

# A IMPORTÂNCIA DA SISTEMÁTICA

Sergio Antonio Vanin\*

*A revista Vetores e Pragas solicitou ao Prof. Sergio Antonio Vanin, do Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, que esclarecesse algo sobre a sistemática e sua importância para o controle de pragas. Este assunto sempre foi um mistério para os controladores de pragas, e bem poucos entendem o que significa o nome de uma espécie animal, ou que importância tem a identificação da praga para o correto exercício do controle. Neste artigo torna-se claro que a sistemática não é tão difícil quanto aparenta ser, é muito lógica e seus fundamentos podem ser compreendidos com facilidade. Além disso, esse conhecimento é muito útil para o controle de pragas e amplia consideravelmente o universo cultural em que essa atividade está inserida.*

Já foram descritas e nomeadas cerca de um milhão e meio de espécies viventes, compreendendo organismos muito diversos, como bactérias, amebas, plantas e animais. Esse número pode causar espanto para a maioria das pessoas, principalmente as residentes nos grandes centros urbanos, acostumadas a reconhecer poucos animais e plantas, em particular aqueles denominados "úteis" ou "daninhos". Porém, essa cifra representa uma pequena fração do total existente, estimado entre cinco a cem milhões de espécies. Inúmeras outras formas atuais de vida ainda são desconhecidas, ou seja, ainda não foram caracterizadas, nem sequer receberam um nome. Mesmo dentre aquelas que possuem um nome, em muitos casos não se conhecem dados impor-

tantes, tais como os hábitos de vida, distribuições geográficas, vulnerabilidade às mudanças do ambiente, possíveis utilizações pelo homem. O nome das espécies parece exercer um poder mítico. Muitas pessoas acreditam que basta conhecer o nome do organismo para resolver qualquer problema. O nome é fundamental, mas muito importante é a informação existente e que pode ser recuperada através do nome.

Essa diversidade incrível de formas é resultante de mais de três bilhões de anos de história evolutiva. O homem utiliza, desde a antiguidade, uma pequena fração da biodiversidade para sua alimentação, vestimenta e moradia, através das atividades agropecuárias, pesqueiras e florestais. De vez em quando, uma espécie ate-

então desconhecida ou inexpressiva passa a ser reconhecida como importante, ou por ter alguma nova utilidade para o homem, ou por acarretar dano a algum bem de consumo humano.

O Brasil é um dos países com maior diversidade biológica, com cerca de 20% das espécies do planeta. As tarefas de descobrir, nomear, descrever as características morfológicas e anatômicas, conhecer a história natural, ecologia, comportamento e distribuição geográfica da maioria dessas espécies ainda está por realizar. A urgência desse empreendimento fica mais evidente se considerarmos que o planeta está sofrendo um rápido declínio de sua biodiversidade. A ação do homem está acarretando o desaparecimento de vários habitats na busca de no-

vos espaços, especialmente nas regiões tropicais. Em muitos casos, o ambiente alterado torna-se insuportável para muitas espécies.

Parte dessa enorme tarefa depende do emprego da **Taxonomia**, a ciência responsável por descrever, nomear e classificar os organismos, atuais e extintos. O **nome da espécie** permite a indexação do conhecimento. Por sua vez, a **classificação** – um sistema hierárquico de referência – possibilita que a informação existente possa ser recuperada. Para dar nomes e classificar os organismos existe um conjunto de regras, reunidas em um **código de nomenclatura** (Mo pag. 27). Infelizmente, não existe apenas um código de nomenclatura, mas três: um para os animais, outro para as plantas e o terceiro para os microrganismos. Os princípios gerais são semelhantes nos três códigos, mas cada qual apresenta particularidades. É importante salientar que os códigos não interferem na liberdade do pensamento, uma vez que não exercem influência sobre os conceitos biológicos seguidos pelos taxonomistas. As regras de nomenclatura apenas prescrevem a maneira de nomear a espécie e as outras categorias taxonômicas, não como definir os táxons (BOX 2).

Como, porém, descrever os táxons e classificá-los nas várias categorias taxonômicas do sistema de referência? Para isso, o taxonomista utiliza qualquer qualidade do organismo, que será denominada **caráter** ou **característica taxonômica**. Claro que a maioria dos caracteres taxonômicos são obtidos do estudo morfológico, mas também podem ser utilizadas características fisiológicas, bioquímicas, comportamentais, gênicas e outras.

Para alguns especialistas, taxonomia é sinônimo de **sistemática**. Para outros, porém, a sistemática envolve, além da taxonomia, o estudo das relações de parentesco entre as espécies. Portanto, o objetivo de quem trabalha com sistemática é não apenas descrever a diversidade existente e elaborar um sistema geral de referência, mas também contribuir para a compreensão dessa diversidade. As classificações resultantes devem refletir a história filogenética e, portanto, possibilitar

a previsão das características dos organismos atuais, além de recuperar as informações indexadas. Devem, também, possibilitar a inclusão de novas espécies no sistema, à medida que elas sejam descobertas e descritas.

A teoria da sistemática sofreu profundas modificações a partir de 1950, quando o entomólogo alemão Willi Hennig revolucionou o estudo das classificações biológicas. Hennig mostrou que a classificação dos organismos deve estar relacionada com a compreensão do parentesco filogenético, e não com a simples

**Para dar nomes e classificar os organismos existe um conjunto de regras, reunidas em um código de nomenclatura. Infelizmente, não existe apenas um código de nomenclatura, mas três: um para os animais, outro para as plantas e o terceiro para os microrganismos.**

semelhança, uma vez que a diversidade existente é resultado do processo de ramificação das espécies ancestrais em espécies descendentes. O axioma fundamental da **Sistemática Filogenética** (também denominada cladismo) é que toda a natureza apresenta uma ordem hierárquica, conseqüência da história evolutiva dos organismos. Essa história pode ser descoberta e representada mediante um diagrama hipotético, denominado cladograma. A hipótese filogenética é construída com base nas novidades evolutivas compartilhadas pelos organismos (sinapomorfias), considerando-se que sejam expressas da maneira mais parcimoniosa possível (princípio da parcimônia). BOX 3.

Uma classificação biológica que se

baseia na filogenia terá muito mais capacidade de previsão, possibilitará entender a evolução de todos os caracteres, mesmo aqueles ainda não considerados – por serem desconhecidos ou terem sido ignorados pelo taxonomista –, resultando em um sistema de referência mais eficiente. Tal classificação será útil para o sistemata, para o biólogo em geral, e para os pesquisadores das demais áreas correlacionadas à Biologia.

Existem aspectos da ciência aplicada diretamente relacionados com a sistemática. Os nomes dos organismos e as informações associadas podem ter importância para a agricultura, saúde, ecologia, genética, biologia molecular e biologia do comportamento, entre outras áreas. A biologia aplicada depende das identificações corretas, que evitam gastos inúteis ou danos sérios. Alguns dos problemas práticos da Taxonomia relacionam-se com a capacidade de previsão das classificações e as identificações das espécies.

Vamos supor que, em um estudo filogenético, um táxon vegetal tenha sido considerado monofilético por apresentar, no estado apomórfico, certas características morfológicas presentes nas folhas. Suponhamos, também, que determinada substância x, elaborada nas flores, tenha se desenvolvido no ancestral desse grupo de plantas, passando a inibir a fitofagia dos insetos, e foi transmitida para todos os seus descendentes. A classificação filogenética permite prever a ocorrência de x em todas as espécies daquele táxon, mesmo naquelas ainda desconhecidas da ciência ou nas quais não foram realizadas análises fitoquímicas. Se a substância x tiver importância econômica, o fitoquímico poderá restringir o número de espécies de plantas que deverá ser pesquisado para procurar o composto de seu interesse.

A dificuldade na identificação, até das espécies mais abundantes, pode acarretar problemas sérios. A seguir apresento alguns exemplos reais.

Uma samambaia aquática, nativa do Brasil, foi introduzida na Austrália por volta de 1950. Estava sendo utilizada por aquaristas, mas escapou ao controle e tornou-se uma praga séria, obstruindo

rios e lagos australianos, atrapalhando o transporte, a pesca e a recreação. Durante cerca de 20 anos todas as tentativas de controlar a praga foram infrutíferas, mesmo com utilização de controle biológico. Posteriormente, verificou-se que a planta havia sido identificada incorretamente. Tratava-se de *Salvinia molesta* e não *S. natans*, ambas com distribuições geográficas distintas no continente sul-americano. Após o estudo dos inimigos naturais de *S. molesta* no sudeste do Brasil, encontrou-se um controlador efetivo, uma nova espécie de gorgulho, *Cyrtobagous salvinae*. Após estudos em laboratório e no campo, esse besouro foi introduzido na Austrália em 1980 e rapidamente controlou as populações da samambaia aquática. A primeira introdução do gorgulho foi efetuada no Lago Moondarra (Queensland). Em 14 meses, as 19.000 toneladas iniciais de *S. molesta* foram reduzidas para menos de uma tonelada!

Outro exemplo clássico da importância das identificações específicas é o dos mosquitos vetores da malária. Há algum tempo atrás, todos os mosquitos eram

combatidos, mesmo aqueles que não atuavam como vetores de plasmódios. A "espécie" *Anopheles maculipennis* demonstrou ser um complexo de espécies diferentes, com hábitos e ecologias diferentes. O reconhecimento dessas diferentes espécies e de suas respectivas biologias possibilitou a adoção de medidas mais eficientes para o controle da doença, em todo o mundo.

A rotina diária de controle de pragas urbanas também oferece muitos exemplos. Para mencionar um, identificar corretamente uma mosca como sendo um sarcófago (família Sarcophagidae) já nos assegura que deve haver algum animal (como um rato ou pombo no telhado, sob o piso ou em terreno vizinho) nas proximidades. As medidas de controle serão bem diferentes se o problema fossem moscas domésticas.

Estes são uns poucos exemplos que demonstram, cabalmente, a importância prática da sistemática para o controle de pragas e vetores.

Para a rotina de trabalho do controlador de pragas basta, em realidade, saber reconhecer as pragas mais co-

muns (o que não é difícil, com pequeno esforço de aprendizado), e saber suspeitar daquelas que são diferentes e que vão necessitar do auxílio de um especialista para a sua identificação. Uma identificação correta é importante para:

- conhecer o conjunto de informações disponíveis sobre a espécie (hábitos, comportamento, ciclo de desenvolvimento, resistência a inseticidas e outros);
- aplicar as medidas de controle mais adequadas à espécie;
- não confundir espécies inofensivas com espécies pragas;
- diagnosticar a presença de novas pragas em nossa área de trabalho;
- mapear rotas de introdução ou de dispersão das pragas;
- oferecer, nas perícias biológicas, um diagnóstico preciso e confiável, que será útil nas avaliações ambientais e apreciações da Justiça; e
- prever as respostas biológicas da espécie, por comparação com espécies filogeneticamente aparentadas (por exemplo, capacidade de resistência a determinados inseticidas)

## Código de nomenclatura

Os organismos são reunidos em **categorias taxonômicas** ou **táxons**. A seqüência abaixo apresenta algumas das categorias taxonômicas mais conhecidas e utilizadas, e suas posições relativas. Alguns prefixos, como por exemplo "super", "sub" e "infra", ampliam o número de categorias disponíveis. As categorias assinaladas com asterisco (\*) foram instituídas por Linnaeus, e empregadas em suas primeiras classificações. A hierarquia deve ser memorizada para se ter a posição relativa dos táxons. O sistema lineano é apenas uma convenção, e não uma necessidade biológica.

- REINO \*
- FILO
- CLASSE \*
- ORDEM \*
- FAMÍLIA

- TRIBO
- GÊNERO \*
- ESPÉCIE \*

A Classificação da barata americana ou vermelha pode ser a seguinte:

- Reino: Animalia
- Filo: Arthropoda
- Superclasse: Hexapoda
- Classe: Insecta
- Subclasse: Pterygota
- Ordem: Blattodea
- Família: Blattidae
- Gênero: *Periplaneta*
- Espécie: *Periplaneta americana* (L., 1758)

Nos diferentes grupos de organismos, as categorias são aplicadas independentemente. Não existem estudos

mais abrangentes que se preocupam com uma "evolução global". Como consequência, os níveis sucessivos de categorias em uma classificação não tem significado biológico algum. As categorias podem "deslizar" para cima ou para baixo, dependendo do grupo considerado, e isso independentemente da idade de origem do grupo. Por exemplo, as subordens Polyphaga e Platyrrhini. A subordem Polyphaga (Coleoptera, Insecta) é um grupo monofilético, ocorre no mundo todo, e originou-se aproximadamente no Período Permiano, a cerca de 270-300 milhões de anos. Já a subordem Platyrrhini (Mammalia) também é um grupo monofilético, mas restrito à América do Sul, e originou-se no fim do Período Cretáceo ou início do Terciário, a cerca de 70 milhões de anos.

# Regras de nomenclatura

Os objetivos da nomenclatura biológica são possibilitar a comunicação e a indexação das informações existentes sobre os organismos. A nomenclatura assegura nome único e distinto para cada táxon, promovendo a estabilidade e a universalidade dos nomes científicos.

Cada **espécie** possui um nome que consta de um binômio: um nome genérico, seguido de um epíteto específico. Por exemplo, o nome científico da barata americana, também conhecida por barata vermelha ou de esgoto, é *Periplaneta americana* (L., 1758). O primeiro ponto que se pode notar é que essa espécie possui três nomes populares, o que pode originar confusões e atrapalhar a indexação de novas informações que continuam a ser obtidas sobre o inseto. Entretanto, o nome científico é um só. Ele deve ser escrito de maneira destacada, sublinhado ou em caracteres itálicos. Outro aspecto que se pode notar é que, em seguida ao nome da espécie, estão citados o nome do autor (Linnaeus, abreviado como L.) e o ano em que a espécie foi descrita (1758). Segundo o código de nomenclatura zoológica, as informações referentes ao autor e à data de publicação não fazem parte do nome específico, mas são geralmente citados, pelo menos na primeira vez que se faz referência a ele no trabalho.

O nome científico de outra espécie de barata, a barata oriental, é *Blatta orientalis* L., 1758.

Pode ser observado que ambas as espécies foram descritas pelo mesmo autor, e na mesma data. Por que, então, no primeiro caso autor e data aparecem entre parênteses e no segundo não? Teria sido desatenção, falta de uniformidade ou uma opção? Na realidade, trata-se da

observância de uma regra do código de nomenclatura zoológica. A ausência dos parênteses indica que a espécie foi descrita originariamente naquele gênero; a presença dos parênteses significa que a espécie foi originariamente descrita em outro gênero, sendo posteriormente transferida para a atual combinação. No caso, Linnaeus descreveu a barata americana como *Blatta americana*, em 1758. Burmeister, em 1838, descreveu o gênero *Periplaneta*. Em 1885, Bonnet & Finot transferiram a espécie para o gênero *Periplaneta*. É interessante observar que o autor ou autores que realizam novas combinações genéricas não são citados no nome das espécies de animais.

Para as espécies vegetais, entretanto, como o código de nomenclatura botânica tem regras diferentes, esses autores devem ser referidos nos nomes científicos das plantas. Por exemplo, o nome da carnaubeira é *Copernicia prunifera* (Miller) H.E. Moore. Cumpre notar que Miller (entre parênteses) é o especialista que transferiu a espécie para o gênero *Copernicia*, enquanto H. E. Moore é o autor da descrição original da espécie. Porém, o ano da publicação da espécie não é citado. Este caso evidencia bem uma das diferenças existentes entre os códigos de nomenclatura de animais e plantas!

O gênero *Periplaneta* possui 47 espécies descritas, das quais quatro são pragas domiciliares, com amplas distribuições geográficas. Para citar uma espécie desse gênero, mas que não tenha sido identificada, faz-se uso da abreviatura "sp.", que significa "espécie": *Periplaneta* sp. será, portanto, uma espécie qualquer do gênero *Periplaneta*. Se for necessário fazer referência a várias

espécies do gênero, a abreviatura a ser utilizada é "spp.", "espécies": *Periplaneta* spp. Deve ser observado que sp. ou spp. não devem ser escritas em itálico ou sublinhadas. Quando o especialista não tem certeza sobre a identificação, é freqüente utilizar a abreviatura "cf." que significa "confronte com, ou compare com": *Periplaneta* cf. *brunnea*. Como no caso anterior, cf. não deve ser escrita em itálico ou sublinhada.

Os nomes populares e científicos de alguns vetores ou pragas comuns são:

Barata-alemã ou baratinha: *Blattella germanica* (L., 1758).

Barata-parda: *Periplaneta brunnea* Burmeister, 1838.

Barbeiro, chupança ou picão: *Panstrongylus megistus* (Burmeister, 1835).

Broca-grande-dos-livros: *Tricorynus herbarius* (Gorham, 1883).

Camundongo: *Mus musculus* L., 1758.

Mosca-doméstica: *Musca domestica* L., 1758.

Mosca-do-mediterrâneo ou mosca-rajada: *Ceratitis capitata* (Wiedmann, 1824).

Mosquito-da-dengue: *Aedes aegypti* (L., 1762).

Ratazana-comum ou cinzenta: *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769).

Em caso de dúvida sobre a autoria e a data da publicação do nome de uma espécie animal, pode-se consultar o "site" <http://www.biosis.org.uk>. Procurar "quick links", selecionar "index to organism names" e a seguir "search form". Basta digitar o nome científico no local apropriado e o programa busca o autor e a data correspondentes.

# Princípio da parcimônia

Hennig levou em conta que os caracteres se transformam ao longo dos tempos, devido à evolução biológica. Portanto, determinado caráter pode se apresentar de maneiras diversas em diferentes ramos evolutivos. São os chamados **estados do caráter**. Por exemplo (Fig. 1), o caráter *forma do espinho* pode se manifestar como *espinho liso* ou *espinho denteado* (estado *a* e estado *b*, respectivamente). O estado *b* pode ter se originado a partir de *a*, ou vice-versa. Se soubermos em que sentido se deu a transformação (*a* para *b*, ou *b* para *a*), o caráter pode ser considerado polarizado, ou seja, passa a ser conhecido qual o **estado primitivo** (plesiomórfico) e qual o **estado derivado** (apomórfico).

Para determinar a condição do estado do caráter, Hennig considerou ser fundamental verificar como o caráter no grupo que está sendo estudado (grupo interno) se manifesta nos táxons proximalmente relacionados (grupos externos). A decisão é

baseada no princípio de **parcimônia**, ou seja, utiliza-se a hipótese mais simples, aquela que requer menos passos evolutivos. No exemplo acima, se nos grupos externos for observada a existência de *espinho liso*, fica evidente que esse é o estado primitivo: a **condição espinho liso** (grupos externos e grupo interno) teria de passar para *espinho denteado* (grupo interno). Portanto observa-se um passo evolutivo. A outra possibilidade seria menos parcimoniosa, pois implicaria que o estado primitivo, *espinho denteado*, teria que passar para *espinho liso* (no grupos externo e interno) e para *espinho denteado* (no grupo interno). Portanto, dois passos evolutivos. Na prática, o estado do caráter que estiver presente tanto no grupo interno, quanto no externo, é considerado como **condição ancestral** (plesiomórfica), a partir da qual a nova **condição derivada** (apomórfica) originou-se.

Uma vez que os estados dos caracteres estejam **polarizados** (ou seja, definiu-se se são plesiomórficos ou apomórficos), pode ser construída uma matriz com a distribuição dos caracteres nos táxons (fig. 4). Os táxons serão agrupados exclusivamente com base no compartilhamento de estados apomórficos (sinapomorfias). Tais grupos baseados em sinapomorfias são denominados **monofiléticos**, e podem ser utilizados na classificação. Grupos merofiléticos (não monofiléticos), baseados em plesiomorfias ou homoplasias, não podem ser utilizados nas classificações da Escola Filogenética. A hipótese mais parcimoniosa será aceita, enquanto que as demais serão rejeitadas. As incongruências constatadas serão consideradas homoplasias (fig. 5, caráter 7).

**Homoplasias** ocorrem quando o estado derivado se origina, a partir do primitivo, mais de uma vez, independentemente (convergência), ou quando o estado derivado sofre nova modificação, para uma situação semelhante ao esta-



FIG 1. Caráter 1 "forma do espinho", com dois estados, (a) espinho liso, (b) espinho denteado.

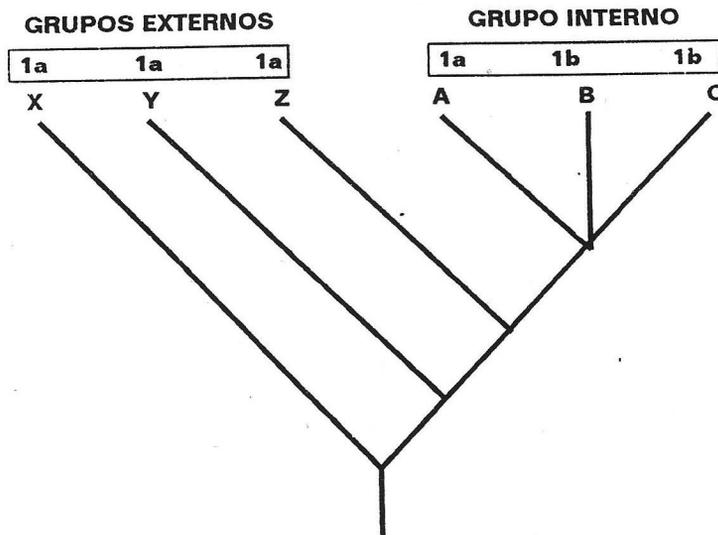


FIG. 2. Polarização dos estados de um caráter, segundo o método do grupo externo; X, Y e Z, grupos externos; A + B + C, grupo interno.

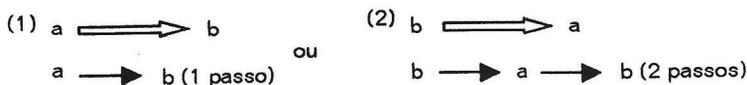


FIG 3. Duas possibilidades existentes de polarização dos estados do caráter 1, segundo a distribuição apresentada no cladograma da fig. 2. A hipótese mais parcimoniosa é a (1), pois implica em apenas um passo evolutivo (explicação no texto).

do anterior (reversão). Como exemplo de convergência podemos citar a existência de castas em cupins (Isoptera) e formigas (Hymenoptera). Como exemplo de reversão, temos a perda secundária das asas em vários insetos, como em pulgas, piolhos, e operárias de formigas. Apesar dos estados serem semelhantes (castas, asas ausentes), tiveram origens independentes, a partir de ancestrais distintos.

Para Hennig, os táxons utilizados para a classificação não podem ser simplesmente agrupamentos por conveniência, criados arbitrariamente. Devem ser "grupos naturais", que existem, possuem uma origem a partir de processos naturais, e podem ser descobertos. As novidades evolutivas (apomorfias) são os marcadores dos processos evolutivos (anagenéticos e cladogenéticos). Portanto, somente os agrupamentos cuja realidade histórica seja suportada pela observação de pelo menos um caráter no estado derivado (grupos monofiléticos) podem ser utilizados para a classificação.

Antes de Hennig, admitia-se que as espécies poderiam ser primitivas ou derivadas, podendo ocorrer espécies intermediárias (algumas dessas espécies seriam os famosos "elos perdidos"). O mesmo valia para táxons supra-específicos. Entretanto, para Hennig, os conceitos de "primitivo" e "derivado" (plesiomórfico e apomórfico) só devem ser aplicados para os caracteres, e não para os táxons onde ocorrem. As espécies apresentam um mosaico de características, algumas ocorrendo na condição plesiomórfica, outras na apomórfica, além das homoplasias, resultantes das convergências e reversões. Portanto, não existem espécies "primitivas" ou táxons "primitivos".

A teoria de Hennig foi aperfeiçoada e ampliada por autores subsequentes, graças aos avanços nos fundamentos teóricos e às melhorias da computação. Em relação à polarização dos caracteres e à parcimônia, o progresso foi muito

grande. Foram desenvolvidos vários programas de computador para elaborar as árvores filogenéticas e para verificar as modificações de cada caráter. Mais recentemente, métodos moleculares foram desenvolvidos, possibilitando o conhecimento da filogenia ao nível dos genes, e estão sendo utilizados em escala crescente. Assim, dispomos atualmente de uma metodologia capaz de formular hipóteses testáveis de parentesco, com base no exame de grande número de características de espécies atuais e fósseis. Quanto maior o número de características analisadas, mais precisa e mais confiável será a filogenia.

TÁXON/CARÁTER	A	B	C
1	1	1	1
2	0	1	1
3	0	0	1
4	0	1	0
5	1	0	0
6	0	0	1
7	1	0	1
8	0	1	1

FIG. 4. Matriz de distribuição dos estados dos caracteres 1 a 8, nos táxons A, B e C. Estados plesiomórficos (0) e apomórficos (1 e 2).

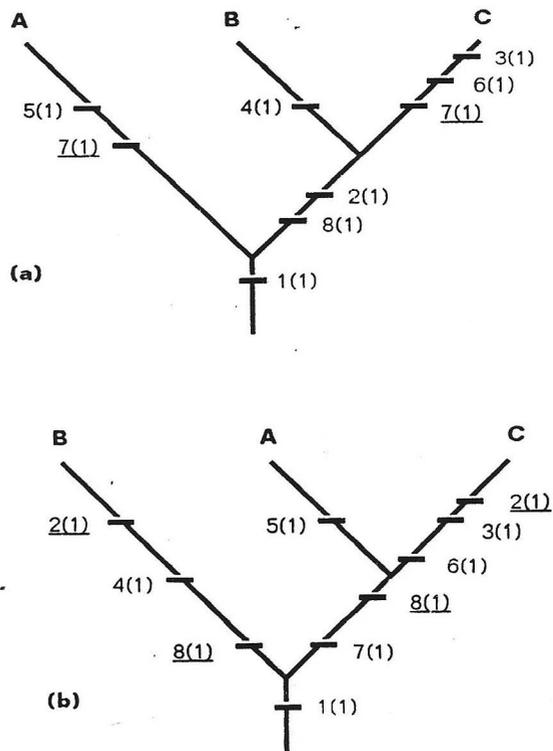


FIG. 5. Dois cladogramas originados a partir dos dados apresentados na matriz da fig. 3: (a) hipótese mais parcimoniosa, com uma homoplasia (9 passos); (b) hipótese menos parcimoniosa, com duas homoplasias (10 passos). Estados sublinhados são homoplasias.