

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Educação Ambiental e o emprego de marcadores genéticos moleculares na preservação
da biodiversidade brasileira**

BRUNA DE MORAES MINEIRO

Ituiutaba - MG
Abril - 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Educação Ambiental e o emprego de marcadores genéticos moleculares na preservação
da biodiversidade brasileira**

BRUNA DE MORAES MINEIRO

Alexandre Azenha Alves de Rezende

Trabalho de Conclusão de Curso ou apresentado à
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Uberlândia, como requisito
parcial para obtenção do título de Licenciada em
Ciências Biológicas.

Ituiutaba - MG

Abril - 2024

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marisa e Gilson, por seu amor, apoio e incentivo ao longo de toda minha trajetória.

Ao meu orientador, Alexandre Azenha Alves de Rezende, pela orientação, inspiração, conhecimento, paciência e dedicação ao longo deste trabalho, assim como ao longo da minha graduação.

À banca examinadora, pela disponibilidade, avaliação e apreciação do meu trabalho. Suas contribuições e sugestões foram cruciais no aprimoramento deste trabalho.

À minha psicóloga, Luana Paula Cavalcanti Paris de Carvalho, por seu apoio emocional e orientações durante todo o percurso acadêmico.

Aos meus amigos, tanto as amigas construídas durante o curso, mas também minhas amigas de São José dos Campos-SP, por sempre estarem ao meu lado, me apoiando, me escutando e compartilhando momentos que estarão sempre no meu coração.

À todos professores que contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica, por todo conhecimento e experiência compartilhadas, inspirando-me a ser uma profissional de excelência. Com foco, a todas as professoras de ciências e biologia, por serem referências e modelos na carreira científica. Em especial, a minha professora de biologia do ensino médio, Caroline Souza e Vilasboas, por ser minha inspiração e me apresentar a biologia numa perspectiva encantadora, fazendo com que eu me apaixonasse por essa área e me direcionasse a seguir esse caminho da biologia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsas, durante meu percurso na graduação em Ciências Biológicas e a Universidade Federal de Uberlândia pelo ensino de qualidade.

RESUMO

A biodiversidade brasileira é rica, abrangente e distribuída em ecossistemas diversos. Há muito tempo enfrenta ameaças como desmatamento, exploração ilegal e mudanças climáticas. Alguns desses fatores reduzem os habitats disponíveis e isolam as populações, aumentando o risco de extinção de várias espécies. Ações de conservação são fundamentais para manter o equilíbrio dos ecossistemas e proteger espécies ameaçadas. A elaboração da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção pelo Ministério do Meio Ambiente é um importante passo nesse sentido, fornecendo dados para direcionar políticas de conservação e uso de recursos. A genética da conservação emerge como uma disciplina chave, utilizando marcadores genéticos moleculares para avaliar a diversidade genética, estrutura populacional e padrões de fluxo gênico. No entanto, ainda há desafios, incluindo a escassez de marcadores específicos e a falta de integração entre genética e ecologia. A educação ambiental desempenha um importante papel na conscientização e engajamento da sociedade na conservação da biodiversidade, destacando a importância da diversidade genética e do uso de marcadores genéticos para direcionar estratégias de conservação.

Palavras-chave: biodiversidade, conservação, educação ambiental, genética da conservação, marcadores genéticos.

SUMÁRIO

Biodiversidade brasileira sob ameaça.....	5
Papel da Educação Ambiental na conservação e preservação das espécies.....	6
Genética da conservação.....	6
Emprego de marcadores genéticos na conservação de espécies ameaçadas no Brasil.....	8
Quantidade ou qualidade: o que a genética pode contribuir para a conservação?.....	10
Preservar a biodiversidade: educação ambiental e a genética na proteção de espécies.....	13
Para saber mais.....	15
Apêndice – Normas de submissão da Revista Genética na Escola.....	16

Biodiversidade brasileira sob ameaça

A biodiversidade brasileira é muito rica e diversa, abrangendo uma ampla variedade de ecossistemas. Porém, enfrenta grandes ameaças como o desmatamento, exploração e comércio ilegal, destruição de habitat, mudanças climáticas e introdução de espécies exóticas e espécies invasoras. Estes fatores reduzem o total de habitats disponíveis e aumentam o grau de isolamento entre populações, diminuindo o fluxo gênico entre estas, o que pode acarretar na perda de variabilidade genética e, eventualmente, na extinção de espécies. Assim, ações de conservação são fundamentais para assegurar o equilíbrio dos ecossistemas brasileiros, assim como para a proteção das espécies ameaçadas.

Através da elaboração da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção, apresentada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA - Portaria nº 148), é possível analisar todas as espécies brasileiras ameaçadas de extinção. Esta lista é um dos maiores esforços em avaliação da biodiversidade realizados em nível global. A literatura é muito ampla em documentos sobre estratégias e diretrizes de conservação, recomendações e propostas de áreas a serem protegidas. A mensagem principal é que é preciso fazer algo urgentemente. Na prática, há que admitir que a mensagem não tem atingido o nível ideal.

A elaboração da lista de espécies ameaçadas é um importante instrumento de política ambiental. A partir dos dados levantados, pode-se definir a aplicação de recursos técnicos, científicos, humanos e financeiros. As informações da lista também fornecem subsídios para criação de Unidades de Conservação, direcionam programas de pesquisa e de formação de profissionais e para o trabalho de educação e fiscalização ambiental.

A última atualização da lista possui 3209 espécies da flora e 1249 espécies da fauna ameaçadas. O responsável pelo levantamento e avaliação do risco de extinção da fauna é o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e o responsável pela flora é o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (BRASIL, 2022).

Para elaboração da lista, foram utilizados os critérios da União Internacional para a Conservação da natureza (IUCN, em inglês), que é referência global no monitoramento de espécies ameaçadas. Assim, de acordo com a IUCN, a classificação é a seguinte: Extinto (EX); Extinto na natureza (EW); Em Perigo Crítico (CR); Em Perigo (EM); Vulnerável (VU); Quase ameaçada (NT) e Pouco preocupante (LC). Das espécies da fauna brasileira consideradas ameaçadas: 465 estão na categoria Vulnerável (VU); 425 na categoria Em Perigo (EN), 358 estão Criticamente em Perigo (CR) e uma está extinta na natureza (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022).

A inclusão de uma espécie na lista depende de muitos fatores como tamanho da população e a diversidade genética. Não é suficiente ter um grande número de indivíduos se todos forem intimamente aparentados, pois isso impediria a perpetuação e sobrevivência da espécie. Além disso, a condição do habitat da espécie é levada em consideração, assim como a degradação do ambiente, como assoreamento de rios, poluição e fogo. Ainda há espécies que sofrem pressão devido à caça para subsistência, caça de retaliação e a captura para o tráfico de animais silvestres.

A conservação, manejo e recuperação de espécies ameaçadas de extinção requer uma abordagem que envolve não apenas fatores demográficos e ecológicos, mas também o uso de ferramentas moleculares, que garantam a biodiversidade e a variabilidade genética. A preservação das espécies ameaçadas é um esforço contínuo que requer a participação de governos, organizações não governamentais, cientistas e da sociedade como um todo.

Papel da Educação Ambiental na conservação e preservação das espécies

A Educação Ambiental encontra respaldo em diversas legislações, como a Lei nº 6.938 de 1981, que trata sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, reforçando a importância de sua difusão em todos os âmbitos educacionais. Da mesma forma, a Constituição Federal de 1988 reconhece o direito constitucional de todos os cidadãos brasileiros à educação ambiental, enquanto as leis nº 9.795 de 1999 e nº 10.172 de 2001 estabelecem a Política Nacional de Educação Ambiental e integram a educação ambiental como um tema transversal no Plano Nacional de Educação.

Essas normativas legais destacam a relevância da Educação Ambiental na conscientização da população sobre seu papel central na conservação da biodiversidade, seja na sensibilização, compreensão dos elementos ambientais ou na compreensão dos mecanismos que governam os ecossistemas e a ética socioambiental humana. Nesse contexto, a Educação Ambiental torna-se parte essencial do processo educacional, contribuindo de forma contínua para a resolução de problemas socioambientais, visando principalmente a transformação e ao bem-estar humano (ROSSINI & CENCI, 2020).

Genética da conservação

Ao longo das últimas duas décadas houve o aprimoramento de técnicas moleculares, auxiliando na conservação das espécies. Assim, com a junção ecologia, biologia molecular, genética de populações, modelagem matemática e da sistemática

evolutiva, a genética da conservação emergiu como uma disciplina independente e especializada. Esta ciência engloba o manejo genético de populações reduzidas, resolução de questões taxonômicas incertas, definição de unidades de manejo dentro das espécies e o uso de análises genéticas moleculares na ciência forense e na compreensão da biologia das espécies (WAN *et al.*, 2004).

A genética da conservação utiliza marcadores genéticos moleculares, que são sequências de DNA que fornecem importantes informações, e estes também são aplicados na genética de populações. Há várias classes de marcadores genéticos utilizados na conservação de espécies ameaçadas de extinção, como os microssatélites. Estes, são sequências curtas repetidas em tandem no DNA (1-6 pares de bases), com alto grau de polimorfismo e amplamente distribuídas no genoma, utilizadas como marcadores genéticos de DNA, permitindo a identificação individual e a avaliação da diversidade genética de uma população. Já os Polimorfismos de Nucleotídeo Único (SNP), os quais são variações em apenas um único nucleotídeo na sequência, são frequentemente utilizados para estudo da diversidade genética e a diferenciação populacional. Por outro lado, o DNA mitocondrial, herdado principalmente pela linhagem materna, é um parâmetro útil para inferir a história evolutiva, filogenia e fluxo genético entre populações, além de ser empregado na análise de parentesco.

Os marcadores genéticos são ferramentas essenciais na genética da conservação pois oferecem informações preciosas para identificar populações isoladas, avaliar a diversidade genética, detectar endogamia e desenvolver estratégias de conservação apropriadas para espécies ameaçadas, avaliando inclusive as variações de ambos os parentais, características necessárias para lidar com as influências ambientais.

Diversas características são facilmente perceptíveis e possibilitam distinguir um ou mais indivíduos apenas pelo fenótipo, como coloração da pelagem tonalidade da pele em animais e cores das flores e tamanho das sementes e frutos em plantas. Todas essas características podem ser chamadas de marcadores morfológicos. Contudo, os indicadores morfológicos não abarcam todas as características que podem influenciar na conservação das espécies.

Porém, após a compreensão da estrutura e função do DNA e a aplicação de técnicas de genética molecular, permitiu que cientistas pudessem elaborar técnicas mais precisas considerando características moleculares no processo de conservação de populações, garantindo variabilidade genética e não somente o tamanho da mesma.

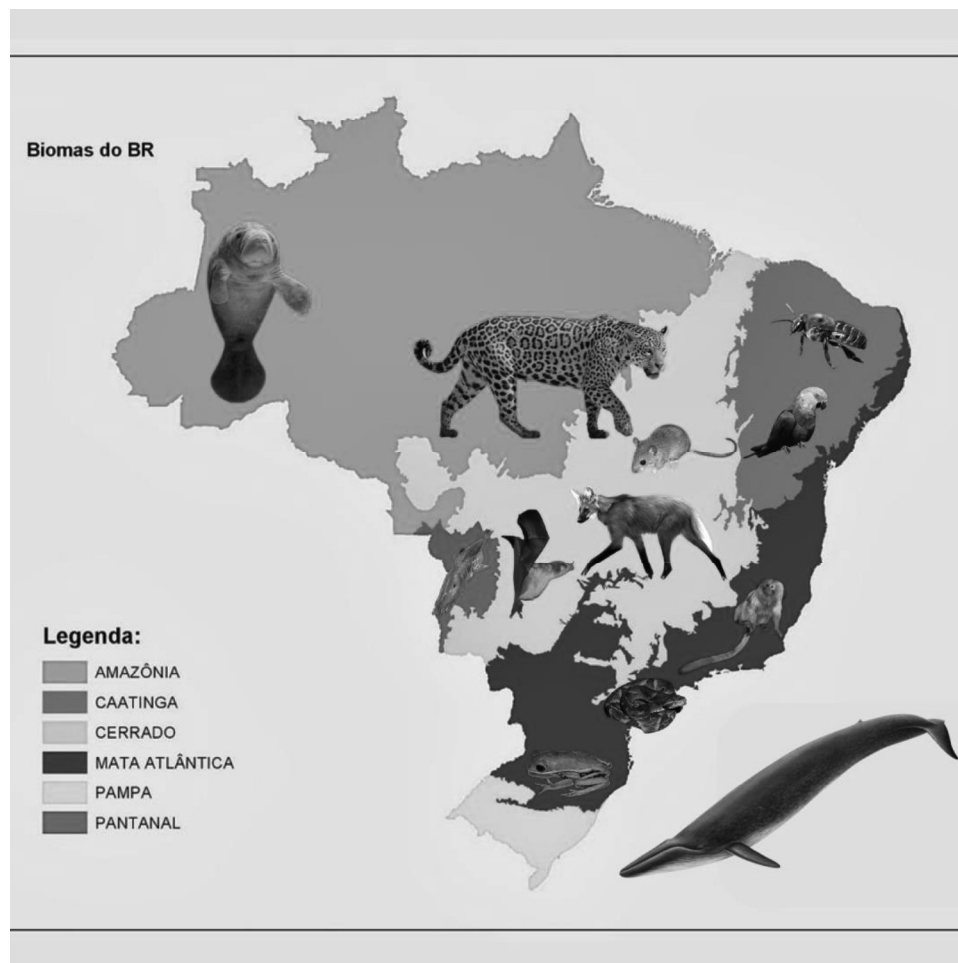
Assim, diante do emprego das técnicas de sequenciamentos de DNA, a qual permitem visualizar a ordem das bases nitrogenadas na amostra de estudo, foram reveladas a existência de trechos de DNA que eram diferentes entre indivíduos da mesma espécie funcionando como marcadores moleculares.

Conhecer a viabilidade do emprego de marcadores genéticos moleculares em ações que visam a conservação de diferentes espécies, principalmente aquelas ameaçadas de extinção e direciona ações de preservação e conscientização.

Emprego de marcadores genéticos na conservação de espécies ameaçadas no Brasil

Diante da necessidade de refinamento de processos para a conservação de espécies, o emprego de marcadores genéticos é imprescindível para conservação e/ou análise de populações de diferentes espécies de animais ameaçados de extinção de biomas brasileiros. Neste sentido, as espécies avaliadas, e que constam na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (MMA - Portaria nº 148), foram: abelha urucu (*Melipona scutellaris*), perereca-rústica (*Pithecopus rusticus*), jararaca-alcatraz (*Bothrops alcatraz*), ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), onça-pintada (*Panthera onca*), morceguinho-do-cerrado (*Lonchophylla dekeyseri*), mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), rato-do-cerrado (*Thalpomys cerradensis*), baleia-azul (*Balaenoptera musculus*), peixe-boi-da-Amazônia (*Trichechus inunguis*), pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). Para retratar a possibilidade do emprego de marcadores genéticos na conservação foram escolhidos representantes de diferentes classes da fauna brasileira como: insetos (abelha urucu), anfíbios (perereca-rústica), répteis (jararaca-alcatraz), aves (ararinha-azul), mamíferos (lobo-guará, onça-pintada, morceguinho-do-cerrado, mico-leão-dourado, rato-do-cerrado, baleia-azul, peixe-boi-da-Amazônia) e peixes (pintado) (Figura 1). Após o levantamento das espécies em risco de extinção, foram elencados os marcadores genéticos utilizados e que já foram apresentados em estudos publicados.

Figura 1 - Mapa representativo dos diferentes biomas do Brasil, separados por diferentes cores e com a presença dos animais encontrados nos respectivos biomas



Fonte: Mapa de Biomas do Brasil - IBGE, 2004

Rio de Janeiro - esc. 1:5.000.000 (modificado pela autora).

Legenda: Mapa com os biomas brasileiros e as espécies abordadas no presente trabalho de acordo com o local onde habitam. Abelha urucu (*Melipona scutellaris*), perereca-rústica (*Pithecopus rusticus*), jararaca-alcatraz (*Bothrops alcatraz*), ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), onça-pintada (*Panthera onca*), morceguinho-do-cerrado (*Lonchophylla dekeyseri*), mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), rato-do-cerrado (*Thalpomys cerradensis*), baleia-azul (*Balaenoptera musculus*), peixe-boi-da-Amazônia (*Trichechus inunguis*), pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*).

Quantidade ou qualidade: o que a genética pode contribuir para a conservação?

A genética é uma importante ferramenta para o estudo da biodiversidade e para o manejo e conservação de populações selvagens que sofrem impactos antrópicos. Especificamente, a genética da conservação visa minimizar o risco da extinção por fatores genéticos. As técnicas de genética da conservação podem ser aplicadas com o intuito de avaliar o risco de extinção de uma espécie por fatores genéticos, minimizando a endogamia e a baixa diversidade genética; identificando populações, elucidando a estrutura populacional e esclarecendo incertezas taxonômicas; definindo unidades de manejo de espécies; detectando hibridizações; definindo áreas de reintrodução e selecionando os melhores indivíduos para tanto; na identificação forense e além de entender a biologia da espécie, especialmente o padrão de acasalamento e sistema reprodutivo. Assim, o conhecimento dos níveis e distribuição da variabilidade genética é fundamental para o planejamento do manejo e conservação de espécies ameaçadas de extinção.

Enfrentamos obstáculos significativos ao estabelecer medidas adequadas para a conservação de algumas espécies, incluindo a carência de marcadores genéticos e a falta de uma correlação definida entre genética e ecologia que poderia orientar estratégias de preservação. De fato, existe escassez de pesquisas e informações que permitam a aplicação efetiva de dados genéticos na conservação de espécies ameaçadas.

Nas últimas décadas, com os avanços da genética e da biologia molecular, principalmente, o advento da tecnologia do DNA recombinante, bioinformática e o aprimoramentos da reação em cadeia da polimerase (PCR) e do sequenciamento do DNA, permitiram a criação de poderosas técnicas para o desenvolvimento de marcadores genéticos úteis na identificação, caracterização e avaliação dos recursos genéticos.

Para a obtenção de marcadores genéticos moleculares, uma infraestrutura apropriada é exigida. A infraestrutura depende de alguns parâmetros, como o tipo e número de acessos a serem analisados. No início do desenvolvimento das diferentes tecnologias atualmente aplicadas, tanto os equipamentos quanto o material de consumo eram muito caros. Contudo, a concorrência entre as diferentes empresas que fornecem esses equipamentos e material, além da otimização de metodologias, o valor empregado no desenvolvimento de marcadores genéticos vem reduzindo a cada ano.

Existem diferentes marcadores genéticos moleculares que podem ser aplicados no intuito de maximizar as ações de conservação, como por exemplo, os microssatélites. Estes marcadores são altamente informativos para estudos de diversidade genética e

estrutura populacional. São úteis para avaliar a variabilidade dentro de populações e identificar unidades de conservação. Ainda, permitem a identificação de populações geneticamente distintas e o monitoramento de padrões de fluxo gênico entre elas.

De acordo com a lista de animais pesquisados, os marcadores do tipo microsatélite são empregados em estudos de conservação, diversidade e padrão populacional são: urucu (*Melipona scutellaris*), perereca-rústica (*Pithecopus rusticus*), ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), onça-pintada (*Panthera onca*), mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), peixe-boi-da-Amazônia (*Trichechus inunguis*) e pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*).

Um dos animais mais conhecidos e emblemáticos da fauna brasileira e que está ameaçada de extinção é a onça-pintada (*Panthera onca*), inclusive considerada espécie bandeira. As ações conservacionistas para este felino são majoritariamente pautadas em padrões ecológicos. Esta espécie é considerada o maior felino das Américas e está presente em cinco biomas nacionais (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal). Por estar no topo da cadeia alimentar e necessitar de grandes áreas preservadas para sobreviver, esse animal é um indicador de qualidade ambiental. A ocorrência desses felinos em uma região indica que ela ainda oferece boas condições que permitam a sua sobrevivência.

Os principais fatores que influenciam na ameaça de extinção da onça-pintada estão relacionados à diminuição de presas selvagens, perseguição e perda de habitat. Assim, restam pequenas populações que, à medida em que ficam isoladas pela fragmentação do habitat, elas se tornam ainda mais vulneráveis às perturbações ambientais e aos processos deletérios causados por endogamia. O planejamento eficaz da conservação da onça-pintada requer estudos abrangentes que incluam efetivamente a paisagem à estrutura genética e ao fluxo gênico. Assim, conhecer padrões de dispersão e comportamento além da diversidade genética de uma espécie, são componentes cruciais para estratégias de conservação e planejamento paisagístico.

Por outro lado, apesar de despertar o interesse dos cientistas, e também, pelo apelo social e ambiental que representa, esta espécie não possui o emprego massivo de marcadores genéticos que possam garantir, além do número de indivíduos, a diversidade genética dos mesmos. Existem algumas ações exitosas no emprego de microsatélites, porém esta não é uma realidade na elaboração da maioria das estratégias de conservação que poderiam garantir a preservação e consolidação de populações geneticamente diversas e ricas em todo o território nacional e, também, em outras regiões do planeta.

Existem marcadores genéticos utilizados na conservação que não estão presentes no DNA nuclear. Entre eles, podemos citar o DNA mitocondrial (mtDNA), o qual pode ser usado na investigação e na história evolutiva das espécies e sua estrutura populacional. Ajuda a identificar unidades de conservação e a entender a conectividade entre populações, além de avaliar o impacto de barreiras geográficas e humanas na dispersão e migração das espécies. Ações que utilizam marcadores presentes no mtDNA podem ser encontradas na conservação do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), morcegoinho-do-cerrado (*Lonchophylla dekeyseri*), rato-do-cerrado (*Thalpomys cerradensis*), baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) e peixe-boi-da-Amazônia (*Trichechus inunguis*).

Os Polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) possuem abundância e capacidade de revelar variações genéticas sutis, permitindo identificar marcadores associados à adaptação e à resposta a mudanças ambientais. O uso de SNPs na genética da conservação, embora seja uma ferramenta valiosa, enfrenta críticas devido ao seu alto custo, criando barreiras de acesso para pesquisadores e instituições com recursos limitados, restringindo a escala das análises genéticas e impactando os orçamentos de conservação. Assim, apesar dos benefícios dos SNPs, o custo elevado pode limitar sua aplicação e acessibilidade além de criar a dependência de financiamento externo. Diante disso, destaca-se a necessidade de soluções para reduzir os custos e promover sua utilização mais ampla na genética. Estudos sobre baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) identificaram o uso desse marcador.

Há desafios consideráveis, além do financiamento, no estabelecimento de ações adequadas para a conservação de algumas espécies, como por exemplo a falta de marcadores genéticos ou mesmo a ausência de ligação entre genética e ecologia que possa orientar estratégias de conservação. De fato, há escassez de pesquisas e informações que possibilitem o uso eficaz de dados genéticos na conservação das espécies. Diante da falta de marcadores específicos pode-se utilizar marcadores de espécies geneticamente relacionadas ou que compartilham características semelhantes.

Esta estratégia é conhecida como transferibilidade, amplificação cross-espécie, ou ainda, amplificação cruzada, é útil em estudos de conservação de espécies ameaçadas, onde os recursos podem ser limitados, e em análise genéticas populacionais, podendo fornecer informações sobre a estrutura genética das populações, fluxo gênico entre espécies e história evolutiva. No entanto, é necessário realizar testes para garantir que os marcadores funcionem e validem corretamente na espécie alvo, pois a variabilidade genética e a estrutura de marcadores podem diferir entre espécies. Além disso, adaptação

dos protocolos de laboratório também pode ser necessária para otimizar as condições de amplificação e genotipagem dos marcadores genéticos.

Esta abordagem, de acordo com a pesquisa realizada, foi identificada na conservação da urucu (*Melipona scutellaris*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), onça-pintada (*Panthera onca*), peixe-boi-da-Amazônia (*Trichechus inunguis*) e o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). Por outro lado, espécies como a jararaca-alcatraz (*Bothrops alcatraz*), apesar de pertencer a um gênero de interesse também farmacológico, não foram encontrados estudos que aplicam marcadores genéticos moleculares em ações de conservação da espécie.

Preservar a biodiversidade: educação ambiental e a genética na proteção de espécies

As áreas que abrigam espécies ameaçadas também contêm recursos naturais, como minerais, terras, águas. Isso aumenta o foco nos interesses econômicos proporcionando a exploração desses recursos, e conseqüentemente coloca em risco as espécies locais, culminando também na destruição do habitat natural, afetando as populações.

Na maioria das vezes, a exploração econômica está relacionada à caça e ao comércio ilegal de animais silvestres, incluindo espécies ameaçadas. Isso ocorre já que a ausência ou a aplicação inadequada de regulamentações ambientais permitem que os interesses econômicos se tornem prioridade em relação às ações de conservação. Portanto, é preciso que haja esforço conjunto para conscientizar sobre a necessidade e importância da preservação da biodiversidade, principalmente das espécies ameaçadas de extinção, inclusive para aquelas que não possuem apelo econômico.

Para tanto, isso requer a organização de leis, promoção de práticas sustentáveis, estímulo a pesquisas e o engajamento da sociedade. Além disso, é essencial que governos, ONGs, e principalmente, os cidadãos compreendam que a conservação da biodiversidade não se trata apenas de uma questão ambiental, e a aplicação de marcadores genéticos moleculares ampliam as estratégias de conservação das espécies.

A análise das espécies apresentadas salienta a necessidade do emprego de estratégias de conservação que envolvam a genética como ferramenta auxiliar. Marcadores morfológicos e parâmetros ecológicos são úteis na preservação, porém possuem limitações que são diminuídas com a utilização de marcadores genéticos moleculares, já que estes permitem a avaliação da pressão de endogamia e outros

parâmetros que favorecem a diversidade genética entre indivíduos de uma área conservada.

Neste contexto, a Educação Ambiental, respaldada por leis que reconhecem seu papel fundamental, deve ser introduzida efetivamente nas escolas desde os anos iniciais. É essencial desmistificar o conceito de que conservação se resume apenas à quantidade de indivíduos, mas também é preciso levar em consideração a variação na diversidade genética ao longo do tempo ou entre populações. Os estudantes devem aprender que a conservação abrange muito mais do que isso, incluindo a proteção dos habitats naturais, preservação das espécies ameaçadas e equilíbrio entre humanos e natureza.

Assim, ao integrar a Educação Ambiental com o estudo da genética da conservação e o uso de marcadores genéticos moleculares, os/as alunos/as não apenas compreendem a importância da conservação da biodiversidade de forma mais ampla, mas também adquirem conhecimentos específicos e ferramentas práticas para contribuir efetivamente para a preservação do meio ambiente e de espécies ameaçadas de extinção. As análises das informações disponíveis demonstram que o emprego de marcadores genéticos na preservação e conservação de espécies da fauna ainda é escasso. Assim, o contexto da preservação está relacionado, principalmente, com o tamanho da população independente de aspectos genéticos que constituem a mesma. Ações ecológicas integradas à genética da conservação visam minimizar os riscos de extinção.

Para saber mais

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria Nº 148, de 7 de junho de 2022. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, edição 108, p. 74. 08/06/2022. 2022. Seção 1. Acesso em: 25 maio 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Lista Oficial das Espécies Ameaçadas de Extinção é divulgada**. 9 jun. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/lista-oficial-das-especies-ameacadas-de-extincao-e-divulgada>. Acesso em: 26 maio 2023.

ROSSINI, C. M.; CENCI, D. R. Interdisciplinary practices in environmental education: paths to sustainability. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 12, p. e561210826, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i12.10826. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10826>. Acesso em: 27 fev. 2024.

WAN, Qiu-Hong *et al.* Which genetic marker for which conservation genetics issue? **ELECTROPHORESIS**, v. 25, n. 14, p. 2165-2176, jul. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/elps.200305922>. Acesso em: 01 jun. 2023.

Apêndice – Normas de submissão da Revista Genética na Escola



Início / Submissões

Submissões

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso. [Acesso](#) em uma conta existente ou [Registrar](#) uma nova conta.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

↑	O manuscrito atende ao foco e escopo da Genética na Escola.
↑	A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista.
↑	O manuscrito atende às Diretrizes para Autores .
↑	As propriedades do arquivo foram removidas para garantir que os autores não sejam identificados no processo de avaliação por pares.
↑	As figuras são autorais ou, quando elaboradas com base em imagens já publicadas, e que não são de livre acesso, estão acompanhadas de autorização de uso das imagens originais.
↑	Submeter junto ao manuscrito a carta de submissão preenchida com o título do manuscrito, nome dos autores, instituições a que pertencem, palavras-chave e e-mail do autor correspondente.

Diretrizes para Autores

- Os textos devem atender às diretrizes gerais descritas na linha editorial. Uma vez que os artigos são redigidos em estilo de **divulgação científica** não devem conter citações bibliográficas, a menos que seja absolutamente imprescindível. No final do artigo, algumas referências podem ser incluídas num item denominado **Para saber mais**, que não deverá conter mais do que 4 referências sobre o tema tratado.
- Os artigos submetidos devem ser digitados em fonte Times New Roman, número 12, espaço duplo, com margens de 2,5 cm, em página tamanho A4.

O texto não deverá exceder 4000 palavras, incluindo um breve resumo (exceto para as Resenhas, que não devem exceder 500 palavras e não conter resumo).

- O manuscrito contendo as figuras deve apresentar na primeira página o Título e a seção a que se destina.
- As figuras devem ser originais. Caso tenham sido anteriormente publicadas em periódicos científicos, os autores devem solicitar autorização de uso da imagem, que deve ser encaminhada junto com a submissão do manuscrito.

As submissões devem estar acompanhadas de uma Carta de Submissão que explicita contendo o título do artigo e a indicação da seção para o qual ele se destina, os nomes dos autores, email para correspondência da pessoa para correspondência, assim como as informações sobre suas formações acadêmicas, instituições em que trabalham e o endereço completo e até 6 palavras-chave. (**Modelo de Carta**)

- No caso de **Imagens publicadas na Internet** podem ser enquadradas nas seguintes categorias de propriedade intelectual: (1) Proibição total para a reprodução ou o uso; (2) Exigência de autorização expressa para o seu uso gratuito ou remunerado. A exigência pode ser relativa à propriedade intelectual do autor da obra, ou do autor da fotografia da obra (fotografia de um quadro, p.ex.); (3) Exigência apenas da citação da fonte; (4) Destinação exclusiva ao mercado editorial, o que torna livre o uso na GE; (5) Domínio público, na qual não existe restrição.

Imagens fotográficas – (1) Provenientes da Internet ou em arquivo digital preexistente: prefira a opção com maior tamanho e melhor resolução; (2) **Digitalizadas por escaneamento:** selecione as cores em RGB, resolução de 300 dpi (pontos por polegadas), com largura entre 13,5 e 18 cm e altura máxima de 24,7 cm; (3) **Fotografias de objetos tridimensionais ou planos:** ajuste a câmera para a máxima resolução, busque um local bem iluminado, evite luz lateral e/ou sombras intensas, sempre que possível, utilize um fundo uniforme, e verifique o enquadramento para não cortar parte do objeto.

Ilustrações, gráficos, infográficos, fluxogramas e esquemas – (1) Caso estejam em pixels (arquivos bitmap - .jpg, .psd, .tif e .png), a resolução deve ser de 300 dpi, largura entre 13,5 e 18 cm, altura máxima de 24,7 cm, e em cores RGB; (2) Serão aceitas ilustrações elaboradas em vetor (.ai, .eps, .cdr). Tamanho máximo das imagens: 18 cm de largura e 24,7 cm de altura. Caso haja a necessidade de publicar imagens maiores, destinadas à impressão, como tabuleiros, por exemplo, o arquivo deve ser enviado em 300 dpi, RGB, no formato desejado para a impressão.

As imagens podem ser inseridas no texto ou enviadas separadamente.

- Não são aceitas notas de rodapé. Conceitos não definidos no texto, assim como observações complementares, podem ser apresentados como uma breve descrição num glossário. Todos os termos que compõem o glossário devem ser apresentados no manuscrito, logo abaixo do item resumo.
- No caso de propostas para a Seção Materiais Didáticos o material deve ser apresentado em formato que permita a impressão dos componentes do Material Didático para uso em sala de aula.

Na sala de aula

Proporcionar a socialização e reflexão sobre iniciativas bem-sucedidas de professores em sala de aula. Os relatos de professores do Ensino Médio ou Superior sobre aulas e sequências didáticas devem explicitar as experiências vivenciadas de modo a permitir sua reprodução por interessados. São exemplos de iniciativas bem-vindas aquelas direcionadas para o aperfeiçoamento de professores, propostas de dinâmicas, sugestões de uso de materiais e roteiros de aula.

Materiais Didáticos

Divulgar materiais didáticos inéditos tais como jogos, atividade interativas, presenciais ou virtuais, modelos etc., que tenham como foco a aprendizagem de conceitos e não apenas a memorização de termos ou de mecanismos de execução mecânica de atividades e tarefas que atendam apenas o aspecto lúdico. A sugestão de uso do material didático, que deve constar do artigo, deve ter o aluno como protagonista de seu aprendizado. O material apresentado não precisa necessariamente ter sido anteriormente trabalhado com estudantes.

Genética e Sociedade

Relatar situações em que o conhecimento científico em Genética e Biologia Evolutiva tem desdobramentos na tecnologia, ou na indústria, na saúde, na natureza ou, de modo geral, na qualidade de vida das populações. Os textos também podem trazer reflexões sobre como fatores sociais (economia, legislação, religião, ética) interferiram ou interferem nas pesquisas científicas. Os textos devem estimular a reflexão sobre as relações do conhecimento científico com fatores socioculturais. Essa seção também se destina a divulgar a relevância histórica de instituições e pesquisadores eminentes.

Um Gene

Divulgar informações científicas sobre a natureza e o funcionamento de genes específicos e que apresentem importância científica, tecnológica, histórica ou social. Genes relacionados a doenças, agricultura, pecuária, domesticação de plantas e animais, por exemplo, podem ser analisados em detalhe. Genes importantes para o desenvolvimento histórico da Genética ou que trouxeram grandes contribuições tecnológicas também podem ser alvo desta seção. A intenção é trazer informações detalhadas, mas em linguagem mais simples que a estritamente acadêmica, sobre genes específicos, para aumentar o repertório de conhecimento e de possibilidades de trabalho de professores de sala de aula.

Resenhas

Abrigar resenhas de Materiais Didáticos (publicados em sites diferentes da Genética na Escola) softwares, sites, livros etc., com possibilidades de utilização em sala de aula. Além do material resenhado, descrito de maneira crítica, a resenha deve apresentar sugestão(ões) de como ele pode ser utilizado em ensino (ex.: indicações de para qual séries o objeto seria adequado, com quais conteúdos escolares ele se articula). Não serão aceitas resenhas elaboradas pelos autores do material resenhado.

Conceitos em Genética

Esclarecer as ideias mais centrais da Genética e da Biologia Evolutiva. A intenção é definir os conceitos importantes, apontar aspectos frequentemente mal compreendidos por estudantes, retratar o desenvolvimento histórico das ideias, discutir desenvolvimentos científicos recentes que forneçam novos pontos de vista sobre temas centrais, atualizar ou redefinir conceitos.

Declaração de Direito Autoral

Ao submeter o manuscrito os autores concordam que o copyright de seu artigo seja transferido para a Sociedade Brasileira de Genética, se e quando o artigo for aceito para publicação. Excetuando-se o download e impressão, que são gratuitos, nenhuma parte desta publicação poderá ser utilizada sem permissão por escrito da Sociedade Brasileira de Genética.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

Enviar Submissão

Informações

[Para Leitores](#)

[Para Autores](#)

[Para Bibliotecários](#)

Genética na Escola, São Paulo, SP, Brasil, e-ISSN: 1980-3540

Platform &
workflow by
OJS / PKP