

BIODIVERSIDADE - ECODIVERSIDADE -SÓCIO-DIVERSIDADE¹

Pierre DANSEREAU²

Não é meu propósito fazer uma revisão das inúmeras publicações sobre a biodiversidade. Este conceito serviu de ponto de aglutinação de diversas gerações de biólogos, ansiosos por defender a sobrevivência das espécies ameaçadas por toda parte, no mundo. A par das divergências, a biodiversidade é comumente concebida em termos do número de espécies (ou de "taxa") que se encontra numa determinada área.

Assim, a gama clássica, partindo da floresta tropical úmida em direção às regiões cada vez mais frias ou secas, chega às vastas regiões da Mauritània ou da Antártida com não mais que quatro espécies de plantas vasculares. Este conceito florístico (ou faunístico) se aplica também a áreas bem mais restritas, no interior de uma mesma zona bioclimática ou mesmo regional.

Eu me proponho a ampliar este horizonte, esboçando a problemática em três níveis.

Diversas hipóteses convergem para a explicação de *riqueza* e de *pobreza* das floras e das faunas, no sentido de explicar a *raridade* de certas espécies (ou "taxa") ou a *vulnerabilidade* das espécies "ameaçadas". Os defensores da natureza quase tomaram como dogma a obrigação de preservar para sempre todas as espécies (ou "taxa") que vivem atualmente em nosso planeta. Sem retomar aqui os argumentos que se apoiam sobre este dever indiscutível, lembremos que se podem distinguir aspectos biológicos, ecológicos e sociais.

A *diversidade biológica* é medida pelo número dos "taxa" que ocupam determinado espaço. O patrimônio genético de cada um destes "taxa" é mais, ou menos, rico, estável e eficaz. As conseqüências desta riqueza são genéticas e ecológicas, quer como reserva hereditária pré-adaptada às condições atuais oferecidas pelo ambiente ou pelas mudanças edáficas e climáticas.

A *diversidade ecológica* é proporcional ao número de nichos, de ecótopos, de comunidades e de ecossistemas disponíveis. Uma paisagem com topografia, solos e drenagem variados apresenta um potencial de diferenciação mais alto que uma duna, uma planície ou um flanco de montanha onde a gama de ecossistemas é estreita.

A *diversidade sociológica* resulta da multiplicidade de papéis atribuídos aos agentes em uma comunidade ou em um ecossistema. As diferentes oportunidades de exploração cobram reações das plantas, dos animais e dos homens, que ficam sujeitos a um ciclo complementar e coordenado.

Como a *problemática da diversidade* se situa na interface da hereditariedade e do meio, é preciso situar o potencial genético em diversas escalas do meio. Só então poder-se-á encontrar o *encadeamento das respostas*, que é expressão da própria diversidade. A dimensão ecológica, em um grande número de trabalhos sobre ecossistemas é quase sempre menos definida do que o complexo genético. Sua interação exige um conceito unificador que é o ecossistema. Um modelo (que se pode chamar de "boule de flèches") contém o essencial da definição e do funcionamento e considera o deslocamento dos fluxos de energia em seis níveis tróficos e o jogo de "input - ouput" com os outros ecossistemas (FIGURA 1).

Cada ecossistema aparecerá, portanto, como um nó numa rede mais ou menos complexa. Sua dinâmica interna depende da produtividade relativa dos processos em cada nível e da transferência de seus produtos a um outro nível trófico (inferior ou superior), ou ainda, da importação de um recurso ou da exportação de um produto (resíduo) para outro ecossistema.

Forças diferentes de um nível a outro disputam os recursos eventualmente utilizados pelos agentes em seus nichos segundo os processos que lhes são próprios. A relação produção/consumo não cessa de depender das pressões exercidas em todos os níveis. Seria necessário bem identificar estas forças, bem mensurar (qualitativa e quantitativamente) cada uma destas unidades globalizantes: fisiografia e clima; relevo, solo, drenagem, ocupação e uso (mosaico de áreas silvestres, agrícolas, industriais, urbanas); qualidades do sítio e regime ecossistêmico de ciclagem; estrutura, composição e dinâmica da comunidade; espaço de interação imediata; possibilidade de contato real para troca metabólica.

A FIGURA 2 coloca o ecossistema no centro de um conjunto de unidades ambientais regidas por processos submetidos de forma desigual aos aportes ecológicos.

O encadeamento das respostas acha-se representado nas FIGURAS 3 e 4. O indivíduo está colocado no centro, entre dois arcos: abaixo, a *adaptação interna*, acima o *ajustamento externo*.

A programação morfogenética do ser vivo (da esquerda para a direita) está contida nas moléculas de ADN fixadas nos cromossomos que impõem um desenvolvimento limitado às células agrupadas em tecido, e se diferenciando em órgãos. A expressão do potencial

(1) Traduzido do original francês por João Régis Guillaumon - Pesquisador Científico do Instituto Florestal - São Paulo - Brasil.

(2) Professor de Ecologia - Universidade de Quebec em Montréal-Canadá.

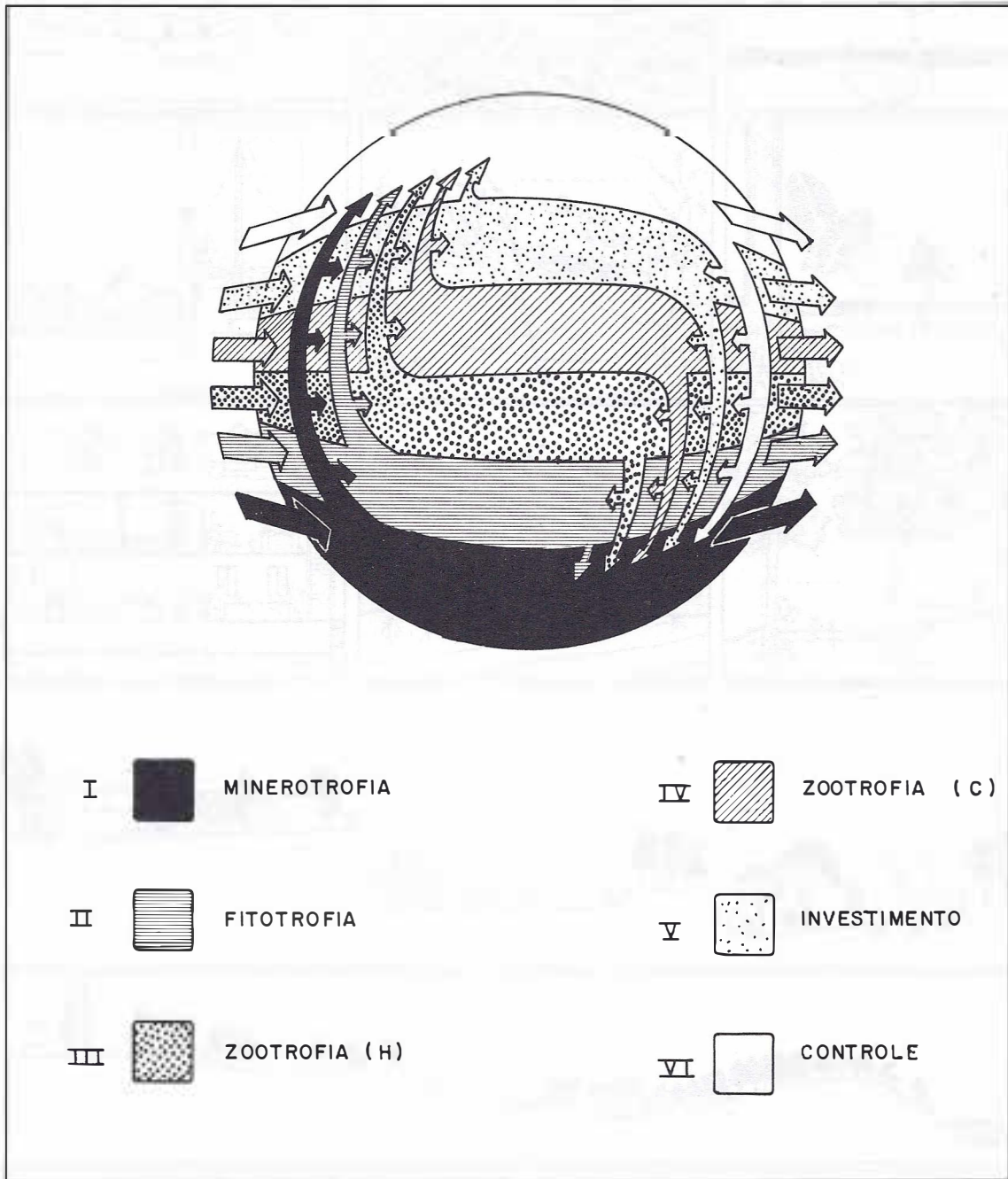


FIGURA 1 - Um modelo do ecossistema. O fluxo de energia é levado de um nível trófico (I-VI) a um outro, carregando recursos transformados em produtos. Chegam também recursos ("input") de outros ecossistemas e saem produtos ("output")

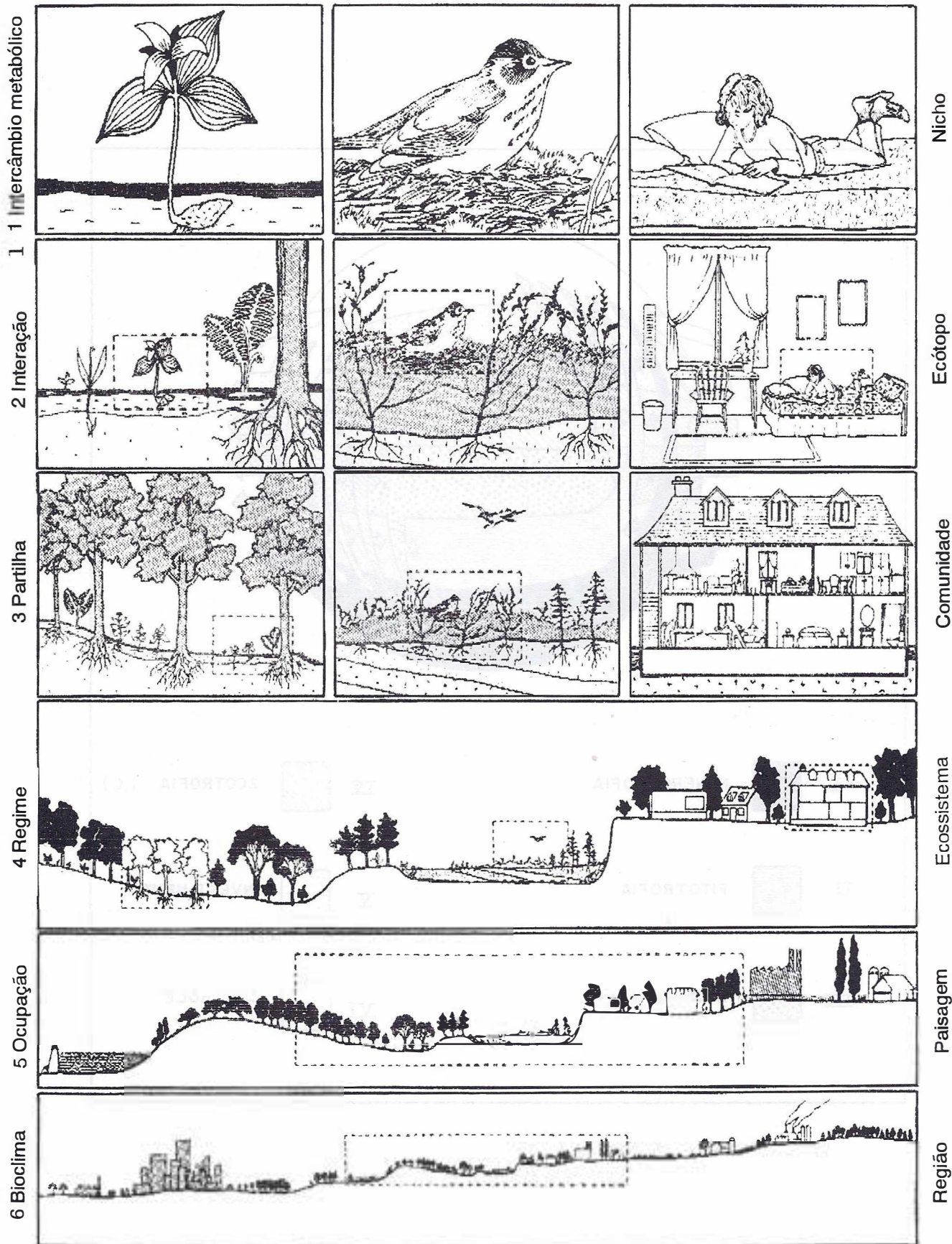


FIGURA 2 - Ajustamento de uma planta, um animal e um ser humano a seis ordens de grandeza no meio ambiente (do nicho até a região), sobressaindo os processos típicos (do intercâmbio metabólico até o bioclima)

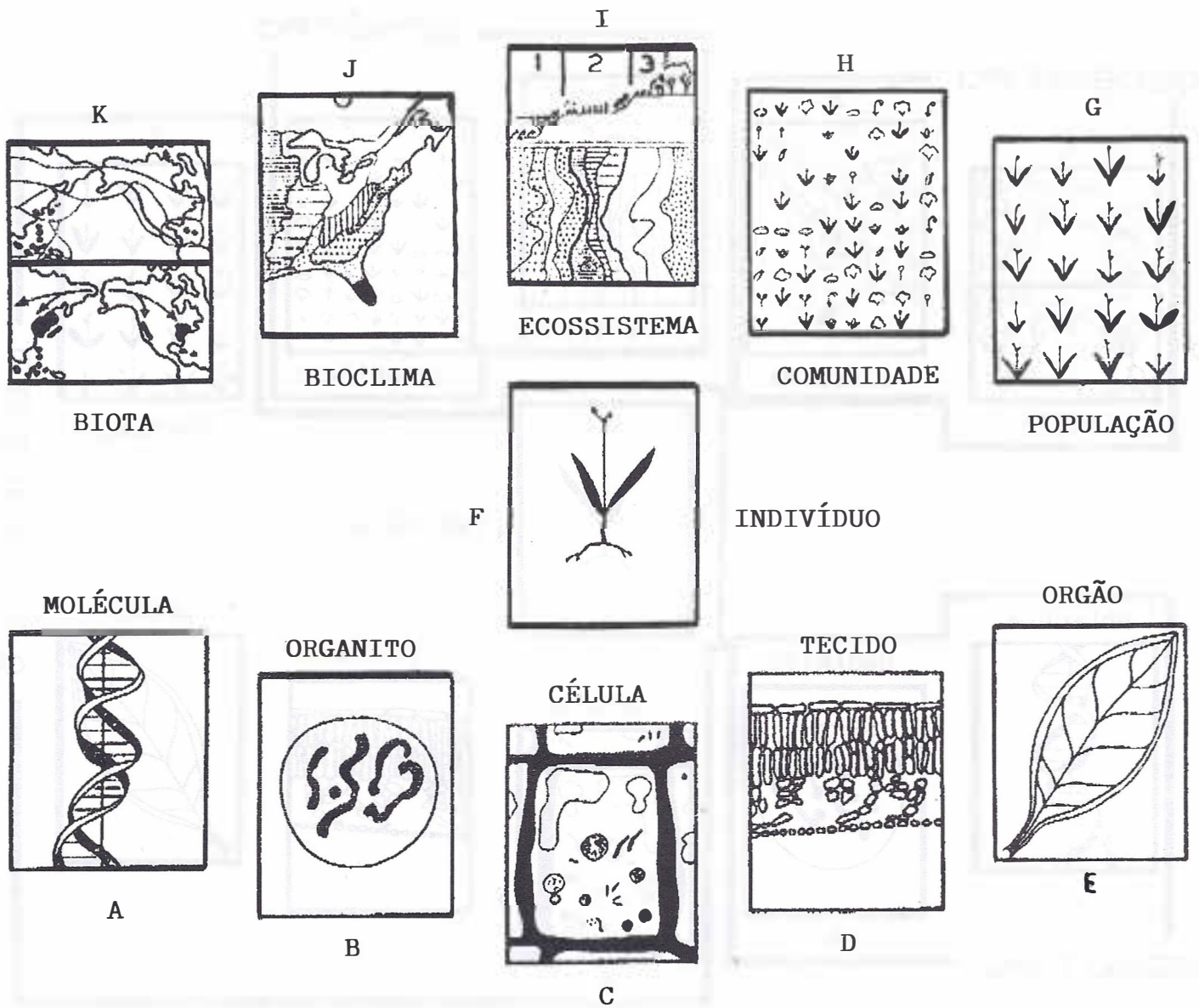


FIGURA 3 - Os níveis de integração de uma planta. O centro, o indivíduo cuja programação é transmitida (fileira inferior) desde as moléculas até os órgãos. Dentro desse quadro autoecológico, o meio ambiente limita a plena expressão do patrimônio hereditário. Na fileira superior, a competição-cooperação favorece ou não o potencial dos intercâmbios sinecológicos da população

genético já pressupõe grande número de inibidores nos alelos que se modificam mutuamente. Por outro lado, no momento do crescimento e da diferenciação, fatores externos (luz, calor, umidade, ...) podem afetar diversos processos vitais, a exemplo da solução dos conflitos vegetativos/sexuais.

O *ajuste externo* do indivíduo se faz, primeiramente, no seio da população (que comporta uma certa variação genética) e sob a pressão dos outros membros da comunidade (segundo suas óticas de cooperação-competição). A comunidade, por sua vez, deve se inserir no ritmo da ciclagem do ecossistema. Este, conforme demonstrado, somente se desenvolve numa paisagem que lhe oferece a fisiografia e os recursos necessários e, ele próprio está à mercê das condições bioclimáticas. Resta um último compartimento cuja dimensão é ainda

maior no espaço e no tempo, sejam as biotas que são grandes unidades geográficas, freqüentemente transcontinentais, "taxa" vegetais, animais e humanos cuja filogênese foi afetada de forma mais, ou menos, grave e irreversível pelos episódios geológicos.

A FIGURA 4 se superpõe à FIGURA 3, agrupando as unidades da seguinte maneira:

- o **genótipo** se define no nível das moléculas e dos organitos; aí se encontra o potencial que permite ao *indivíduo* transmitir suas características às gerações seguintes (reserva genética), mesmo quando um grande número de gens não se manifesta, nem na forma, nem na função do fenótipo;

- o **fenótipo** resulta da mecânica do genótipo em si, enquanto as *células*, os *tecidos* e os *órgãos* reagem ao meio com uma resposta que dá ao indivíduo sua

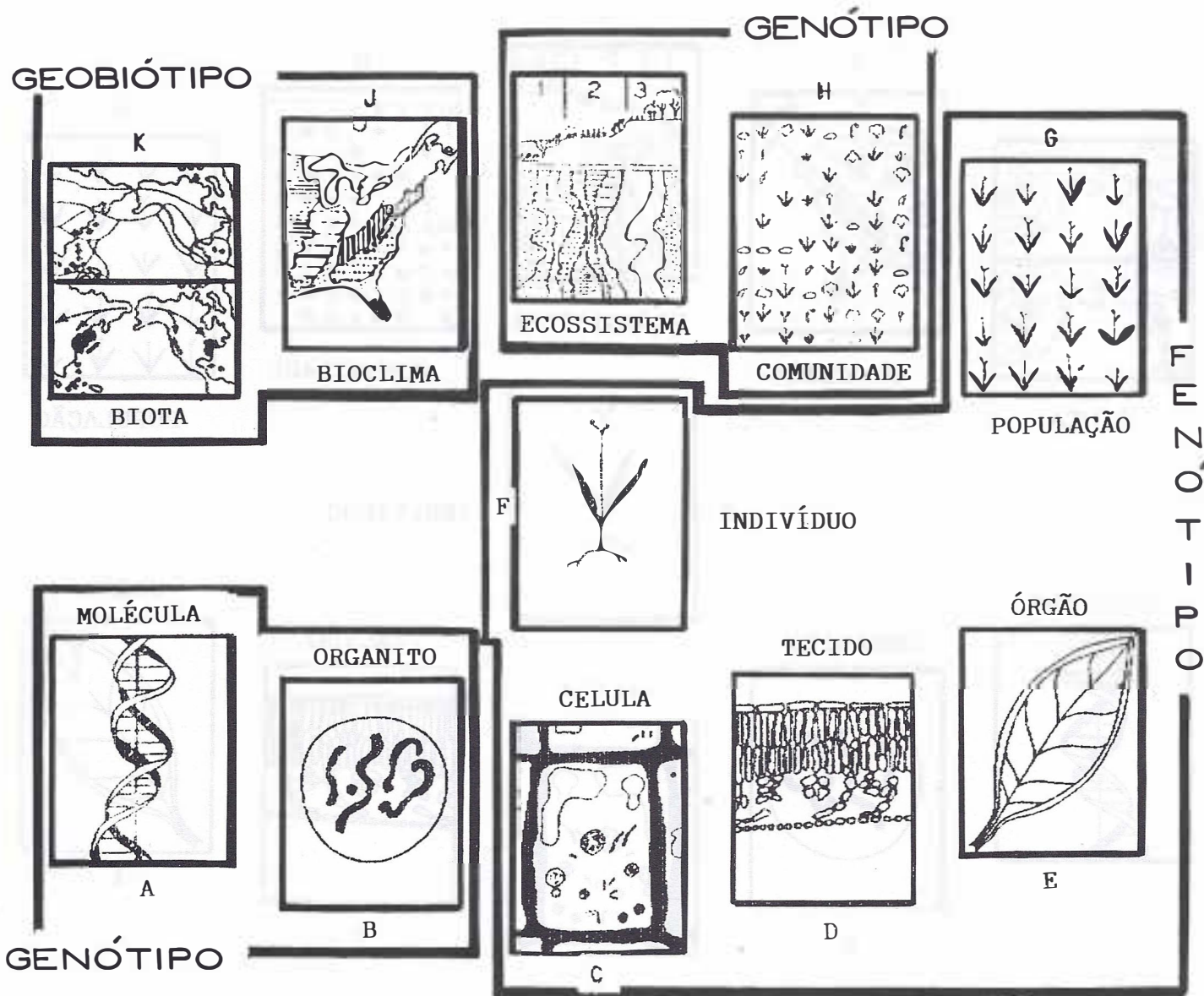


FIGURA 4 - Distribuição dos tipos biológicos conforme as respostas ecológicas e biogeográficas às modalidades de adaptação ilustradas na FIGURA 3

forma e suas funções; uma *população* abrangerá um número limitado de fenótipos;

- o **cenótipo** é a forma de adaptação do organismo a um ou a vários ambientes, seja o grupo efarmônico, que assume uma função específica em uma comunidade (onde ele é cerceado pela limitação dos recursos) e no ecossistema (onde ele está submetido a um ritmo de ciclagem especial);

- o **geobiótipo** é determinado pela filogenia e pelos impactos das mudanças geológicas (deriva dos continentes, levantamentos orográficos, glaciações, desertificação, etc); cada geobiótipo acha-se, de certa forma, ligado a um tipo de formação (floresta ombrófila tropical, estepe temperada, tundra ártica, etc).

Uma problemática da diversidade será, portanto, centrada sobre as oportunidades oferecidas pelo meio e sobre as demandas dos organismos (plantas, animais, humanos). Esta formulação exige um dimensionamento

tão exato quanto possível da reserva e da disponibilidade dos recursos, do potencial e da capacidade dos organismos.

No que se refere ao meio, esta formulação propiciou classificações baseadas na acumulação dos bens e nos conflitos com os ecossistemas (floresta, brejo, duna, etc), por um lado e, por outro, à classificação das respostas em três patamares: genético (taxonômico), fisiológico e social.

Assim, o manguezal brasileiro ocupa uma zona intertidal argilosa em clima tropical úmido, em que as comunidades vegetais manifestam adaptações aos efeitos mecânicos das marés, à instabilidade do substrato, à salinidade; as três espécies arbóreas da zonação que marca este ecossistema, respondem de forma diferente; as espécies associadas (vegetais e animais, assim como os grupos humanos) aí encontram recursos muito limitados.

O que aí é encontrado nos três níveis de diversidade pode ser resumido da seguinte maneira:

- **biodiversidade**: um número muito restrito de espécies vegetais e animais (comparado com uma floresta ombrófila tropical);

- **ecodiversidade**: a predominância da inundações periódica e da salinidade não favorece uma larga gama de respostas fisiológicas, mesmo que ela exija adaptações muito estreitas;

- **sócio-diversidade**: as relações água-solo-planta-animal seguem uma prescrição que permite uma abundância relativamente alta do número de parceiros.

Eis, portanto, pontos de referência no "teatro do meio ambiente", onde se representa "o drama da evolução" (HUTCHINSON, 1965). O *encadeamento das respostas* não pode ser compreendido sem um conhecimento mais preciso das *adaptações genéticas* (que limitam a capacidade de participação nos recursos) por um lado, e de outro, *estruturas dinâmicas dos ecossistemas* que recebem e condicionam esta relação.

A troca que se efetua entre o organismo e seu meio depende, portanto, primeiramente, de seu *patrimônio genético* e da *adaptação de suas capacidades*, o que determina sua *valência ecológica* e, finalmente, sua cota na *participação social*. A estas diversas funções correspondem o genótipo, o fenótipo, o cenótipo e, a longo prazo, o geobiótipo. Cada um destes níveis de adaptação possibilita uma classificação mais ou menos complexa.

No que concerne às plantas, por exemplo, adotam-se os seguintes agrupamentos:

- **genótipos**: sexuais/vegetativos/apomíticos; autofecundos/auto-estéreis;

- **fenótipos**: uniformes, lábeis;

- **cenótipos**: *forma biológica* (fanerófitas, caméfitas, hemicriptófitas, geófitas, terófitas); *forma de dispersão* (anemocórica, zoocórica, etc); *fenologia* (sempervirens, semidecídua, áfila); *brevidiurna*, *longidiurna*; *ecologia* (higrófila, mesófila, xerófila); *sociologia* (dominantes, subdominantes, dominadas, ocasionais, raras, solitárias, gregárias);

- **geobiótipos**: cosmopolitas/endêmicas; com distribuição contínua/descontínua; continental/regional/local; segundo as características históricas: boreal, saheliana, patagônica, etc.

Para bem avaliar a performance da planta, do animal, do homem, será preciso compreender os três aspectos de sua *adaptação*: a relação entre suas *exigências*, suas *tolerâncias* e suas *capacidades*. É assim que se poderão situar na matriz do meio ambiente, os critérios que permitem perceber a *estratégia ecológica*. É no objetivo auto-ecológico (FIGURA 2, lida de alto a baixo) que se poderá distinguir os três elementos da resposta biológica.

A exigência é a necessidade incondicional que o organismo manifesta face a um recurso (ar, água,

alimento, reprodução, disseminação) em cada uma das fases de seu ciclo vital (germinação, crescimento, floração, frutificação; nascimento, adolescência, reprodução, trabalho). Assim, o *Cyperus papyrus* exige muita água, a *Opuntia ficus-indica* absorve pouca; o cavalo e o camelo estão na mesma relação; o europeu tem maiores necessidades de aquecimento ambiente que o inuit (esquimó).

A tolerância é função do "stress" sofrido pelo excesso ou deficiência de um recurso. A rusticidade de muitas plantas cultivadas é sobejamente conhecida e colocada para desfrute do homem: numerosas espécies "resistem" ao inverno canadense ou ao verão tropical; muitos animais estão igualmente "aclimatados"; os exploradores demonstraram sua "resistência" no deserto (Théodore Monod), no mundo polar (Rasmussen) e na montanha (Hillary).

Sabe-se bem que um organismo tem sua *sobrevivência* assegurada em um ou vários ambientes quando suas exigências mínimas são satisfeitas e quando suas tolerâncias máximas não são ultrapassadas. Ora, estes dois parâmetros não cerceiam sua *capacidade* de desempenhar um papel mais, ou menos, importante no, ou nos ecossistemas que respondem às suas exigências e não ultrapassam suas tolerâncias.

A capacidade é a aptidão manifestada pelo organismo em sua exploração de um ou de diversos recursos. Duas espécies que ocupem o mesmo sítio, e tenham as mesmas exigências e tolerâncias, irão se nutrir inegavelmente na mesma reserva de recursos disponíveis. Em uma plantação de bordo da região de Montréal, o bordo de açúcar (*Acer saccharum*) se reproduzirá de forma mais prolifera que a faia (*Fagus grandifolia*) e, no curso de uma estação, utilizará uma quantidade muito maior de energia solar, de calor, de luz e de nutrientes do solo. Sobre uma falésia marítima do golfo "Saint-Laurent", as "fous de Bassan" (*Morus bassanus*) ocupam muito mais espaço que o alcatraz de garças (*Phalacrocorax auritus*); na construção das estruturas metálicas das pontes, os amerídios demonstram equilíbrio e agilidade superiores aos dos europeus.

O teste da fórmula ETC (exigência-tolerância-capacidade) consiste em retomar a valência do organismo em um ou diversos gradientes ambientais.

As informações precedentes definem uma problemática aberta sobre todos os fatores e sobre todos os parâmetros do meio ambiente. Esta visão poderá ser conscientizada com exemplos de regiões tropicais e temperadas*.

No contexto da utilização de espécies indígenas, objeto de nosso interesse no momento, seria talvez vantajoso recorrer a um esquema semelhante para identificar o que as ameaça: instabilidade genética (genótipo)? Insuficiência ecossistêmica (fenótipo)? Ou baixa sociabilidade (cenótipo)?

(*) Quando da apresentação verbal, acompanhada de transparências e diapositivos, diversos transectos foram utilizados para ilustrar as interações da bio-eco-sociodiversidade nas paisagens da planície de Montréal e do golfo de "Saint-Laurent" (em zona temperada) e da restinga fluminense, de Campos do Jordão e do Nordeste brasileiro (em zona tropical).

Anteriormente (DANSEREAU , 1952; 1958) eu havia proposto um modelo da *estratégia ecológica* para plantas em que era possível detectar as vantagens e as desvantagens de uma espécie no conjunto de sua área. Em um ensaio mais recente (DANSEREAU, 1971) procurei traçar uma *listagem de cenótipos*, ou seja, as respostas dessas plantas. Tenho sempre a impressão de que a vulnerabilidade das espécies ameaçadas deve levar em consideração todas as dimensões para solução dos conflitos de hereditariedade de meio ambiente, e que os três aspectos dessa problemática, conforme definidos anteriormente, são igualmente importantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DANSEREAU, Pierre, 1952. The varieties of evolutionary opportunity. *Revue canadienne de Biologie*, 11(4):305-388.
- ___, 1957. *Biogeography: an ecological perspective*. Ronald Press Co., New York, xiii + 394 pp.
- ___, 1971. The variety of coenotypes in vascular plants and the spectrum of their distribution in several communities. I. Definition and test. *Naturaliste Canadien*, 98(3) 359-384.
- HUTCHINSON, G. Evelyn, 1965. *The ecological theater and the evolutionary play*. Yale University Press, New Haven, Connecticut, xiii + 139 pp + plates.