

CLASSIFICANDO A DIVERSIDADE BIOLÓGICA

Lyria Mori, Cristina Yumi Miyaki, Maria Cristina Arias e Eliana Dessen

E-mail: lmori@ib.usp.br, cymiyaki@ib.usp.br, mcarrias@ib.usp.br, embdesse@ib.usp.br.

Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Resumo

“Classificando a diversidade biológica” é uma atividade em duas etapas: I. Classificação de objetos; II. Estudo de caso. Na primeira etapa o aluno cria os próprios critérios para realizar o agrupamento de objetos relacionados, no caso, utensílios utilizados para cozinhar (panelinhas). Na segunda etapa o aluno entra em contato com um caso real de classificação de organismos de acordo com características morfológicas, distribuição geográfica e marcadores genéticos.

É uma atividade voltada para o ensino médio e cursos de graduação em Biologia. O número ideal de participantes é de até quarenta alunos, divididos em grupos de cinco alunos.

Parte I. Classificação de objetos

Resumo

Esta atividade promove a discussão de critérios de seleção dos objetos a serem classificados ou ordenados (ex. cor, presença de cabo, altura etc.).

A atividade é indicada para o ensino fundamental e médio. A duração da atividade é de, aproximadamente, 20 minutos.

Objetivo

Introduzir, de modo lúdico, noções básicas sobre a classificação dos seres vivos: descrição, mensuração e ordenação da diversidade biológica

Justificativa

Desde o surgimento, a espécie humana estabelece uma íntima relação com a natureza que a cerca, não apenas para obter alimentos ou se proteger das intempéries, mas uma relação investigativa e curiosa a respeito de tudo aquilo que a cerca. Uma das maneiras que o ser humano encontrou, para melhor compreender o meio em que vive, foi classificar não só os fenômenos naturais como também os seres vivos. Dessa maneira, de forma bem simplista, indivíduos de uma tribo poderiam separar

um fruto venenoso de um comestível.

Atualmente, essa necessidade de classificar ainda é muito presente. Sabendo que há cerca de 1,75 milhões de espécies entre animais e plantas já identificadas (sendo que mais da metade dessas espécies são constituídas por insetos), como trabalhar com um número tão grande de informações?

O primeiro passo é organizar o conhecimento. Particularmente na Biologia, é necessário que haja um sistema universal de classificação das espécies, tornando possível e acessível a troca de informação sobre a diversidade. Assim, um pesquisador que trabalha com uma determinada espécie de ave migratória na América do Norte pode comparar seus estudos com os de um pesquisador que trabalhe com a mesma ave na América do Sul.

A classificação de organismos sempre foi uma tarefa complexa e frequentemente controversa. Diante da necessidade de se desenvolver um sistema de classificação, como seria usado o que já se sabe sobre organismos vivos para distribuí-los em categorias? Insetos, morcegos e aves seriam colocados na mesma categoria simplesmente porque eles possuem asas e podem voar? Ou seriam agrupados em outra categoria baleias, peixes e nadadores olímpicos porque eles sabem nadar? E se fosse necessário classificar em uma lista os alimentos de que se gosta e aqueles de que não se gosta? Será que as listas de diferentes pessoas seriam iguais? E qual dessas listas estaria correta?

A resposta:- qualquer um desses sistemas de classificação pode ser válido, dependendo de seu objetivo. Como acabamos de ver, os sistemas de classificação podem ser subjetivos, ou seja, as características selecionadas por uma pessoa podem ser diferentes daquelas selecionadas por uma outra pessoa. Pensando nisso, surge uma questão: como pesquisadores diferentes podem chegar à conclusão de que estão trabalhando com a mesma espécie? Se a classificação é subjetiva, eles podem dar o mesmo nome para espécies diferentes, ou o contrário, nomes diferentes para a mesma espécie? Na verdade não é bem assim, e já veremos por que.

Função Pedagógica

A prática do método científico realizada nesta atividade facilita o aprendizado significativo dos conceitos relacionados à classificação dos seres vivos.

Aplicando a Atividade

1. Dividir os alunos em turmas de cinco.
2. Distribuir para cada turma:
 - um saquinho azul contendo um conjunto de panelinhas (Figura 1).
 - o procedimento da atividade
3. Orientar os alunos para que agrupem os objetos de acordo com um critério por eles estabelecidos (cor, tamanho, forma etc).
4. Comparar os agrupamentos feitos pelas diferentes turmas de alunos. Ressaltar e discutir com a classe os critérios adotados por cada turma.
5. Solicitar aos alunos que façam sub-agrupamentos utilizando um novo critério.
6. Comparar os agrupamentos feitos pelas diferentes turmas de alunos. Ressaltar e discutir com a classe os critérios adotados por cada turma.

Sugere-se que durante a atividade o(a) professor(a) faça perguntas para os alunos como as abaixo listadas. As questões têm por objetivo mostrar aos alunos que os critérios são subjetivos e que todos podem ser válidos. No entanto, em algumas situações, alguns critérios podem ser melhores do que outros e aceitos por um número maior de pesquisadores.

Perguntas

1. Qual a base do critério de agrupamento adotado?
2. Existem outras possibilidades de agrupamento?
3. Por que os agrupamentos são diferentes de uma turma de estudantes para outra?
4. Existe um critério melhor ou único que poderia ser adotado por todas as turmas?
5. É possível continuar estabelecendo novos critérios infinitamente? Qual o limite?
6. Qual o número mínimo de objetos em um desses subgrupos?
7. Como os cientistas agrupam os organismos vivos? Seria como nesta atividade, utilizando características morfológicas?



Figura 1. Ilustração do conjunto de panelinhas coloridas e de diferentes formatos, que podem ser usadas nesta atividade.

Procedimento para o aluno

1. Abrir o saquinho e retirar os objetos.
2. Observar as panelinhas.
3. Após a observação agrupar esses objetos seguindo um critério idealizado pela equipe. Quantos grupos foram formados?
4. Observar os agrupamentos feitos pelas outras turmas. São iguais ou diferentes aos de outras turmas? Por quê?
5. Dentro dos agrupamentos que a sua turma obteve, é possível fazer uma nova subdivisão dos objetos? Em caso afirmativo, fazer uma nova subdivisão.
6. Observar os agrupamentos feitos pelas outras turmas. São iguais ou diferentes aos do seu grupo? Por quê?

I) Respostas para as questões da seção “Aplicando a atividade”:

O critério escolhido por uma turma pode ter sido cor, por exemplo.

Uma outra turma pode ter escolhido o critério de ausência ou presença de cabo; uma outra, ainda, pode ter agrupado em painéis com furos e sem furos etc.

Os agrupamentos são diferentes de uma turma para outra porque cada uma usou um critério diferente para agrupar as painéis.

Todos os critérios adotados pelas turmas para agrupar e sub-agrupar as panelinhas são válidos.

No agrupamento de painéis cor de laranja, pode-se classificar as painéis com cabo em um grupo e as sem cabo, em outro. Pode-se sub-agrupar as painéis com cabo novamente considerando-se um novo critério, por exemplo, presença ou ausência de furos. O limite é imposto pelas características possíveis de se distinguir um objeto do outro.

O número mínimo de objetos em cada agrupamento é um.

Os cientistas identificam e classificam os organismos com base em métodos comparativos, analisando as semelhanças entre eles. A Parte II complementa essas questões, pois trata de um caso biológico real, em que se comparam características morfológicas externas, cromossomos e marcadores moleculares

Essas questões são levantadas exatamente para discutir com os estudantes que os critérios são subjetivos e todos eles podem ser considerados. No entanto, em algumas situações, alguns critérios podem ser melhores que outros aceitos por um número maior de pesquisadores.

Parte II. Estudo de caso - Classificação de Drosófilas

Resumo

Esta atividade é um estudo de caso a partir do qual são simulados problemas enfrentados pelos pesquisadores para agrupar sete espécies de drosófilas com base em similaridades de:

- morfologia externa (cor do corpo, distribuição das manchas, cor dos olhos, distribuição das cerdas do corpo etc.);
- cariótipo (número e morfologia dos cromossomos metafásicos);
- inversões cromossômicas (visualizadas nos cromossomos politênicos);
- distribuição geográfica.

A atividade é indicada para o ensino médio e cursos de graduação em Biologia. O número ideal de participantes é de até quarenta alunos, divididos em grupos de cinco alunos. A duração da atividade é de, aproximadamente, 20-30 minutos.

Objetivos

Permitir a prática do procedimento científico utilizado na classificação da diversidade biológica.

Justificativa

Como ocorre com a maioria das espécies do gênero *Drosophila*, as características morfológicas externas e a morfologia da genitália masculina têm sido usadas como diagnóstico, quase exclusivo, para a identificação das espécies do grupo *repleta*. Porém, quando se trata de relacionar as espécies de *Drosophila* do grupo *repleta* entre si, há controvérsias devido ao desacordo entre as diferentes características utilizadas: cariótipo, inversões cromossômicas, morfologia da genitália masculina, distribuição geográfica etc. Essas controvérsias nem sempre podem ser resolvidas com o estudo de maior número de caracteres, no entanto, quanto mais características forem analisadas, melhor poderão ser determinadas as relações entre as espécies.

Esta atividade faz com que o aluno entenda que a classificação e a nomeação das espécies podem ser mudadas com a utilização de novas características, e que em ciência trabalha-se com hipóteses temporárias que podem ser modificadas a cada novo fato que se descobre e se descreve.

Função Pedagógica

A simulação da classificação das drosófilas faz com que o aluno aprenda, de maneira lúdica, que a classificação se faz com base em critérios que podem ser artificiais, mas que podem ter um significado biológico.

Materiais

Sete envelopes identificados pelas letras: **A, B, C, D, E, F, G**, sendo que cada um deles contém, externamente, o desenho de uma drosófila e a sua distribuição geográfica.

Cada envelope contém internamente:

o cariótipo da espécie

o cromossomo politênico com cores diferentes representando segmentos específicos.

Preparando a atividade

Esta etapa é um estudo de caso e recomenda-se que ela seja aplicada após a atividade **Classificando a diversidade biológica**.

1. Dividir os alunos em turmas de cinco.
2. Distribuir para cada turma os envelopes de **B** a **G**, que representam as drosófilas a serem agrupadas e também o protocolo de procedimento. Note que o envelope **A** não está incluído nesta primeira distribuição. Peça para os alunos não abrirem os envelopes.
3. Orientar os alunos para agruparem as drosófilas pela morfologia externa de acordo com um critério por eles estabelecido (cor, distribuição das cerdas e pintas escuras, cor dos olhos, distribuição geográfica etc.).
4. Pedir para os alunos abrirem os envelopes, simulando que estão abrindo as drosófilas e analisarem o que está “escondido” internamente, isto é, cariótipos e cromossomos politênicos.
5. Orientar os alunos para fazerem o mesmo procedimento analisando os cariótipos e as inversões nos cromossomos politênicos. Para facilitar a análise das inversões, os diferentes segmentos estão representados por cores diferentes.
6. Comparar os agrupamentos feitos pelas diferentes turmas de alunos. Ressaltar e discutir com a classe os critérios adotados por cada uma.
7. Discutir a subjetividade da análise de cada característica, assim como da definição dos critérios.
8. Distribuir para cada turma o envelope **A** e pedir para que coloquem a drosófila, contida no envelope, em um dos agrupamentos.
9. Discutir o critério utilizado pela turma para colocar a drosófila **A** em determinado agrupamento.

Procedimento

1. Analisar as figuras das drosófilas **B, C, D, E, F, G** e as respectivas distribuições geográficas.
2. Agrupar as drosófilas por critérios de semelhança das características externas estabelecidos pela turma.
3. Abrir os envelopes e analisar algumas características internas: os cariótipos (número, tamanho e forma dos cromossomos) e as inversões nos cromossomos politênicos (comparar a sequência dos setores coloridos dos cromossomos).
4. Agrupar as drosófilas **B, C, D, E, F, G** segundo as características adicionais.
5. Imaginar que foi feita uma coleta no campo e coletou-se uma drosófila como a do envelope **A**, muito semelhante às espécies acima: classificá-la em algum dos agrupamentos já estabelecidos.

Aprendendo a terminologia

1. **Cariótipo** é o lote cromossômico básico de uma espécie, caracterizado pelo número, forma e tamanho dos cromossomos, em geral, constante nos indivíduos de uma mesma espécie.
2. As **inversões cromossômicas** são mutações ocasionadas por rearranjos estruturais dos cromossomos. Para que ocorra uma inversão, são necessárias duas quebras no mesmo cromossomo e uma rotação de 180° no segmento entre elas. Em *Drosophila*, os padrões de faixas dos cromossomos politênicos permitem o reconhecimento preciso das sequências específicas do material genético, tornando possível distinguir a presença de uma inversão.
3. As características **morfológicas externas** podem ser diversas e variadas. No caso das drosófilas apresentadas podem ser comparadas características como, por exemplo: cor dos olhos, cor do corpo, distribuição das manchas escuras no corpo, distribuição das cerdas, tamanho do corpo etc.
4. Quando se fala em **distribuição geográfica** de uma determinada espécie, é preciso saber que a atual distribuição apresentada pode ser uma consequência das coletas feitas em determinadas regiões e não em outras. Em outras palavras, a presença da espécie em determinada região é certa, porém a ausência da mesma nem sempre significa que ela não está presente naquela determinada região.

Entendendo a atividade

1. O que representa cada envelope com as letras de A a G?
2. Quais foram os critérios utilizados para agrupar as drosófilas dos envelopes B, C, D, E, F, G?
3. Há outras possibilidades de agrupamentos? Comparar os critérios adotados e os agrupamentos obtidos pelas outras turmas.
4. Com as características adicionais – cariótipo e inversões - é possível reagrupar as drosófilas?
5. Quais foram os critérios utilizados?
6. O agrupamento feito com base nos cariótipos e inversão cromossômica foi semelhante àquele feito com base na morfologia externa e distribuição geográfica?
7. Quais foram os critérios utilizados para classificar a drosófila do envelope A em um determinado agrupamento?
8. O procedimento de agrupamento utilizado é infalível, ou seja, uma vez aplicado obtém-se uma classificação verdadeira?
9. Há características que são “melhores” para agrupar do que outras? Como verificar isso?

ANEXOS

Anexo 1. Informações para o Professor

A biologia evolutiva estabeleceu de forma inequívoca que todos os organismos evoluíram a partir de um ancestral comum no decorrer dos últimos 3 - 4 bilhões de anos, e se preocupa com os mecanismos adaptativos relacionados às características que favorecem a sobre-

vivência e a reprodução. Algumas dessas características são encontradas apenas em certos grupos de organismos, enquanto outras são compartilhadas por quase todos os seres vivos, refletindo a unidade da vida. Embora não se precise discutir isso com os alunos nesta atividade, ao se agrupar os organismos pelas suas semelhanças, procura-se entender a história deles, caso as semelhanças sejam devido a uma origem ancestral em comum. As características que são usadas nessas comparações podem ser várias, e o que faz com que dois organismos sejam agrupados em conformidade com elas é o fato de compartilharem o mesmo estado de determinada característica. Tomando como característica, por exemplo, a cor: o estado desta característica nas drosófilas apresentadas pode ser vermelho escuro ou vermelho claro.

O cariótipo, outra característica, é o lote cromossômico básico de uma espécie, caracterizado pelo número, forma e tamanho dos cromossomos, em geral, constantes entre os indivíduos de uma mesma espécie. Supor, por exemplo, que uma espécie X possui um cariótipo com três pares de cromossomos acrocêntricos (com centrômero na extremidade) e um par de cromossomos muito pequenos, provavelmente acrocêntricos; uma espécie Y possui o mesmo cariótipo de X; uma espécie W possui um cariótipo com três cromossomos acrocêntricos e um par de cromossomos metacêntricos (centrômero no meio) bem pequenos (FIGURA 2). Caso fosse analisada somente esta característica, pode-se formular a hipótese de que a espécie X está no mesmo grupo de Y, porque compartilham o mesmo cariótipo, e W está em um outro agrupamento.

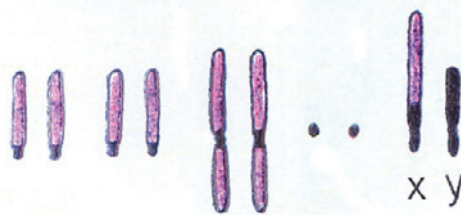


Figura 2. Cariótipo esquemático de um macho de drosófila com dois pares de cromossomos acrocêntricos, um par de cromossomos metacêntricos, dois cromossomos pequenos (“pontos”) e um cromossomo X e um Y.

Em *Drosophila*, os cromossomos nas glândulas salivares são excepcionalmente grandes (cromossomos politênicos) e fáceis de observar. Além do tamanho, eles apresentam padrões de bandas específicos ao longo de seu comprimento, que permitem que determinadas regiões sejam facilmente identificadas. Os cromossomos politênicos resultam de múltiplas replicações do DNA sem as subseqüentes divisões celulares e de um emparelhamento dos cromossomos homólogos. Esse processo, chamado politenia, continua ciclicamente durante todo o desenvolvimento larval, tornando esses cromossomos

gigantes. Embora haja algumas exceções, o padrão de bandas dos cromossomos politênicos é constante para cada espécie; esse fato é, obviamente, um pré-requisito na utilização dos cromossomos politênicos como característica na comparação das espécies. Todas essas características tornaram o estudo dos rearranjos estruturais cromossômicos, dos quais uma das categorias são as inversões, particularmente fáceis.

É amplamente aceito que as inversões são geradas por duas quebras seguidas de fusão das extremidades do segmento em orientação invertida (FIGURA 3). Os estudo-

dos processos evolutivos assumem que a ocorrência natural de uma inversão seja muito rara porque, além de exigir a ocorrência de quebra e fusão dos cromossomos exatamente na mesma região, o novo arranjo tem que permanecer na população, ou seja, deve ter um valor adaptativo para o

seu portador. Uma vez assumido esse pressuposto, pode-se dizer que, se uma espécie X tem a mesma inversão que a espécie Y, a qual, por sua vez, não está presente em W, X pode ter compartilhado um ancestral em comum com Y em um passado mais recente do que com W.

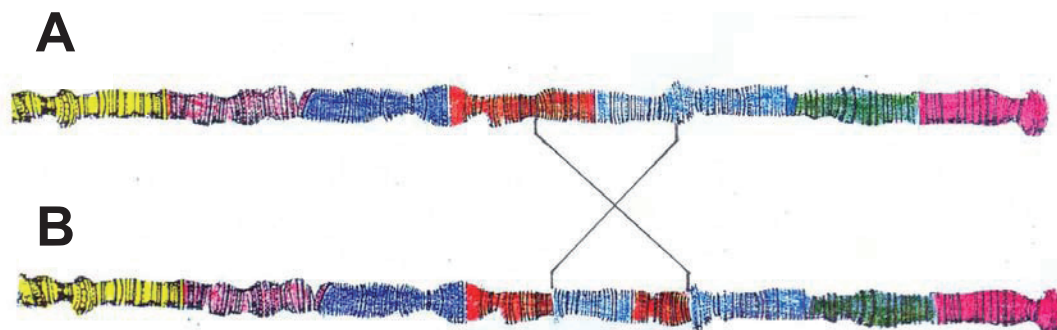


Figura 3. Esquema de um cromossomo politênico com segmentos de diferentes cores para facilitar a identificação de segmentos específicos. A) cromossomo com sete regiões distintas visualizadas pelas cores diferentes; B) o mesmo cromossomo em outra espécie de drosófila; nota-se uma inversão de parte dos segmentos azul e laranja.

Anexo 2: Respostas para as questões da seção “Entendendo a atividade”

1. Cada envelope representa uma espécie de drosófila, sendo que o desenho na parte externa do envelope corresponde à morfologia externa da mosca; simbolicamente quando se abre o envelope há a simulação da dissecação do animal e a análise do cariótipo e das inversões cromossômicas.
2. Cada turma pode ter adotado características e critérios diferentes, chegando a agrupamentos diversos uma da outra. Neste ponto é importante discutir tanto a subjetividade dos critérios, assim como a escolha das características feita pelas diferentes turmas.
3. Sim, há outras possibilidades de agrupamentos. A turma que fez agrupamentos, por exemplo, pela semelhança na cor dos olhos, pode ter agrupamentos diferentes daquelas que agruparam pela cor do corpo.
4. As novas características estudadas podem ajudar a reforçar alguns dos agrupamentos já existentes, ou ainda sub-agrupar as drosófilas que estão classificadas em algum grupo, ou ainda modificar os agrupamentos feitos com as características externas. Pode parecer confuso, mas a situação que um pesquisador enfrenta é semelhante a esta, pois a resposta nem sempre é fácil de ser encontrada, e nem sempre ela pode ser confirmada mesmo com a análise de maior número de características. Os critérios podem, mais uma vez, não serem os mesmos dentre as diversas turmas. Uma turma que optar pelo número e/ou pela forma dos cromossomos do cariótipo; ou, ainda, agrupar inicialmente pela semelhança do cariótipo e, subsequentemente, por compartilhar a mesma inversão e outra turma começar de modo diferente.
5. Provavelmente, os agrupamentos não serão os mesmos e, intuitivamente as turmas devem reagrupar as drosófilas dando pesos diferentes a cada característica, ou ainda optando pelos agrupamentos com o maior número de características coincidentes. Este é exatamente o tipo de situação que acontece em determinadas etapas da classificação dos organismos.
6. As turmas, provavelmente, devem adotar critérios semelhantes ao descrito na resposta à pergunta anterior.
7. Os agrupamentos, ou classificações, são dependentes dos critérios adotados e da análise das semelhanças entre as características selecionadas. A escolha desses parâmetros pode ser, em muitos casos, subjetiva. A classificação dos organismos é uma hipótese que será testada a cada novo fato, podendo ser falseada (modificada) ou não.
8. Sim. Determinadas características são mais adequadas na análise de similaridade por parentesco entre as espécies. Por exemplo, exis-

tem evidências de que as fusões de cromossomos acrocêntricos, assim como as separações de cromossomos metacêntricos ocorrem com frequência nos organismos, não sendo, portanto, um marcador tão bom quanto as inversões cromossômicas para o estudo das relações entre diferentes espécies. Outro exemplo, a presença de asas não é uma característica boa porque organismos tão distintos, como morcegos e insetos, possuem asas. Somente a observação de uma série de características em um grande número de organismos pode dar indicações sobre aquelas que são “melhores” e “piores” para serem usadas na classificação.

Anexo 3: Glossário

Biodiversidade X diversidade biológica: o termo biodiversidade apresenta inúmeras definições, até mesmo em outras áreas, como a Geografia e Economia entre outras que apresentam definições de biodiversidade. A definição biológica do termo é o que interessa e o que não ajuda muito pois mesmo dentro da área há diversas definições. Para simplificar, pode-se dizer que o termo biodiversidade pressupõe que se esteja falando da riqueza de espécies (o número de diferentes espécies em um ecossistema), sua abundância (o número relativo de indivíduos de cada espécie) e as interações ecológicas entre todas essas espécies. Este termo carrega inúmeras relações intrínsecas que não necessariamente serão relevantes para esta atividade. Portanto, é preferível utilizar o termo “diversidade biológica”, desconsiderando as relações ecológicas, não utilizando dessa maneira a palavra biodiversidade de maneira incorreta.

Classificação: agrupamento segundo critérios previamente definidos. O método comparativo e o agrupamento segundo as semelhanças existentes entre os objetos, organismos e entre outras coisas são as principais maneiras de estudar as relações entre os organismos. 1. Ordenação de entidades em grupos ou conjuntos com base nas relações de seus atributos; 2. Arranjo sistemático de vegetais ou animais em categorias ou agrupamentos, baseado em um plano definido, considerando relações evolutivas, fisiológicas, citogenéticas, bioquímicas, morfológicas etc.

Cariótipo- é o conjunto de cromossomos de uma célula somática de um organismo, e pode ser analisado em uma célula mitótica em metáfase. As características numéricas e morfológicas dos cromossomos podem fornecer informações sobre o grau de parentesco entre os organismos.

Cromossomos politênicos- Em muitos insetos, como na *Drosophila*, os cromossomos das glândulas sa-

livares são fáceis de serem observados pois além do seu tamanho, eles apresentam padrões de bandas ao longo do seu comprimento que permitem que determinadas regiões sejam facilmente identificadas, e os cromossomos homólogos estão sempre emparelhados, Todas essas características tornam particularmente fáceis o estudo de rearranjos nos cromossomos politênicos das drosófilas.

Drosófilas – referem-se de uma maneira geral às pequenas moscas que rodeiam as frutas muito maduras ou que estão apodrecendo. A presente simulação foi inspirada em sete espécies de drosofilídeos neotropicais do gênero *Drosophila* pertencentes ao grupo *repleta*. Os drosofilídeos neotropicais começaram a ser estudados em 1830, e já foram descritas mais de 690 espécies (quase 700 espécies).

Inversões cromossômicas: São mutações que envolvem rearranjos estruturais dos cromossomos, resultantes de duas quebras nos cromossomos e uma rotação de 180° do segmento envolvido na inversão. Na inferência de relações de parentesco, assume-se que: 1) a inversão deve ter ocorrido e se fixado uma única vez na história daquele organismo; 2) os organismos que possuem a mesma inversão devem ser mais semelhantes entre si do que aqueles que não a possuem.

Bibliografia e leitura complementar

- Amorim, Dalton de Souza. 1997. Elementos básicos de Sistemática Filogenética. 2ª ed. Holos & Sociedade Brasileira de Genética. Ribeirão Preto SP. p. 276.
- Azevedo, J.L. de. Costa, S. O. P. 1973. Exercícios práticos de Genética. Companhia Editora Nacional e Universidade de São Paulo. São Paulo. 288 p.
- Futuyma, Douglas. 1992. Biologia Evolutiva. 2ª ed. Sociedade Brasileira de Genética. Ribeirão Preto. SP. 631 p.
- Krimbas, C. B. & Powell, J. R. 1992. *Drosophila* inversion polymorphism. CRC. Florida, USA. 560 p.
- Patterson, J. T. 1943. *Drosophilidae* of the southwest. Univ. Texas Pub. 4313:7-216.
- Stearns, Stephen C. & Hoekstra, Rolf F. 2003. Evolução: uma introdução. Tradução do original Evolution: na introduction. Oxford Univ. 2000: Max Blum. Coordenação editorial da edição brasileira: Walter Alves Neves. Atheneu, SP. p.379.
- Wharton, L. T. 1942. Analysis of the *repleta* group of *Drosophila*. Univ. Texas. Publ. 4228: 23-52.

AGRADECIMENTOS

Aos inúmeros professores, alunos e colegas que executaram a atividade nas “Oficinas Livres” no VIII Encontro e Perspectivas do Ensino de Biologia, em

2002, e no evento "Genética na Praça", durante o 51º Congresso Brasileiro de Genética, promovido pela Sociedade Brasileira de Genética, em 2005, e que fizeram várias sugestões para aperfeiçoar atividade.

Esse trabalho contou com apoio financeiro da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São

Paulo – Projeto ProMat (2003-2005). Os conjuntos de materiais para aplicação da atividade em uma classe de 40 alunos estão à disposição para empréstimo na Estação Ciência (<http://www.eciencia.usp.br>) – Experimentoteca. Rua Guaicurus, 1394, Lapa, São Paulo. Telefone:(11)3673-7022.

Anexo 4: Figuras para montar a atividades

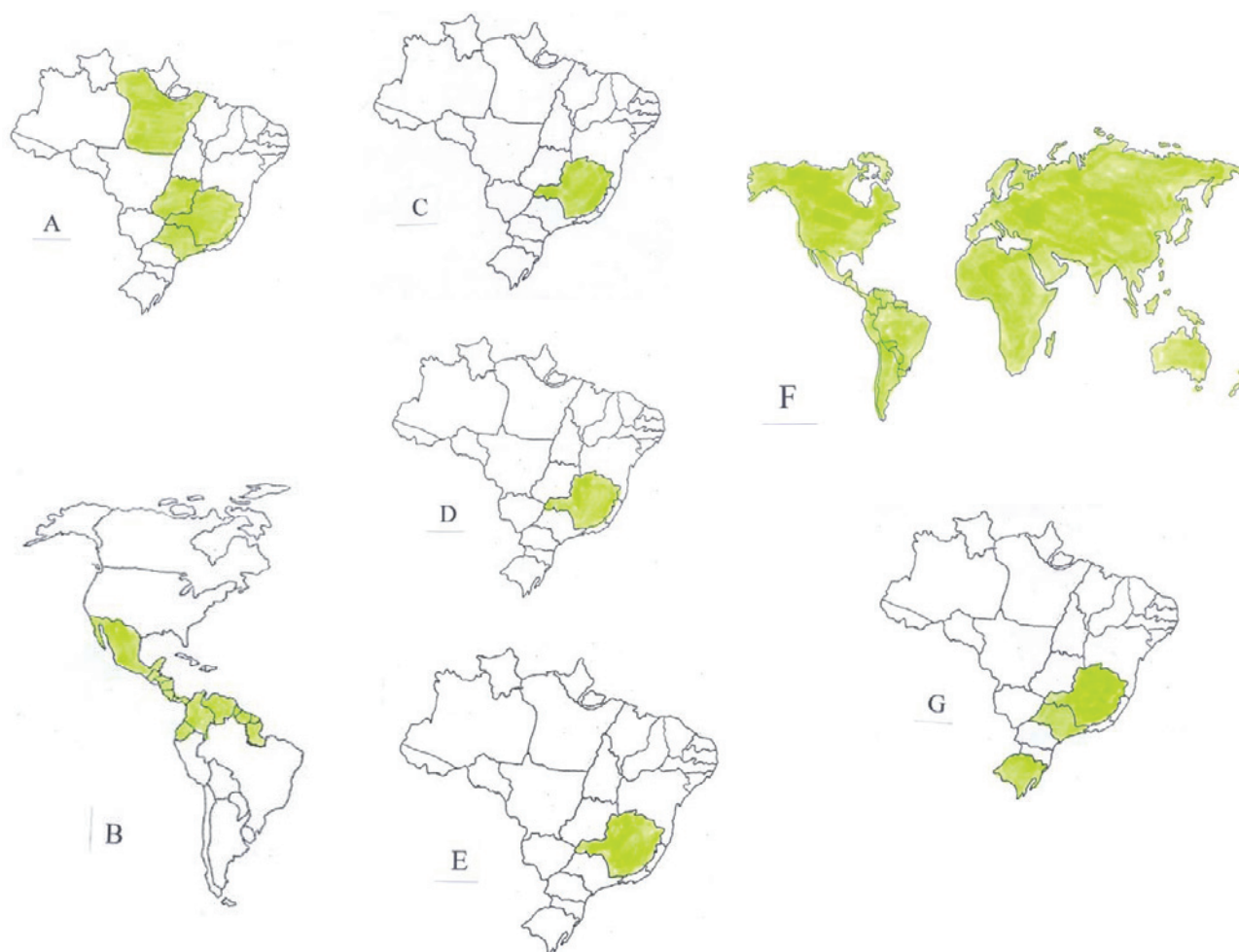


Figura 4. Distribuição geográfica das sete (A a G) espécies de drosófilas. A presença das espécies nas diferentes regiões está representada em verde. Copiar a figura, recortar e colar cada mapa em um envelope, fazendo um total de sete envelopes, de modo semelhante ao mostrado na Figura 8.

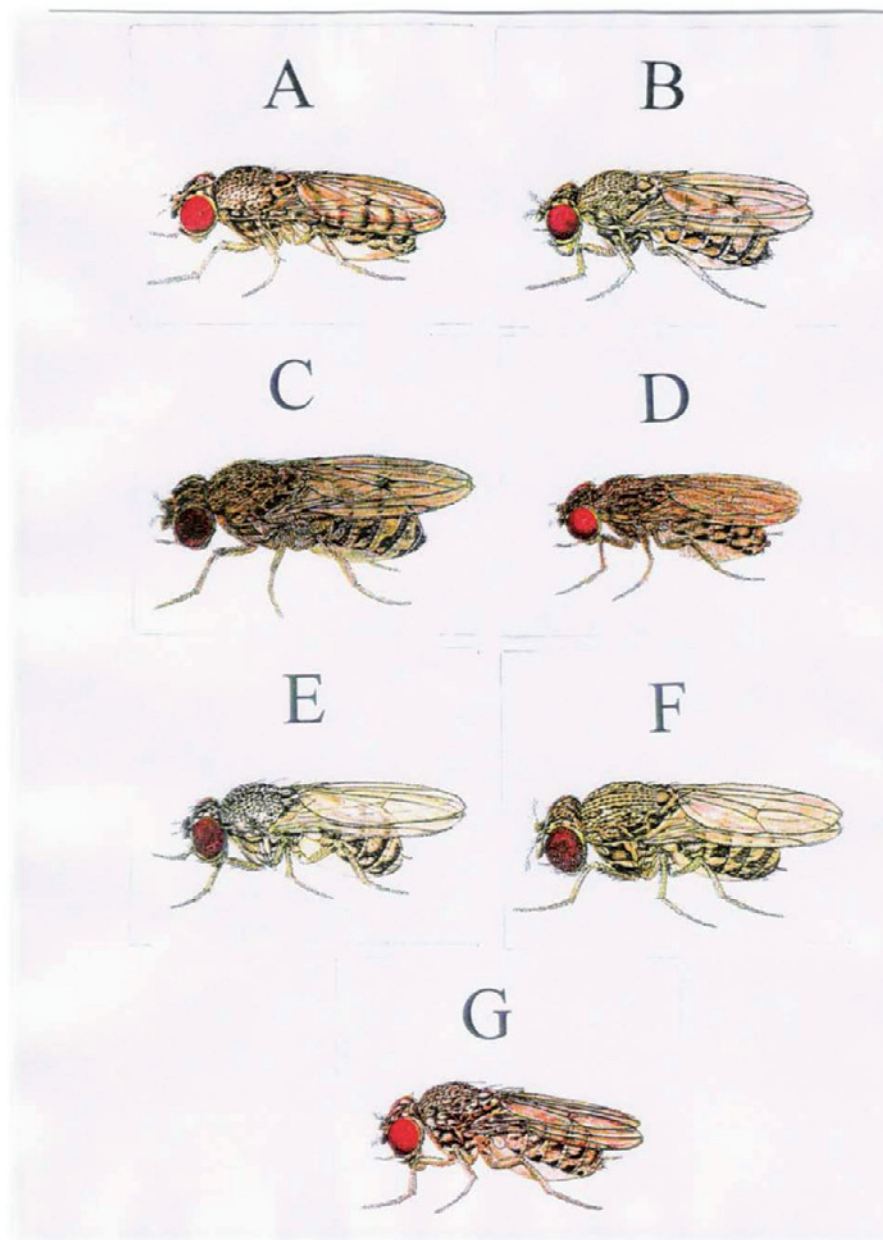


Figura 5. Representação da morfologia externa das sete (A a G) espécies de drosófilas. Copiar, recortar as figuras e colar uma mosca em cada envelope, à semelhança da Figura 8.

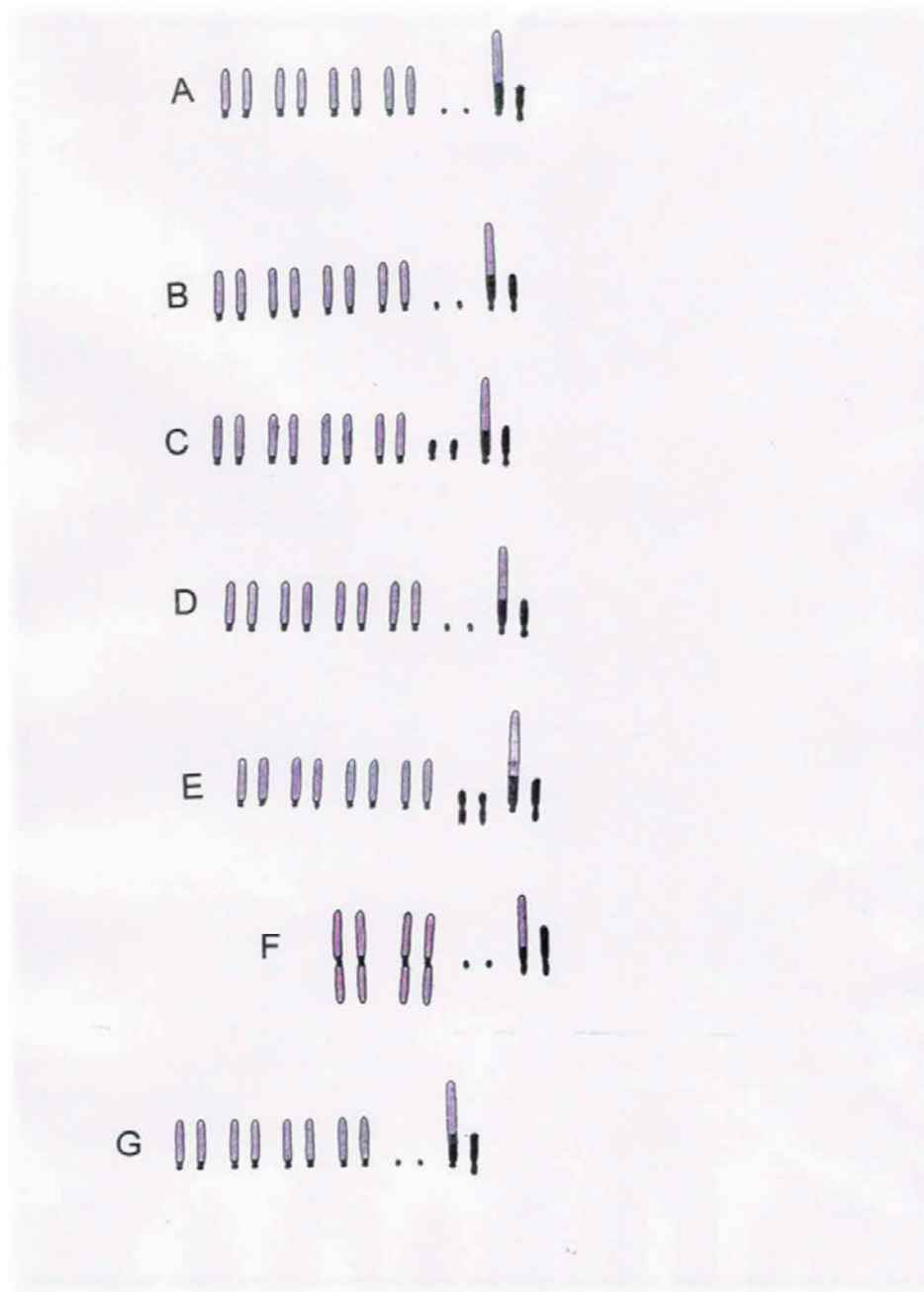


Figura 6. Cariótipos esquemáticos das sete espécies (A a G) de drosófilas. Copiar, recortar e colocar os cariótipos dentro dos envelopes correspondentes a cada uma das espécies.

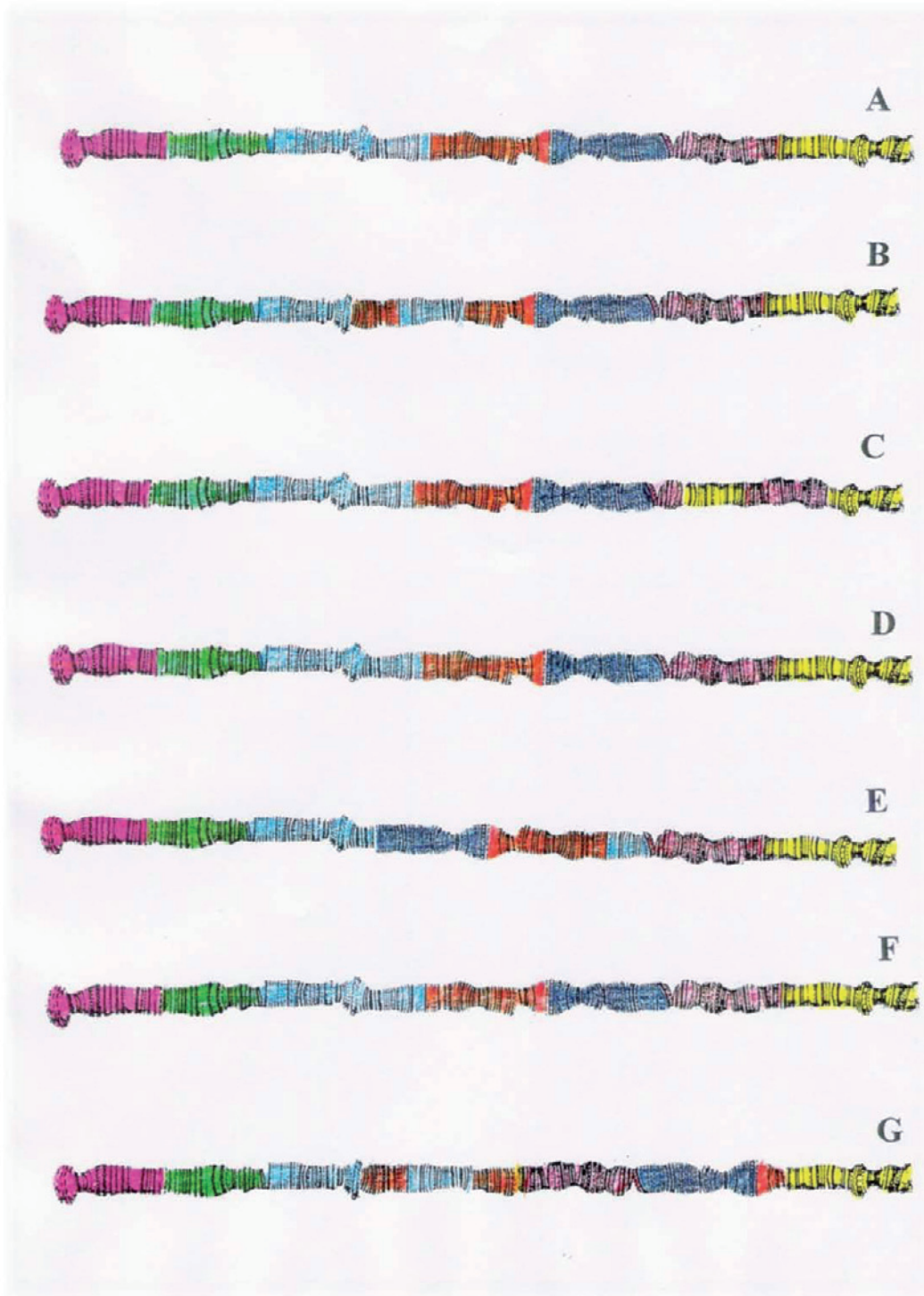


Figura 7. Esquemas representando um dos cromossomos politênicos contendo inversões, em sete (A a G) diferentes espécies de drosófilas. Para facilitar a análise das inversões, os diferentes segmentos estão representados com cores diferentes. Copiar, recortar e colocar os cromossomos dentro dos envelopes correspondentes.



Figura 8. Ilustração para mostrar como são os sete envelopes que contém: a) externamente, o desenho de uma drosófila e a sua distribuição geográfica, b) internamente, o cariótipo da espécie e o cromossomo politênico com cores diferentes, representando segmentos específicos.