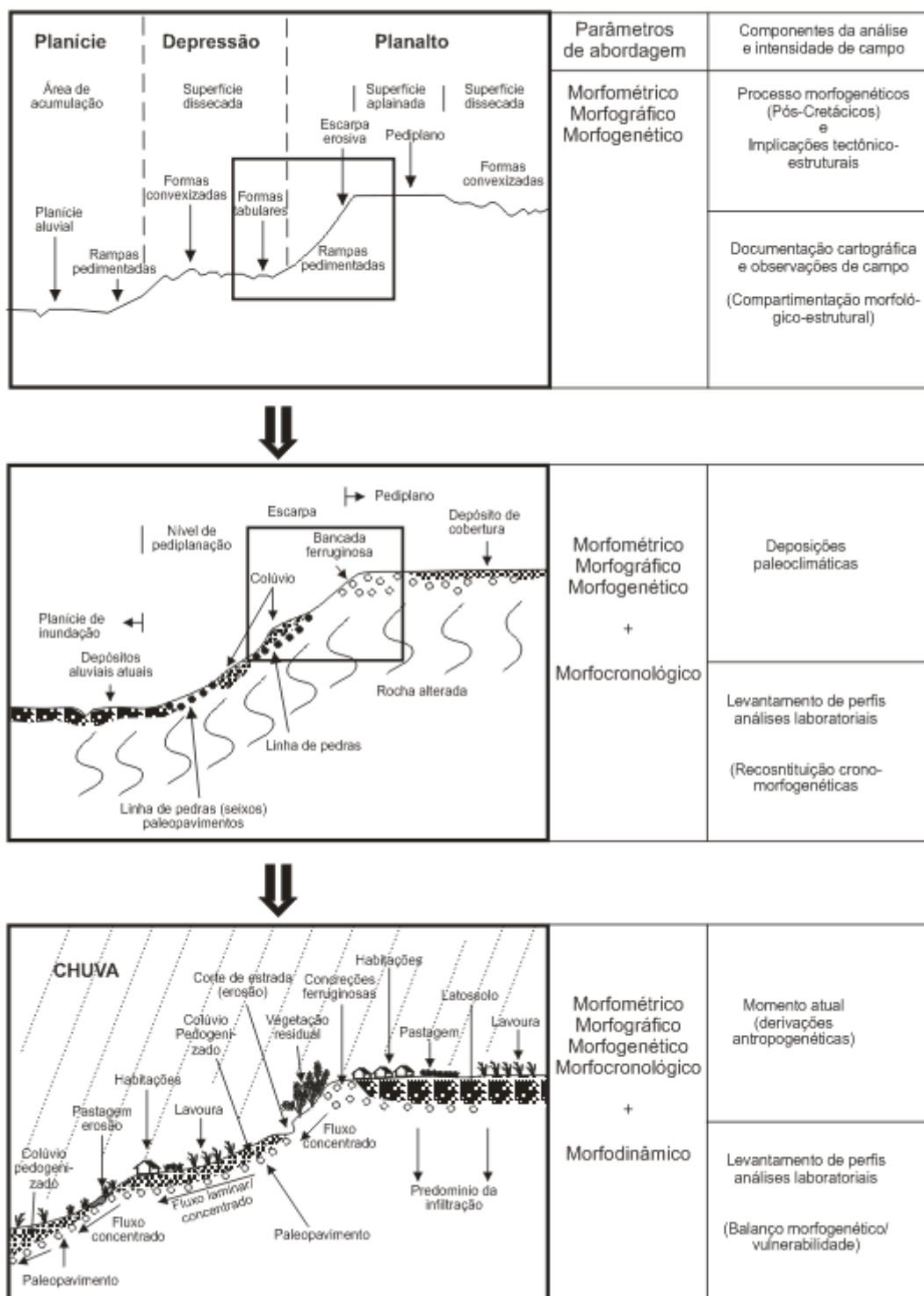


Fig. 1.11 - Demonstração dos níveis de abordagem geomorfológica, seguindo a metodologia de análise de Ab'Saber, 1969.

interpenetração de forças contrárias, como os processos relacionados ou resultantes da morfogênese associada a climas seco e úmido, além dos reflexos proporcionados pela estrutura. Durante a atuação de uma fase climática seca, a morfogênese mecânica promove, por recuo paralelo das vertentes, o desenvolvimento de superfícies horizontais, caracterizando um estágio avançado de evolução. São os chamados níveis de pediplanação. Já numa fase de clima úmido, com a predominância da morfogênese química, há um entalhamento generalizado da rede de drenagem. As forças de soerguimento acontecem em ambas as fases

climáticas, seca e úmida. Na fase seca, são responsáveis pelos degraus existentes entre um nível de superfície horizontal. Na fase úmida, essas forças contribuem para o entalhamento da drenagem, promovendo a dissecação do relevo.

É comum que as superfícies horizontais originadas em clima seco, sejam dissecadas pela drenagem nas fases úmidas. Portanto, o clima úmido, através da incisão de talvegues, tende a destruir as formas horizontalizadas, elaboradas em condições climáticas secas, e o clima seco tende a destruir as formas verticalizadas, elaboradas em clima úmido. A sucessão desse jogo de forças contrárias<sup>9</sup>, levando em consideração o tempo de duração dos respectivos domínios morfoclimáticos, é responsável pela composição de formas que expressam situações diferenciadas, as quais permitem a compreensão da dinâmica morfogenética e sua história, registradas no relevo. As formas de relevo resultam da ação dos processos morfogenéticos ao longo do tempo, muitas vezes refletindo a resistência da estrutura aos efeitos do jogo de forças. Por exemplo, uma superfície aplainada em níveis altimétricos mais elevado, corresponde, via de regra, à uma forma mais antiga, relacionada a clima seco, partindo do princípio de que o relevo foi sendo soerguido ao longo do tempo. Podem-se constatar também, graus de dissecações diferenciados no relevo, considerando a relação entre a resistência litológica e as formas dominantes: em condições climáticas úmidas, o forte gradiente de vertentes em estruturas mais resistentes, implica maior intensidade de dissecação; ao contrário, nas superfícies erosivas, mesmo aquelas portadoras de litologias friáveis, a dissecação se apresenta incipiente.

O conceito de compartimentação topográfica, na realidade, apresenta uma dimensão muito maior que a própria denominação, uma vez que transcende a idéia de topografia, no que tange aos aspectos morfológicos e morfométricos do relevo, resultantes das propriedades adquiridas durante sua gênese. Para a sua compreensão, torna-se imprescindível entender o processo evolutivo, considerando a ação diferencial dos processos morfogenéticos: as mudanças climáticas no tempo geológico, os componentes de natureza estrutural, valorizando os mecanismos tectogenéticos e propriedade das rochas, sem desconsiderar os efeitos da interface em cada estágio de evolução. Portanto, torna-se indispensável resgatar os conceitos de Penck, que envolvem os processos exogenéticos e endogenéticos como fatores morfológicos. Valoriza-se, portanto, o clima como elemento responsável pela morfogênese diferencial em função do balanço das forças em ação<sup>10</sup>.

## **b) Estrutura Superficial**

O nível de abordagem correspondente à estrutura superficial refere-se ao estudo dos depósitos correlativos ao longo das vertentes ou em diferentes compartimentos. Esses depósitos são suscetíveis de transformação ao longo do tempo geológico, ensejadas por erosão e perturbações tectônicas locais. O longo período de tempo necessário para sua formação envolve mudanças climáticas, responsáveis por materiais diferentes em sua constituição. A denominação “depósitos correlativos” foi inicialmente apresentada por Penck (1924), quando foram associados às oscilações climáticas acontecidas no passado, sendo as mais expressivas aquelas vinculadas às oscilações do pleistoceno (a partir de 2 milhões de anos), relativamente melhor preservadas em função do tempo frente ao intemperismo. Como exemplo, as fases glácio-eustáticas pleistocênicas, caracterizadas pela expansão das calotas polares e redução do nível marinho, evidenciavam desenvolvimento de clima semi-árido nas regiões intertropicais; os processos morfogenéticos respondiam por desagregação mecânica das rochas, promovendo recuo paralelo das vertentes e respectivos depósitos correlativos, como os pedimentos detríticos. As fases interglaciais, ao contrário, caracterizadas pela redução das calotas polares e aumento do nível marinho, respondiam por um clima úmido nas regiões intertropicais, favorecendo a organização da drenagem e intemperização química das rochas, com coluvionamento de soleiras e depósitos aluviais em superfícies alveolares.

Pela estrutura superficial pode-se compreender os processos morfogenéticos pretéritos e oferecer subsídios, através das propriedades físico-químicas dos depósitos de cobertura, para o entendimento da vulnerabilidade do terreno. A referida abordagem deve estar associada aos demais parâmetros do relevo, como o gradiente da vertente, bem como aos processos morfodinâmicos atuais.

Bigarella & Mousinho (1965) conceituam depósitos correlativos como “seqüências sedimentares resultantes dos processos de agradação ocorrendo simultaneamente como fenômenos de degradação na área fonte”. Referem-se, portanto, ao material residual, depositado em seções de recepção, resultante dos mecanismos morfogenéticos pretéritos e atuais, motivados por diferenciações climáticas, ajustamentos tectônicos ou implicações de natureza antrópica, como os depósitos tecnogênicos. Com relação ao conceito de “depósitos tecnogênicos” Oliveira (1990) destaca tal relação com a ação humana, originados pela técnica, referindo-se a um novo período geológico denominado de Quinário ou Tecnógeno, “período em que a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da biosfera, desencadeando processos (tecnogênicos) cuja intensidade supera em muito os processos naturais”;

## **c) Fisiologia da Paisagem**

A fisiologia da paisagem diz respeito ao momento atual e até sub-atual do quadro evolutivo do relevo, considerando os processos morfodinâmicos, como o significado das ocorrências pluviométricas nas áreas intertropicais, ou processos específicos nos diferentes domínios morfoclimáticos do globo, bem como as transformações produzidas na paisagem pela intervenção antrópica. A apropriação do relevo, como suporte ou

recurso, origina transformações que começam com a subtração da cobertura vegetal, expondo o solo aos impactos pluvioerosivos. A partir de então ocorrem alterações nas relações processuais, como as mudanças no jogo das componentes – de perpendicular, correspondente à infiltração, à paralela, relacionada ao escoamento superficial ou fluxo por terra.

No estudo da fisiologia da paisagem, denominação utilizada por S. Passarge no início do século XX, procura-se avaliar os processos morfodinâmicos atuais, considerando o relevo numa possível perspectiva de Kügler (1976), ou seja, considerando suas propriedades geocológicas e sócio-reprodutoras. O processo de apropriação do relevo pelo homem, seja como suporte ou recurso, responde pelo desencadeamento de reações que resultam no comportamento do modelado, considerando os efeitos morfodinâmicos convertidos em impactos.

O conceito de fisiologia da paisagem pode ser sintetizado a partir da abordagem da teoria biorresistástica de Erhart (1958), bem como pela noção de ecodinâmica apresentada por Tricart (1978), que culmina com a caracterização do grau de estabilidade dos diferentes meios. Devem ser consideradas, no estudo da fisiologia da paisagem, as transformações produzidas pelo homem desde a revolução neolítica até os dias atuais, indutores das alterações associadas à intensidade e à frequência dos processos, que culminam em impactos no meio físico.

Para Abreu (1986), “enquanto as propriedades geocológicas se originam de processos biológicos e morfodinâmicos presididos pelas leis biológicas, físicas e geoquímicas, que cunham as formas e lhes conferem conteúdo plástico, as propriedades sócio-reprodutoras são definidas pelo interesse imediato dos homens pelo relevo como recurso, face ao seu conteúdo (solos, depósitos minerais etc.), ou como suporte de edificações de um espaço construído”.

Os níveis de abordagem nos estudos geomorfológicos, vistos de uma forma integrada, permitem a compreensão do relevo na sua total dimensão. Para se evidenciar a importância da análise integrada dos referidos níveis nos estudos do relevo, recorre-se aos parâmetros imprescindíveis à elaboração de uma carta geomorfológica, considerando critério adotado por Tricart (1967). São quatro os parâmetros que integram uma representação do relevo em grande escala: morfométricos, morfográficos, morfogenéticos e cronológicos (veja capítulo 5). As informações morfométricas e morfográficas são valorizadas na compartimentação do relevo. As morfométricas referem-se às dimensões métricas do relevo, enquanto as morfográficas, às próprias formas existentes, transcritas segundo representações apropriadas. As informações de natureza cronológica são obtidas por meio de formas específicas (terraços, níveis de pedimentação, dentre outras) e principalmente pelo estudo da estrutura superficial. Os elementos morfogenéticos referem-se tanto aos reflexos dos processos morfodinâmicos atuais, enfocados pela fisiologia da paisagem, como pretéritos, responsáveis pela elaboração do modelado e respectivos depósitos correlativos. Outro aspecto digno de nota refere-se ao grau de envolvimento do pesquisador com as atividades desenvolvidas nos diferentes níveis da análise geomorfológica. Nos levantamentos concernentes à compartimentação topográfica o trabalho se caracteriza mais por atividades desenvolvidas no gabinete, utilizando-se de cartas de base, fotografias aéreas ou imagens, ficando as atividades de campo restritas a observações e comprovações. No estudo da estrutura superficial os levantamentos de campo são imprescindíveis, considerando a descrição e análise de perfis disponíveis ou abertura de trincheiras, além de coleta de material para análise laboratorial (análise granulométrico-textural, palinológica, geocronológica, dentre outras). Por último, no estudo da fisiologia da paisagem o controle de campo se intensifica, considerando a necessidade do acompanhamento sistemático dos processos, os quais normalmente exigem o emprego de equipamentos específicos e até mesmo recursos técnicos sofisticados, como miras graduadas, calhas coletoras, simuladores de chuva ou traçadores radioativos como os introduzidos por De Ploey (1967) em pesquisas geomorfológicas experimentais.

Antes de tratar especificamente de cada um dos níveis de abordagem do relevo, serão apresentados alguns conceitos importantes, relacionados aos aspectos taxonômicos, como aqueles relativos aos processos e dimensões espaciais dos fenômenos. Primeiramente apresentam-se algumas diferenças de determinados termos específicos da geomorfologia, como processos morfoclimáticos, morfogenéticos e morfodinâmicos.

Por processos morfoclimáticos entende-se aqueles de significativa abrangência espacial, com tempo geológico de duração suficiente para elaborar determinados tipos de modelados específicos. Exemplo desse processo são os extensos pediplanos de cimeira que ainda podem ser verificados em praticamente todo continente brasileiro, relacionados a condições climáticas secas, elaborados num tempo geológico (provavelmente no Terciário Médio ou posterior) com duração suficiente para proporcionar correspondência entre forma e clima, ou melhor, forma e processo. Considerando o ajustamento da paisagem ao domínio climático ao longo das faixas latitudinais, Tricart & Cailleux (1965) representaram as grandes “zonas morfoclimáticas” do globo, partindo do conceito de que tais compartimentos devem ser entendidos numa determinada dimensão espacial (zonal e de domínios regionais), com duração temporal dos processos suficiente para imprimir marcas ou formas compatíveis na paisagem.

Por processo morfogenético entende-se a relação entre a modalidade de intemperismo e formas correspondentes, que podem variar tanto no tempo de elaboração como na extensão territorial, provocando maior ou menor associação na relação processo-forma. Como exemplo podem se mencionar os processos morfogenéticos responsáveis pelos extensos aplainamentos associados aos climas secos do Terciário Médio,

ainda bem preservados no Centro-Oeste brasileiro, ou ainda o reafeiçoamento de formas e respectivos depósitos correlativos, associados às oscilações climáticas pleistocênicas. As fases glácio-eustáticas pleistocênicas, com duração média de 50.000 a 100.000 anos, foram responsáveis pela elaboração de rampas pedimentadas nas regiões intertropicais, bem como formas associadas à expansão dos glaciais nas regiões temperadas. Portanto, tais processos não tiveram tempo suficiente de duração para imprimir significativamente suas marcas no relevo, em nível de domínio, e nem mesmo tiveram uma abrangência espacial tão expressiva, como os pediplanos, por ocasião das condições climáticas semi-áridas do Terciário.

O conceito de processo morfodinâmico tem sido entendido como aquele associado ao intemperismo atual, ou seja, relacionado à escala de tempo histórica, incorporando-se às diferentes formas de intervenções, destacando-se as antropogênicas. Portanto, são processos mais restritos, tanto no tempo quanto no espaço, sujeitos a oscilações ou ritmos dos principais agentes naturais, como as chuvas, considerando as modificações impostas pelo ser humano no processo de apropriação do relevo. Encontra-se correlacionado ao terceiro nível de abordagem tratado pela fisiologia da paisagem.

Assim, esses termos podem ser empregados considerando os limites impostos à compreensão da especificidade do fenômeno observado. Quanto mais distante o evento geomorfológico (tempo geológico) em relação à impossibilidade de observá-lo nas suas especificidades diárias (tempo humano), menor a capacidade de compreendê-lo quanto à sua dinâmica.

Outro assunto importante para melhor compreensão da compartimentação do relevo diz respeito às unidades taxonômicas têmporo-espaciais, que têm por princípio a dimensão das formas na perspectiva tridimensional (tamanho, gênese e idade). Ross (1992), utilizando-se das unidades taxonômicas apresentadas por Demek (1967), propõe seis níveis para a representação geomorfológica (Fig. 1.12):

1 ° táxon, que corresponde a uma maior extensão superficial, é representado pelas Unidades Morfoestruturais (denominado de "Domínios Morfoestruturais" no manual do IBGE, 1995), cuja escala permite a plena identificação dos efeitos da estrutura no relevo, como mostram as imagens de radar ou as de satélite, em escala média (em torno de 1:250.000). Exemplo pode ser dado para o Estado de Goiás, pelos escudos antigos associados aos dobramentos arqueanos e proterozóicos, que se distinguem dos depósitos paleomesozóicos da bacia sedimentar do Paraná. Este táxon organiza a causa de fatos geomorfológicos derivados de aspectos amplos da geologia com os elementos geotectônicos, os grandes arranjos estruturais e eventualmente a predominância de uma litologia conspícua" (IBGE, 1995, p. 11);

2 ° táxon: refere-se às Unidades Morfoesculturais (denominado de "Regiões Geomorfológicas" pelo IBGE, 1995), contidas em cada Unidade Morfoestrutural. Refere-se a compartimentos que foram gerados pela ação climática ao longo do tempo geológico. "Estas se caracterizam por uma compartimentação reconhecida regionalmente e apresentam não mais um controle causal relacionado às condições geológicas, mas estão ligadas, essencialmente, a fatores climáticos atuais ou passados. "Incluem-se neste taxon os planaltos e as serras, as depressões periféricas como a da Bacia do Paraná" (Tominaga, 2000). As unidades morfoesculturais, em geral, não têm relação genética com as características climáticas atuais (Ross, 1992);

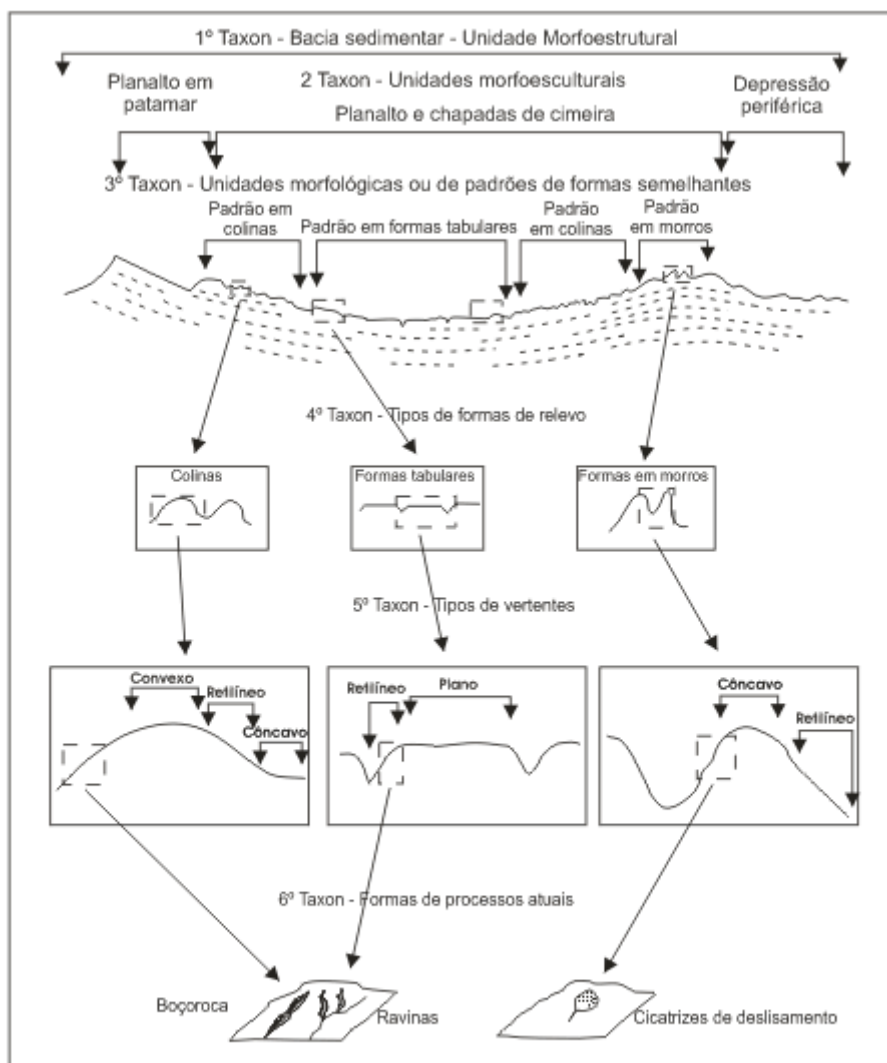


Fig. 1.12 - Representação esquemática das Unidades Taxonômicas proposta por Ross (1992).

3º táxon: representa as Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes (correspondente às “Unidades Geomorfológicas” na metodologia adotada pelo IBGE, 1995), que por sua vez encontram-se contidas nas Unidades Morfoesculturais. Trata-se de compartimentos diferenciados em uma mesma unidade, relacionados a processos morfoclimáticos específicos, com importante participação dos eventos tectônicos ou diferenciações litoestratigráficas, sem desconsiderar influências do clima do presente. O Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 1995) define-o como arranjo de formas fisionomicamente semelhantes em seus tipos de modelado. A identificação dessas unidades na Folha SE.22 Goiânia (Mamede et al, 1983) fundamentou-se na visão de conjunto fornecida pela imagem de radar, na similitude de formas de relevo, no posicionamento altimétrico relativo e na existência de traços genéticos comuns, que “constituíram a gama de elementos que permitiu a identificação de quatro unidades geomorfológicas: o Planalto Central Goiano, os Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, o Planalto dos Guimarães (Alcantilados) e a Depressão do Araguaia”. O Planalto Central Goiano integra quatro subunidades, morfologicamente distintas: Planalto do Distrito Federal, Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, Planalto Rebaixado de Goiânia e as Depressões Intermontanas. A unidade geomorfológica Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná abrange o Planalto Setentrional da Bacia do Paraná e o Planalto de Maracaju-Campo Grande.

4º táxon: refere-se às formas de relevo individualizadas na unidade de padrão de formas semelhantes (correspondente aos Modelados 11 na metodologia adotada pelo IBGE, 1995). Estas formas, quanto à gênese, podem ser: agradação, como as planícies fluviais ou marinhas, terraços fluviais ou marinhos, ou de denudação, como colinas, morros e cristas. Para o IBGE (1995, p. 12), “na composição do mapa geomorfológico são delimitados quatro tipos de modelados: os de acumulação, os de aplanamento, sempre que possível identificados pela definição de sua gênese e funcionalidade, os de dissecação e os de dissolução”.

Uma unidade de padrão de formas semelhantes é composta por numerosas formas de relevo com morfologia e morfometria semelhantes entre si. A identificação morfológica nas manchas ou polígono de modelado correspondente a grupamento de formas do relevo, é expressa através de letras (Projeto Radambrasil): “S” para formas estruturais, “E” para formas erosivas e “A” para formas de acumulação. As formas de dissecação são identificadas pelas letras “a” (formas aguçadas), “c” (formas convexas) e “t” (formas tabulares). A caracterização morfométrica é estabelecida pela dimensão interfluvial e o aprofundamento da drenagem. Ross (1992) sugere a seguinte relação de grandeza das formas de dissecação ( Tab. 1.4 ):

**Tabela 1.4 . Índice de dissecação considerando a relação aprofundamento da drenagem e dimensão interfluvial**

Grau de aprofundamento da drenagem	Dimensão interfluvial (em metros)				
	Muito grande (1) > 1.500	Grande (2) 1.500 a 700	Média (3) 700 a 300	Pequena (4) 300 a 100	Muito pequena (5) <100
Muito fraco (1) < 10 m	11	12	13	14	15
Fraco (2) ( 10 a 20 m )	21	22	23	24	25
Médio (3) 20 a 40 m	31	32	33	34	35
Forte (4) 40 a 80 m	41	42	43	44	45
Muito forte (5) > 80 m	51	52	53	54	55

Fonte: Ross (1992)

5 ° táxon: refere-se às partes das vertentes ou setores das vertentes de cada uma das formas do relevo. “As vertentes de cada tipologia de forma são geneticamente distintas, e cada um dos setores dessas vertentes pode apresentar características geométricas, genéticas e dinâmicas diferentes” (Tominaga, 2000, p. 17). A representação zonal desse táxon só é possível em escalas grandes (1:25.000, 1:5.000). Nas escalas médias (1:50.000, 1:100.000) podem ser individualizadas através de símbolos lineares ou pontuais. No Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (1995) o 5° táxon, ou ordem de grandeza, abrange fatos cuja dimensão espacial implica representação por símbolos lineares ou pontuais.

6 ° táxon: “corresponde às pequenas formas de relevo que se desenvolvem por interferência antrópica direta ou indireta ao longo das vertentes. São formas geradas pelos processos erosivos e acumulativos atuais” (Ross, 1992), como ravinas, voçorocas, corridas de lama, assoreamentos, dentre outros. Tais representações só se tornam possíveis em escala grande (1:5.000, 1:1.000).

O estudo geomorfológico permite o detalhamento de formas além do 6° táxon, como o estudo da micromorfologia de materiais na estrutura superficial, ou ainda considerações sobre evolução ou formas do relevo à luz da teoria dos fractais. Com relação à abordagem fractal, Christofletti (1999, p. 67) a evidencia como uma nova “linguagem” usada para descrever, modelar e analisar as formas complexas encontradas na natureza, tendo como noção básica a repetitividade do padrão geométrico nas diversas escalas de grandeza espacial.

No estudo das unidades morfoestruturais destaca-se à expressividade manifesta pela estrutura (rochas e tectônica), mesmo sabendo que a dissecação, enquanto processo, foi a responsável pela exumação e exposição das formas associadas à estrutura. Como a estrutura é destacada, atribui-se o fato geomorfológico à tipologia estrutural, a exemplo do evidenciado através dos mosaicos de radar ou imagens de satélite em escalas média a pequena (1:250.000; 1:500.000). Ao contrário, quando se trabalha em maior escala, como 1:5.000 ou 1:25.000, a estrutura é mascarada pelos depósitos de cobertura, evidenciando maior participação dos processos morfogenéticos na compreensão das formas.

Constata-se hoje, nos estudos geomorfológicos, importante tendência em não se valorizar um componente em detrimento do outro (clima x estrutura), o que demonstra amadurecimento epistemológico no sentido de se procurar entender o relevo em sua integridade.

## Notas de Rodapé

**2** Por depósito correlativo ou estrutura superficial entende-se determinado tipo de material associado a processos morfogenéticos determinados por condições climáticas específicas.

- 3 Conforme Rorty (1995) “as teorias holísticas parecem dar licença a todos para construírem seu próprio pequeno todo - seu próprio pequeno paradigma, sua própria pequena prática, seu próprio pequeno jogo de linguagem – e depois se arrastam para dentro do mesmo”.
- 4 Capra (1996) esclarece de forma original a diferença entre os termos “holístico” e “ecológico”, utilizando-se do exemplo da concepção de se ver a bicicleta: a visão holística “significa ver a bicicleta como um todo funcional e compreender, em conformidade com isso, as interdependências das suas partes. Uma visão ecológica da bicicleta inclui isso, mas acrescenta-lhe a percepção de como a bicicleta está encaixada no seu ambiente natural e social – de onde vêm as matérias-primas que entram nela, como foi fabricada, como seu uso afeta o meio ambiente natural e a comunidade pela qual ela é usada, e assim por diante”.
- 5 Morin (1977) resgata o conceito da *physis*, dos pré-socráticos, no sentido de entender que o universo físico deve ser concebido como o próprio lugar da criação e da organização. Nesse sentido, parte da idéia de que “somos seres físicos”, o que transforma a *physis* em “princípio significante”.
- 6 A “externalização da natureza”, utilizada como certa freqüência, significa a externalização do homem em relação à natureza, entendida como argumento de promoção à legitimação da apropriação privada dos meios de produção.
- 7 Por nível de base entende-se todo e qualquer ponto mais baixo em relação a uma área localizada a montante, que se caracteriza como referência aos processos erosivos. O nível de base de um curso d’água corresponde ao rio localizado a jusante, o qual terá, como nível de base, outro curso localizado mais abaixo (níveis de base locais e regionais). O nível de base geral de todos os rios é o nível do mar.
- 8 Perfil de equilíbrio é uma referência teórica que se tem, descrita por um curso d’água (curva hiperbólica). Para se obter o suposto perfil de equilíbrio, haveria necessidade de longo tempo de estabilidade tectônica e climática.
- 9 O jogo de forças contrárias ao longo do tempo permite relacioná-lo a um procedimento dialético, considerando suas respectivas leis: a passagem da quantidade em qualidade, o que pode ser atribuído à persistência de determinada ação morfogenética (clima seco ou úmido) na elaboração de formas (aplainamentos ou incisão vertical pela drenagem) ; e a interpenetração dos contrários, correspondente à associação de formas pretéritas e atuais, como a existência de testemunhos de aplainamentos em pleno domínio climático úmido.
- 10 Para Penck (1953), “os três elementos são: 1) processos exógenos; 2) processos endógenos; e 3) o produto de ambos como podem ser chamadas as feições morfológicas.
- 11 Os Modelados referem-se a “formas de relevo que apresentam similitude de definição geométrica em função de uma gênese comum e da generalização dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais” (IBGE, 1995).

## Referências Bibliográficas

- Abreu, A.A. de. Análise geomorfológica: reflexão e aplicação. Tese de Livre Docência. FFLCH-USP. S. Paulo, 1982.
- Abreu, A.A. de. A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: Análise crítica. Rev. IG, São Paulo, v. 4, n. 1-2, p. 5-23, jan./dez., 1983.
- Abreu, A.A. Significado e Propriedades do Relevo na Organização do Espaço. In: Anais do Simpósio de Geografia Física Aplicada 1, B. Geogr. Teorética, Rio Claro, v. 15, n. 29-30, 154-162, 1985.
- Ab´Sáber, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. Geomorfologia. n. 18, IG-USP, S. Paulo, 1969.
- Achkar, M. e Dominguez, A. Problemas epistemológicos de la geomorfologia. Facultad de Ciências, Montevideo, 1994.
- Barbosa, G.V. Formações superficiais e geomorfologia. In: Estudo e cartografia de formações superficiais e suas aplicações em regiões tropicais. Colóquio Interdisciplinar Franco-Brasileiro. P. 151-156. FFLCH, Universidade de São Paulo. S. Paulo, 1983.

- Basenina, N.V. & Trescov, A.A. Geomorphologische Kartierung des Gebirgsteliefs im Masstab 1:200.000 auf Grund einer Morphosturanalyse. Zeitschrift für Geomorphologie. N.F. Berlin, v. 16, n. 2, p. 125-138, jun., 1972.
- Baulig, H. Essais de géomorphologie. Societé d'Édition:Lês Belles Letres. Paris, 1952.
- Bertrand, G. Paysage et Géographie Physique Globale: Esquisse Méthodologique. R. Géograph. Pyrénées et du Sud-Ouest, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.
- Bigarella, J.J. & Mousinho, M.R. considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. Bol. Paran.Geogr., Curitiba, 16/17:153-198, 1965.
- Biot, P. Les méthodes de la morphologie. Cap. II, p. 48-123. Col. Orbis, PUF, 1955.
- Branco, J.M. Dialética, Ciência e Natureza.. Portugal:Caminho Ed. 1989.
- Bryan, K. The place of geomorphology in the geographic science. Ann. Of the Ass. of American Geographers. XL, p. 196-209, 1950.
- Büddell, L. J. Das sistem der Klimatischen Morphologie. Deutscher Geographentag, München, v. 27, n. 4, p. 65-100, 1948.
- Cailleux, A. Recentes Variations du Niveau des Mers et des Terres. Bull. Soc. Géologique de France, v. 2, p. 135-44, 1952.
- Capra, F. A teia da vida. São Paulo:Cultrix, 1996, 256p.
- Carson, M.A. & Kirkby, M.J. Hillslope: form and process. Cambridge University Press, London, 1972.
- Casseti, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo:Contexto, 1991.
- Casseti, V. Abordagem sobre os estudos do relevo e suas perspectivas (Notas Preliminares). Anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia. Rev. Sociedade & Natureza, Uberlândia, ano 3, n. 15, p. 37-43, jan/dez, 1996..
- Cholley, A. Morphologie structurale et morphologie climatique. Anais de Geographie, v. 59, p. 331-335, 1950.
- Christofoletti, A. As Teorias Geomorfológicas. Not. Geomorf., Campinas, v. 13, n. 25, p. 3-4, jun., 1973.
- Christofoletti, A. O desenvolvimento da Geomorfologia. Not. Geomorfológica, Campinas, v. 12, n. 23. p. 13-30, 1972.
- Christofoletti, A. Geomorfologia. São Paulo:Edgard Blucher Ltda, 1980, 2a. ed. 188p.
- Christofoletti, A. Modelagem de sistemas ambientais. S. Paulo:Edgard Blücher Ltda, 1999, 236p.
- Cruz, O. Estudo dos processos geomorfológicas do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba – São Paulo. Tese de Livre Docência, FFLCH-USP, S. Paulo, 1982.
- Davis, W. M. The Geographical Cycle. Geogr. Journ., London, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899.
- Demek, J. Handbuch der Geomorphologischen Detailkartierung. Ferdinand Hirt: Viena, 1976.
- Dewolf, Y. Interêt et principes d'une cartographie dès formations superficielles. Association dès Publications de la Fac. Lettres et Sci.Hum. Univ. Caen., 181, 1965.
- De Ploey, J. Étude de l'érosion pluviale de sols sablonneux du Congo Occidental au moyen d'un traceur radioactif (II). In. Rap. Recherche. Rép. Dém. Congo, Trico 14, 1967.
- Doles, R. B. & Stable, H. Denudation. United States Geolog. Survey, Water Supply Paper, (234):78-93, 1909.

- Erhart, H. La theorie bio-rexistesique et les problemews biogeographiques et paleobiologiques. Soc. Biogeogr., France, CNR (288):43-53, 1956.
- Flaxman, E. M. & High, R. D. Sedimentation in Drainage Basins of the Pacific Coast. Portland: States Soil Conserv. Service, 1955. (mimeo.)
- Gilbert, G. K. The Geology of the Henri Mountains. Washington: United States Geographical and Geological Survey. 1877.
- Gregory, K. J. & Walling, D.E. Drainage Basin: Form and Process. London: Edward, 1973.
- Günther, S. Geografia Física. Rio de Janeiro: Ed. Atlântica, 1934.
- Gutemberg, B. Changes in Sea Level, Post-Glacial Uplift and Mobility of the Earth's Interior. Bull. Geol. Society of Amer. n. 52, p. 721-71, 1941.
- Hack, J. T. Studies of Longitudinal Stream Profiles in Virginia and Maryland. United States Geol. 1957. Survery Profiss. Paper, (294-B)
- Hack, J.T. Interpretation of Erosional Topography in Humid-Temperate Regions. Amer. Journ. Sci, New Haven, Conn. v. 258-A, p. 80-97, 1960.
- Hack, J.T. Geomorphology of the Shenandoah Valley, Virginia and West Virginia, and origin of the residual ore deposits. U.S.Geol.Surv.Prof.Paper (484), 1965.
- Hamelin, L.E. Géomorphologie: geographie globale-geographie totale. Cahiers de Geographie de Quebec. V. VIII, n. 16, p. 199-218. Tradução de A. Christofletti. Not. Geomorfológica, 13/14, p. 3-22, Campinas, 1964.
- Hartshorne, R. The nature of geography. Ann. Of the Ass. Of Amer. Geogr. V. 29, 1939.
- Hettner, A. Die Geographie: Ihre Geoschichte ihr Wesen und ihre Methoden. Breslau: Ferdnand Hirt,, 1927.
- Horton, R.E. The role of infiltration in the hydrologic cycle. Transcr. Of American Geophysical Union (14):446-460, 1933.
- IBGE – Fundação IBGE. Manual técnico de geomorfologia. Coordenadores: Nunes, B. de A; Ribeiro, M.I. de C.; Almeida, V.J. de; Natali Filho, T. Série Manuais Técnicos em Geomorfologia n. 5. Fundação IBGE, R. de Janeiro, 1995, 112 p.
- Khosle, A. N. Sieting of Reservoirs. Central Boarce of Irrigation and Power (India), 1953. (Publ. 51)
- King, L. C. Canons of Landscape Evolution. Bull. Geolog. Society of America, Washington, v. 64, n. 7, p. 721-732, 1953.
- King, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. Rev. Bras. Geogr., R. de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.
- King, L.C. Morphology of the Earth. Edinburgh: Oliver, 1967.
- Klimaszewski, M. Problems of Geomorphological Mapping. Varsóvia: Academ. Polonesa de Ciências 1963. (Estudos Geográficos, 46)
- Kügler, H. Zur Aufgaben der geomorphologischen Forschung und Kartierung in der DDR. Petermanns Geographische Mitteilungen, V. 120, n. 2, p. 154-160, 1976.
- Laingbein, W. B. & Schumm, S. A. Yield of Sediment in Relation to Mean Annual Precipitation. Transc. Am. Geophys. Union n. 39, p. 1076-84, 1958.
- Leighly, J. What has happened to physical geography? Ann. Assoc. Am. Geographers, v. 45, n. 309, p. 309-318, 1955.
- Leopold, L. B. & Maddock Jr., T. The Hidraulic Geometry of Stream: Channels and Some Physiographic Implications. United States Geolog. Survey Profess. Paper, 252, 1953.

- Leuzinger, V.R. Controvérsias geomorfológicas. *Jornal do Com. Rodrigues e Cia, R. de Janeiro*, 1948, 207 p.
- Mamede, L. Ross, J.L.S.; Santos, L.M.dos; Nascimento, M.A.S.. *Geomorfologia Folha SE.22 Goiânia. Projeto Radambrasil*. Rio de Janeiro, 1983.
- Martonne, E. de. *Tratado de geografia física*. Barcelona:Juventud, 1964.
- Mendonza, J.G.; Jiménez, J.M.; Cantero, N.O. *El pensamiento geografico*. Madrid:Alianza Editorial S.A., 1982.
- Moreira, R. O conceito de natureza na geografia física. *Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente*, (13):67-113, 1994.
- Morley, M. P. & Zimpfer, G. L. *Explanation in Geomorphology*. *Zeitschrift für Geomorphologie*., N.F. Berlin, v. 20, n. 4, p. 381-90, 1976.
- Morin, E. *O método I. A natureza da natureza*. Portugal:Europa-América, 1977.
- Neef, E. *Geographie und Umweltwissenschaft*. *Petermanns Geogr. Mitteilungen*. 116. Jahrgang, n. 2, p. 81-88, 1972.
- Oliveira, J. B. de. *Formações superficiais: viabilidade de emprego em projetos de planejamento territoriais e de execução no Brasil*. *Colóquio Estudo e Cartografia de Formações Superficiais e suas Aplicações em Regiões Tropicais*. S. Paulo, vol. 1, 303-310, 1978 (1983).
- Passarge, S. *Physiologische Morphologie*. *Metteil. Geogr. Gesellsch.* Vol. XXVI. Hamburg, 1912.
- Passarge, S. *Physiogeographie und vergleichende landschaftgeographie*. *Mitteilungen Geograph. Gess*, Hamburgo. n. 27, 1913.
- Penck, A. *Morphologie der Erdoberfläche*. Stuttgart: Engelhorn, 1894. 2 v.
- Penck, W. *Die morphologische analyse. Ein kapitel der physikalischen geologie*. J. Engelhorn's Nachf. Stuttgart, 1924.
- Penck, W. *Morphological Analysis of Landforms*. Londres: McMillan, 1953.
- Powel, J. W. *Exploration of the Colorado River of the West and its Tributaries*. Washington: Smithsonian Institution, 1875.
- Pugh, J. C. *Isostatic Readjustment and the Theory of Pediplanation*. *Quarterly Jour. Geol. Society*, n. 111, p. 361-9, 1955.
- Richthofen, F. von. *Tareas y métodos de la geografía actual*. *Didáctica Geográfica* v. 3, p. 49-62, 1883 (1978).
- Rorty, R. *A filosofia e o espelho da natureza*. Rio de Janeiro:Relume Dumará, 1995, 386p.
- Ross, J. S. *Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo*. *Rev. Geografia*. São Paulo, IG-USP, 1992
- Rossel, R.J. *Geographical geomorphology*. *Annals of the Association of American Geographers*, n. 39, p. 1-11, 1949.
- Russell, R. J. *Geographical Geomorphology*. *Ann. Ass. Amer. Geogr.*, v. 39, p, 1-11, 1949.
- Sapper, K. *Ueber Abtragungsvorhaenge in den wechselfeuchten Tropen und ihre morphologischen Wirkungen*. *Geographische Zeitschrift*. Leipzig, 1914.
- Schmidt, A. *Der Begriff der Natur in der Lehre von Marx*. Frankfurtam. M., Basis, 1978.
- Schmithüsen, J. *Die Aufgabenkreise der Geographischen Wissenschaft*. *Geographische Rundschau*, v. 22, n. 11, p. 431-443, 1970.

- Schumm, S. A. The Disparity Between Present Rates of Denudation and Orogeny. United States Geol. Survey Profess. Paper, 454-H, 13. p., 1963.
- Schumm, S.A. & Lichty, R.W. Time, space and causality in geomorphology. Am.J.Science (263):110-119, 1965.
- Sochava, V. B. Geographie und Oekologie. Petermanns Geographische Mitteilunge, v. 118, n. 2, p. 89-98, 1972.
- Stone, R. Geological and engineering significance of changes in elevation revealed by precise leveling Los Angeles area, California. Geol. Soc.Special Paper V. 68, p. 57-8, 1961.
- Strahler, A. N. Statistical Analysis in Geomorphic Research. Journ. Geol., Chicago: v. 3, 62, n. 1, p. 1-25, 1954.
- Taylor, G. (Editor) Geography in the twentieth century. Methuen. London, 1951.
- Thornes, J. B. & Brunsdeb, D. Geomorphology & Time. New York: Wiley 1977.
- Tominaga, L.K. Análise morfodinâmica das vertentes da serra do Juqueriquerê em São Sebastião-SP. Dissertação de Mestrado. FFLCH-USP, S. Paulo, 2000.
- Tricart, J. Mise em point: l'évolution des versants. L'information géographique, (21):108-15, 1957.
- Tricart, J. Précis de geomorphologie. Tome I. Geomorphologie structurale. Paris:SEDES, 1968.
- Tricart, J. Ecodinâmica. Recursos Naturais do Meio Ambiente. R. Janeiro: IBGE, 1977.
- Tricart, J. Géomorphologie applicable. Paris:Masson, 1978.
- Tricart, J. e Cailleux, A. Introduction a la géomorphologie climatique. Paris:SEDES, 1965.
- Troll, C. Die Landschaftsguertel der Tropischen Anden. In. Inhadl 24 Dt. Geographentag zu Danzing, p. 263-70, 1932.
- Tsuboi, C. Investigation on the Deformation of the Earth's Crust Found by Precise Geodetic Means. Japanese Journ. Astronomy and Geophisic, n. 10, p. 93-248, 1933.
- Tzu, S. A arte da Guerra. São Paulo:Record, 1983.
- Wegmann, E. Lebendige Tektonik, eine Uebersicht. Geologische Rundsch. Vol. 43, n. 1, p.4-34, 1955.
- Wooldridge, S.W. & Morgan, R.S.. The physical basis of geography. Na outline of geomorphology. Longmans, Green and Co. London, 1946.