



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUÍ
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

BRUNNO HENRYCO BORGES ALVES

**MOLUSCOS LÍMNICOS DO NOVO MUNDO: PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO E
IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE BIOGEOGRAFIA**

URUÇUÍ-PI

2021

BRUNNO HENRYCO BORGES ALVES

MOLUSCOS LÍMNICOS DO NOVO MUNDO: PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO E
IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE BIOGEOGRAFIA

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Ciências
Biológicas do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - *Campus* Uruçuí.

Orientadora: Dra. Valesca Paula Rocha
Coorientadora: Dra. Tauana Junqueira Cunha

URUÇUÍ-PI

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Alves, Brunno Henryco Borges
A474m Moluscos límnicos do Novo Mundo : padrões de distribuição e implicações
no ensino de biogeografia / Brunno Henryco Borges Alves. - 2021.
58 p.: il. color.
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) -
Instituto Federal do Piauí, Campus Uruçuí, 2021.
Orientadora : Profa. Dra. Valesca Paula Rocha.
Coorientadora : Profa. Dra. Tauana Junqueira Cunha.
1. Ecologia I - ensino aprendizagem. 2. Biogeografia - noções básicas. 3.
Moluscos límnicos - regionalização. I. Título.

CDD - 570

Elaborado por Aldeide Costa dos Santos Sousa CRB 3/1423

BRUNNO HENRYCO BORGES ALVES

MOLUSCOS LÍMNICOS DO NOVO MUNDO: PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO E
IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE BIOGEOGRAFIA

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Ciências
Biológicas do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - *Campus Uruçuí*.

Aprovada em: 07 / 07 / 2021.

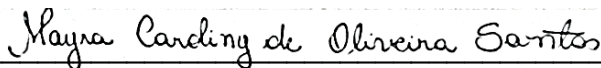
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Valesca Paula Rocha (Orientadora)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)



Profa. Dra. Híngara Leão Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)



Profa. Ma. Mayra Caroliny de Oliveira Santos
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Ao meu irmãozinho, que me ouviu ler
rascunhos deste trabalho sem ao menos
saber o que “gastrópodes” significava.

AGRADECIMENTOS

Não há outra forma de iniciar os meus agradecimentos sem mencionar a audaciosa aventura que foi desenvolver este trabalho. Esta que só valeu a pena, pois tive a sorte de ter pessoas extraordinárias ao meu lado. Nas dificuldades que enfrentei durante o caminho, nos momentos em que as inseguranças pareciam se fixar à minha espinha e nas vezes que duvidei de mim, eu sempre tive ao menos um de vocês para me fazer silenciar e retomar o controle. Vocês não imaginam o quanto eu sempre serei grato por isso.

Aos meus pais, José e Carlina, que mesmo sem entender muito bem minhas aspirações e anseios, me levaram para analisar as lagoas da região em busca de moluscos límnicos. Ao meu irmão, José Benício, por ter sido um bom ouvinte durante os ensaios para apresentação desta pesquisa.

À minha orientadora, Valesca Rocha, que acreditou em mim desde que eu era uma larvinha véliger. Serei eternamente grato por todo o tempo dedicado a mim, seja no laboratório organizando a coleção zoológica e nossas 'xumigas', ou pelo ótimo gosto musical e também os lanchinhos que me faziam sentir revigorante nas manhãs de 'lab'. Foi com você (e com a Ana Teresa) que senti o cheiro de caracol conservado em álcool pela primeira vez. Muito obrigado!

À minha coorientadora, Tauana Cunha, que mesmo longe, me inspirou a querer ser um profissional cada vez melhor. Obrigado por acreditar em mim e inspirar minhas aspirações acadêmicas, mesmo não me conhecendo como os demais aqui citados.

Agradeço aos meus professores e professoras, em especial à Híngara Leão, Mayra Santos, Simone Freitas e Anelise Mendonça, por toda formação profissional e pessoal que garantiram a mim.

Aos meus amigos e amigas, meus mais ardentes e ecoantes agradecimentos.

À Vick Mariana, por enviar o formulário da segunda etapa deste trabalho a seus colegas de turma. À Jéssica Borges, Livia e Eduardo, que fizeram os dias de ansiedade e estresse mais leves com lolzinho. Ao Kaique, que conversava sobre meu projeto de pesquisa na *call* do ff. À Stefanni, por todas as vezes que conversamos sobre nossos sonhos acadêmicos. À Marlídia, Danielle e Cynthia, que sempre repetiam o quanto acreditavam em mim. À Kataryna, por me indicar boa parte da *playlist* usada durante a escrita desse trabalho. À Eliana, que opinou sobre a estética das figuras deste trabalho, sem ao menos entender completamente sobre o que se

tratavam. À Mayla, que sempre vinha até mim quando tinha dúvidas sobre o mundo natural. À Karen e Rodrigo, por serem amigos incríveis. À Maria Clara e Jéssica Guimarães e ao nosso 'clube do tcc', que mesmo em áreas do conhecimento distintas, dividimos aflições e inseguranças de nossos TCCs.

À Iracielly e Sâmia, que me enchiam de abraços nos corredores do IFPI. À Laura, que sempre me ouvia reclamar das mesmas coisas todos os dias. Ao Wemerson, Glênyo, Vanessa e Félix, com quem passava as tardes de 'lab' jogando uno.

Aos meus amigos de curso, Ana Teresa, Isa, Maciel, Mariana, Marlana, Tamires e Thyago (Jackeliny e Gabriela, que seguiram caminho diferentes), muito obrigado por tudo! Tenho certeza que jamais me esquecerei de nenhuma das nossas aventuras. Vou sentir saudades dos banquinhos do IFPI ao início do crepúsculo, antes da primeira aula iniciar. Vocês fizeram toda esta aventura ser mais emocionante.

Ao meu querido notebook, que suportou todo o período de graduação, mesmo em suas condições limitadas. Obrigado por não me deixar na mão e por conseguir rodar todas as análises deste trabalho!

Agradeço ao Universo. Mais especificamente, à acreação das partículas que abrolharam a massa primitiva hoje chamada de Terra. À Theia, que sucumbiu ao chocar-se com o nosso planeta, originando assim a lua. A todos os eventos aleatórios que se procederam e permitiram o surgimento das primeiras formas de vidas. À evolução, que bilhões de anos depois originou os moluscos límnicos e, também, a mim e todas as formas de vida fantásticas que cruzaram o meu caminho.

Por fim, agradeço ao Sr. Darwin, ao Sr. Wallace e ao Sr. von Humboldt, por serem naturalistas tão excepcionais. Espero ter contribuído um pouquinho para a grande ciência que nos fez apaixonar pela vida.

Muito obrigado pela aventura.

E agora estou pronto para uma nova.



"Adventure is out there!"

Up

RESUMO

O estabelecimento de biorregiões é essencial na compreensão dos padrões de variação da biodiversidade. Gastrópodes e bivalves límnicos possuem ampla distribuição em ambientes aquáticos, geralmente afetados por interferência humana. Objetivou-se descrever a regionalização do Novo Mundo com base em dados de ocorrência de moluscos límnicos, bem como investigar a eficácia da disciplina 'Ecologia I' no ensino-aprendizagem de noções básicas de Biogeografia para os discentes do curso de Ciências Biológicas do Instituto Federal do Piauí – *Campus Uruçuí* (IFPI – Uruçuí). Para o estudo, foi conduzida uma análise de *network* baseada em conjunto de dados de 1.147 espécies, usando o algoritmo *Infomap Bioregions*. Foram calculados a riqueza e o endemismo ponderado por *grid cell*. Além disso, foram coletadas as percepções de estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFPI – Uruçuí. Foram apresentadas dez assertivas a dois grupos distintos de estudantes: que cursaram e não cursaram a disciplina 'Ecologia I'. O índice de acertos foi comparado usando test *t*. As *grid cells* com maiores riquezas foram localizadas no sudeste dos Estados Unidos. Os estados do Alabama, Flórida e Georgia apresentaram um alto nível de endemismo. Uma lista com oito biorregiões foi reportada. A biorregião Mississippi – Canadá foi a mais rica entre elas (652 spp), seguida pela Península da Flórida (399 spp), Tennessee (398 spp) e Atlântico (305 spp). A biorregião América do Sul compreendeu um alto percentual de espécies endêmicas (80,5%). Os resultados destacaram Mississippi – Canadá, América do Sul, Pacífico e Província da América Central como regiões com potencial para conservação biológica. Não foi encontrada diferença significativa nos índices de acertos entre os grupos de estudantes ($t = -1,58$; $p = 0,12$). Portanto, a disciplina de 'Ecologia I' não teve influência no ensino-aprendizagem de conceitos básicos de Biogeografia. Apesar de alguns estudantes demonstrarem pouco interesse em Biogeografia e Ecologia, ambos os grupos acreditam que a Biogeografia deve ser inclusa no currículo formal. Os resultados reportados providenciam *insights* em esquemas de regionalização de moluscos límnicos, bem como a importância de uma melhor aplicação de conceitos biogeográficos em 'Ecologia I' ou outras disciplinas no IFPI – Uruçuí.

Palavras-chave: Biorregionalização. Currículo. Mollusca.

ABSTRACT

The establishment of bioregions is essential in understanding biodiversity variation patterns. Gastropods and bivalves own a broad distribution in freshwater ecosystems, mostly affected by human interference. Here, we aimed to determine the New World regionalization with freshwater mollusks occurrence data, as well as to investigate the efficacy of 'Ecologia I' in basic Biogeography concepts learning for biology licensure students in Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí (IFPI - Uruçuí). We conducted a network analysis based on a dataset of 1,147 species, using the Infomap Bioregions algorithm. We calculated the richness and weighted endemism per grid cell. Besides, we collect the perceptions of biology licensure students in IFPI - Uruçuí. Then, we present ten assertions to two different student groups: that attended and not attended 'Ecologia I'. The hit score was compared using the t-test. The richest grid cells were placed in the southeast USA. Alabama, Florida, and Georgia are states with high endemism levels. A list of eight bioregions was reported in New World. Mississippi - Canadian was the richest bioregion (652 spp), followed by Florida Peninsula (399 spp), Tennessee (398 spp), and Atlantic (305 spp). South American bioregion comprises a high percentage of endemic species (80.5%). Our results highlight Mississippi - Canadian, South American, Pacific, Central America Province bioregions as great potential for targeted conservation. No significant differences in hit scores between student groups were reported ($t = -1.58$; $p = 0.12$). Thus, 'Ecologia I' had no influence on the basics biogeography concepts learning. Although some students show little interest in Biogeography and Ecology, both groups believe that Biogeography should be included in the formal curriculum. Our results provide insights into biogeographical schemes of freshwater mollusks, as well as the importance of better application of biogeography concepts in 'Ecologia I' or other disciplines in IFPI - Uruçuí.

Keywords: Bioregionalization. Curriculum. Mollusca.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Visão geral do processamento dos registros de ocorrência de moluscos límnicos do Novo Mundo obtidos no *Global Biodiversity Facility Information* (GBIF), indicando procedimentos de limpeza baseados nas ordens (a) metadados, (b) geográfica e (c) taxonômica.28
- Figura 2.** Riqueza de moluscos límnicos por *grid cell* (a), endemismo ponderado (b) e endemismo ponderado corrigido (c) após processamento e limpeza dos dados. Cada *grid cell* apresentou resolução de 1° x 1°. As análises basearam-se em 142.962 registros georeferenciados de 1.147 espécies de gastrópodes e bivalves.33
- Figura 3.** Análise de *network* usando o algoritmo *Infomap Bioregions* sob diferentes valores de *cluster cost*. (a) e (b) dividiram a região do Novo Mundo em mais *clusters*, enquanto (c) e (d) diminuíram o número de *clusters* recuperados.34
- Figura 4.** Biorregiões do Novo Mundo baseadas em uma análise de rede bipartida de 1.147 espécies de moluscos límnicos.35
- Figura 5.** Avaliação discente quanto ao (a) interesse por conteúdos relacionados à Biogeografia e Ecologia, (b) importância do componente curricular ‘Biogeografia’ no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Piauí – *Campus* Uruçuí e (c) aptidão para ministrar conteúdos de Biogeografia durante a carreira docente.43
- Figura 6.** *Wordcloud* com as palavras mais frequentes citadas pelos discentes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFPI – *Campus* Uruçuí quanto a aptidão para ministrarem conteúdo de Biogeografia durante sua carreira profissional. A frequência de citação pelos participantes está representada através do tamanho da fonte e por uma escala de cor em gradiente: azul (baixo número de citações) – amarelo (alto número de citações).44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Estatística descritiva para as 8 biorregiões do Novo Mundo baseadas na distribuição de moluscos límnicos (Figura 3), indicando o número de recordes, riqueza absoluta de espécies, percentual endêmico (% endêmicas), o número de *grid cells* por biorregião e o histórico.38
- Tabela 2.** Biorregiões do Novo Mundo geradas através da análise de *network* com o *Infomap Bioregions*, indicando as espécies mais comuns e as espécies mais indicativas por biorregião, bem como a família da espécie mais comum (FEC) e a família da espécie mais indicativa (FEI). Para biorregiões com várias espécies indicativas com *scores* idênticos, foi descrita a espécie com maior número de ocorrências.....39
- Tabela 3.** Percentual (%) referente ao número de acertos por assertiva entre os grupos amostrais. As assertivas podem ser verificadas no apêndice.40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

βsim	Beta Simpson
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
GBIF	<i>Global Biodiversity Information Facility</i>
IES	Instituição de Ensino Superior
IFPI	Instituto Federal do Piauí
ITIS	<i>Integrated Taxonomic Information System</i>
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
PPC	Projeto Pedagógico de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 BIORREGIONALIZAÇÃO	15
2.2 BIOGEOGRAFIA DO NOVO MUNDO	18
2.3 MOLUSCOS LÍMNICOS DO NOVO MUNDO	19
2.4 CURRÍCULO E DESAFIOS PARA O ENSINO DE BIOGEOGRAFIA	21
3 OBJETIVOS	25
3.1 OBJETIVO GERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO	26
4.1.1 Seleção de espécies e dados de ocorrência	26
4.1.2 Biorregionalização	28
4.1.3 Riqueza de espécies e endemismo	29
4.2 IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE BIOGEOGRAFIA	30
4.2.1 Universo amostral e procedimentos de coleta de dados	30
4.2.2 Análise estatística	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO	32
5.2 IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE BIOGEOGRAFIA	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE – ASSERTIVAS UTILIZADAS NO FORMULÁRIO APLICADO ATRAVÉS DO GOOGLE FORMS	58

1 INTRODUÇÃO

Os ambientes aquáticos são considerados os mais vulneráveis entre os ecossistemas (COLLEN *et al.*, 2014). Nestes ambientes, grupos essenciais à dinâmica ecológica sofrem com alterações do hábitat devido à recorrente exploração dos recursos naturais, introdução de espécies exóticas, turismo, comércio, modificação natural dos ecossistemas, poluição, entre outras ameaças (COWIE *et al.*, 2017; BÖHM *et al.*, 2020).

Moluscos límnicos possuem alta diversidade biológica em ecossistemas dulcícolas (BOGAN, 2008; STRONG *et al.*, 2008). Apesar da necessidade de medidas que visem à conservação biológica devido ao grau de vulnerabilidade e serviços ecossistêmicos oferecidos, alguns fatores causam barreiras nos estudos e alvos conservacionistas malacológicos. O baixo número de dados disponíveis em plataformas *on-line*, como por exemplo na *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) e no *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), foi considerado um desafio-chave para a conservação destes invertebrados (COWIE *et al.*, 2017). Devido à ausência de dados em repositórios, o número de espécies de moluscos límnicos classificadas na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN está subestimado (COWIE *et al.*, 2017).

Na América do Norte, há um volume maior de estudos que investigam e inventariam a diversidade de moluscos límnicos, especialmente bivalves (JOHNSON *et al.*, 2013; WILLIAMS *et al.*, 2017; CZAJA *et al.*, 2020; MARTIN *et al.*, 2020), enquanto na América do Sul, estudos e dados disponibilizados por Coleções Zoológicas são menos frequentes (PEREIRA *et al.*, 2014; SALVADOR *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020). O Brasil abrange uma grande biodiversidade de bivalves (LOPES-LIMA *et al.*, 2014), mas o reconhecimento de padrões de distribuição destes, ou mesmo do grupo como um todo, é escasso. Diante disso, a mensuração de estimativas de riqueza, endemismo e unidades biogeográficas e o posterior desenvolvimento de medidas para conservação ainda são considerados uma lacuna.

A Biogeografia é a ciência que estuda a distribuição dos organismos em uma escala de tempo e espaço (LOMOLINO; BROWN, 2006). A Biogeografia da Conservação é uma subárea que compreende a aplicação dos princípios biogeográficos para fins de conservação biológica (WHITTAKER *et al.*, 2005). Modelos de distribuição de espécies, caracterização da biota, processos de colonização e extinção, inventários,

mapeamento e processamento de dados são algumas das áreas mais proeminentes na biogeografia da conservação (RICHARDSON; WHITTAKER, 2010).

A classificação de biorregiões com base na biota tem sido considerada um mecanismo eficiente para a conservação, uma vez que prioriza entidades biogeográficas e não modelos focados em uma espécie específica (VILHENA; ANTONELLI, 2015). A identificação de áreas ricas e com alta taxa de endemismo garantem eficiência e maior aplicabilidade em ações conservacionistas.

Considerando a formação dos discentes de Licenciatura em Ciências Biológicas, conceitos de Biogeografia aliada à biogeografia da conservação são importantes para que o ensino destes conteúdos para próximas gerações seja eficaz (COSTA, 1998; LUZ, ARRA; OLIVEIRA, 2012; ANGHINONI; MURARA; DEON, 2020). Diante disso, a formação de professores e professoras de Biologia deve estimular estratégias pedagógicas para o processo de ensino-aprendizagem da distribuição dos seres vivos e potenciais efeitos causados pela expansão da sociedade humana.

Para desenvolver este trabalho, duas etapas distintas foram organizadas. Na primeira, foi realizada a descrição de unidades biogeográficas (biorregiões) ao longo do Novo Mundo utilizando-se de base de dados secundários sobre a distribuição de espécies de moluscos límnicos (gastrópodes e bivalves). O objetivo dessa etapa é descrever a regionalização do Novo Mundo destes organismos, cujos registros de ocorrência serão utilizados para identificar possíveis unidades biogeográficas, bem como indicar quais dessas unidades possuem maior número de ocorrências, endemismo e riqueza.

O objetivo da segunda etapa foi avaliar a eficácia da disciplina 'Ecologia I' no ensino-aprendizagem de noções básicas de Biogeografia para os discentes do curso de Ciências Biológicas do Instituto Federal do Piauí – *Campus* Uruçuí (IFPI – Uruçuí), cuja disciplina 'Biogeografia' não é incluída no Projeto Pedagógico do Curso (PPC). No entanto, a ementa da disciplina 'Ecologia I' possui tópicos de ecologia de comunidades, metapopulações e biogeografia de ilhas, sendo uma oportunidade para os discentes terem contato com tal conteúdo. O conhecimento teórico sobre a distribuição dos organismos através do espaço e do tempo são fundamentais para o perfil do licenciado em Ciências Biológicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BIORREGIONALIZAÇÃO

A regionalização biogeográfica – delimitação de regiões baseadas na biota existente – tem sido sugerida para destacar padrões de distribuição na Macroecologia e Biogeografia (KREFT; JETZ, 2010; VILHENA; ANTONELLI, 2015; FERRARI, 2018). O estabelecimento de regiões biogeográficas, ou ‘biorregiões’, teve um papel fundamental em compreender como a distribuição das formas de vida acontece em uma escala espaço-temporal e é amplamente utilizado em diversos táxons (CLARK *et al.*, 2017; COSTELLO *et al.*, 2017; DROISSART *et al.*, 2018; KOCSIS; REDDIN; KIESSLING, 2018b; COLLI-SILVA; VASCONCELOS; PIRANI, 2019; LEROY *et al.*, 2019; YUSEFI; SAFI; BRITO, 2019; FONTENELLE *et al.*, 2021). O crescente interesse em investigar como a biota está distribuída em diferentes escalas ambientais têm origem nos naturalistas que dedicaram seus estudos à categorização das fronteiras do mundo (VON HUMBOLDT; BONPLAND, 1807; WALLACE, 1876).

Modelos biogeográficos baseados somente em opiniões de especialistas e sem evidências quantitativas levam à falta de transparência e dificuldade na utilização de *frameworks* globais para aplicação em *táxons* variados (KREFT; JETZ, 2010). Para evitar esse problema, análises quantitativas vêm sendo desenvolvidas visando reconhecimento de biorregiões (ROSVALL; BERGSTROM, 2008; EDLER *et al.*, 2016; DARU; KARUNARATHNE; SCHLIEP, 2020; MAESTRI; DUARTE, 2020). Dentre os métodos existentes, a utilização de análises de *cluster* é recorrente em estudos biogeográficos (DROISSART *et al.*, 2018; COLLI-SILVA, VASCONCELOS; PIRANI, 2019; YUSEFI; SAFI; BRITO, 2019) e para sua classificação, duas abordagens principais são amplamente utilizadas: índices de similaridade e análise de *network*. Independente da forma escolhida, ambas utilizam dados referentes à distribuição dos organismos (registros de ocorrência ou áreas de distribuição), mas diferem substancialmente nas biorregiões recuperadas.

Os índices de similaridade mais utilizados em análises de *clusters* são Jaccard, Sorensen e Beta Simpson (β_{sim}). Cada índice se adequa melhor a um determinado objetivo e procedimento metodológico devido à forma como priorizam os dados biológicos contidos no conjunto final (DAPPORTO *et al.*, 2013). Devido a isso, alguns estudos utilizam mais de um índice, comparando os resultados encontrados (BARROSO; LOTUFO; MATTHEWS-CASCON, 2016). No entanto, apesar da ampla utilização, recentemente a eficácia de métricas de β -similaridade para a classificação de biorregiões vem sendo questionada em regionalizações de escala continental

(VILHENA; ANTONELLI, 2015; BLOOMFIELD; KNERR; ENCINAS-VISO, 2018). Em um estudo de plantas australianas (*Acacia* e *Eucalyptus*), foi detectada uma menor sensibilidade no reconhecimento de biorregiões pelo método de β sim (BLOOMFIELD; KNERR; ENCINAS-VISO, 2018). Os resultados reportados pelos autores foram congruentes com o trabalho de Vilhena e Antonelli (2015), que estimula a utilização de análises de *network* em estudos com escopo biogeográfico.

O *map equation* e o *Infomap Bioregions* são alguns dos métodos de análise de *network* mais utilizados. O algoritmo *map equation* foi originalmente descrito por Rosvall e Bergstrom (2008) e implementado por Edler *et al.* (2017) na construção do *Infomap Bioregions* (www.mapequation.org/bioregions/). Ambos consistem em um *framework* simples e prático em que é fornecido um conjunto de dados baseados em registros de ocorrências de espécies em unidades geográficas. Ao final, o algoritmo gera uma rede bipartida, em que cada *link* representa a relação entre dois nós (espécies e unidades geográficas). Neste caso, cada *link* representa a ocorrência de uma espécie em uma unidade geográfica. Por outro lado, muitos estudos utilizam *grid-cells* (sistema bidimensional que apresenta mesma extensão em latitude e longitude) como unidades geográficas (HAZZI *et al.*, 2018; HIPPEL *et al.*, 2018; ZIZKA *et al.*, 2018; MAESTRI; UPHAM; PATTERSON, 2019; FIGUEROA; SMITH, 2021; RIVERA *et al.*, 2021). Recentemente, um estudo utilizou bacias hidrográficas como unidades geográficas para a regionalização de peixes dulcícolas (LEROY *et al.*, 2019).

Apesar dos distintos métodos disponíveis e das controvérsias que existem acerca da utilização destes, são necessárias etapas metodológicas que não levem em consideração somente a aplicação de métodos quantitativos, mas também a expertise de especialistas e regionalizações previamente publicadas. Um protocolo para a designação de áreas biogeográficas publicado recentemente consiste em sete etapas: (1) definir a área de estudo, (2) agrupar dados de distribuição, (3) identificar áreas naturais, (4) investigar relações entre as áreas naturais, (5) definir áreas de transição, (6) regionalização e (7) nomenclatura da área de estudo (MORRONE, 2018). A aplicação deste protocolo garante comunicação mais efetiva entre biogeógrafos, evolucionistas, sistematistas e demais pesquisadores que estudam a biodiversidade. Além disso, o trabalho de Morrone (2018) sumariza alguns dos principais métodos para trabalhos biogeográficos, o que proporciona a adequação do método que será mais eficiente diante da complexidade da base de dados e os objetivos da biorregionalização.

2.2 BIOGEOGRAFIA DO NOVO MUNDO

O Novo Mundo corresponde ao agrupamento de porções de terra situadas no Neártico (América do Norte) e Neotrópico (América Central e América do Sul). A classificação do Novo e Velho Mundo consiste no reconhecimento da diferença da biota entre essas regiões (LEROY *et al.*, 2019). Para peixes de água doce, a hierarquia biogeográfica considera a fauna dividida em Novo e Velho Mundo, antes de serem classificadas em Neártico e Neotrópico (Leroy *et al.* 2019).

O reconhecimento das fronteiras geográficas do mundo impulsionou diversos pesquisadores durante os dois últimos séculos. Uma das primeiras regionalizações foi proposta por Wallace (1876), que dividia o mundo em seis regiões: Australásia, Etiópico, Neártico, Neotrópico, Paleártico e Oriental. A regionalização de Wallace foi elaborada com base em estudos anteriores que utilizavam aves como táxon específico (SCLATER, 1858). Wallace estendeu sua proposta biogeográfica para incluir outros grupos de vertebrados, detectando sub-regiões transitórias. Uma característica importante da regionalização biogeográfica diz respeito ao sistema de hierarquia na classificação. Atualmente, são considerados existentes três reinos e nove regiões: Holártico (Neártico e Paleártico), Holotrópico (Etiópico, Neotrópico e Oriental) e Austral (Andes, Antártico, Australiano e Cape) (MORRONE, 2015).

Morrone (2014) descreve a biorregionalização do Neotrópico, classificando-o de forma hierárquica em sub-regiões, domínios, províncias e distritos. Assim como a maioria dos estudos, essa regionalização é baseada na distribuição de plantas e animais terrestres. O Neotrópico é constituído por três regiões (*Antillean*, *Brazilian* e *Chacoan*), duas zonas de transição (*Mexican* e *South American*), sete domínios (*Mesoamerican*, *Pacific*, *Boreal Brazilian*, *Southwestern Amazonian*, *Southeastern Amazonian*, *Chacoan* e *Parana*) e 53 províncias (MORRONE, 2014). A nomenclatura apresentada está de acordo com a língua original da publicação do estudo para evitar equívocos de tradução.

No Neártico, estudos biogeográficos utilizam, principalmente, mamíferos como modelo biológico devido às relações filogenéticas serem bem conhecidas e maior documentação das áreas de distribuição quando comparados com outros *táxons* (invertebrados terrestres e aquáticos) (ESCALANTE *et al.*, 2010; MORRONE, 2015). Foram reconhecidas seis sub-regiões (*Canadian*, *Alleghanian* e *Californian Rocky Mountain*, *Pacific Central America*, *Mexican Gulf-Central America* e *Central America*),

dois domínios (*Californian* e *Rocky Mountain*) e 23 províncias (ESCALANTE; MORRONE; RODRÍGUEZ-TAPIA, 2013).

Existem variações às sub-regiões anteriormente citadas conforme os modelos biológicos e métodos empregados são modificados. No Novo Mundo, estudos recentes têm proposto biorregiões com base na distribuição de plantas (ZIZKA *et al.*, 2018; COLLI-SILVA; PIRANI, 2020; FIGUEROA; SMITH, 2021), aves (HAZZI *et al.*, 2018), mamíferos (LOUREIRO; ENGSTROM; LIM, 2021) e peixes (FONTENELLE *et al.*, 2021). No entanto, grupos que desempenham importantes serviços ecossistêmicos em ambientes aquáticos como os moluscos límnicos permanecem com lacuna no conhecimento quanto aos padrões de distribuição, riqueza e endemismo.

2.3 MOLUSCOS LÍMNICOS DO NOVO MUNDO

Mollusca é o segundo maior filo do reino Metazoa, ficando atrás somente de Arthropoda no número de espécies descritas (GIRIBET; EDGECOMBE, 2020). Os oito grandes grupos de moluscos são Bivalvia, Caudofoveata, Cephalopoda, Gastropoda, Monoplacophora, Polyplacophora, Scaphopoda e Solenogastres. Destes, apenas as classes Bivalvia e Gastropoda adaptaram-se à vida além dos ambientes marinhos. Bivalves e gastrópodes límnicos correspondem a um dos mais diversos grupos animais em ecossistemas de água doce (BOGAN, 2008; STRONG *et al.*, 2008). A grande diversidade desse táxon é refletida em características morfológicas, ecológicas e evolutivas únicas.

Atualmente, existem cerca de 958 espécies de bivalves classificadas em 192 gêneros (GRAF; CUMMINGS, 2021). A ordem Unioniformes é conhecida por conter as principais famílias de bivalves dulcícolas, com um grande número de espécies descritas (BOGAN, 2008). Bivalves unioniformes são amplamente conhecidos pelo ciclo parasitário obrigatório durante seu estágio larval em estruturas internas de peixes (BOGAN; ROE, 2008). Ecologicamente, bivalves fornecem diversas funções ambientais, participando ativamente da cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos (VAUGHN, 2018). Algumas dessas funções incluem reciclagem de nutrientes e purificação da água (biofiltração) (MAGNI *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2021), fonte de comida para outros animais (VAUGHN; NICHOLS; SPOONER, 2008) e podem ser utilizados como bioindicadores em estudos ambientais (OLIVEIRA *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2019).

No Novo Mundo, o Neártico abrange a maior riqueza biológica de espécies de

bivalves, sendo Unionidae a família mais representativa (WILLIAMS *et al.*, 1993; GRAF; CUMMINGS, 2007; LOPES-LIMA *et al.*, 2017). Estimativas de diversidade, abundância e riqueza permanecem escassas no Neotrópico (PEREIRA *et al.*, 2014). A baixa disponibilidade de dados prejudica o conhecimento da fauna atual de moluscos límnicos em ambientes da América Tropical, evidenciando um hiato taxonômico, bem como problemas na elaboração e aplicação de medidas de conservação biológica. As famílias mais abundantes no Neotrópico são Hyriidae, Mycetopodidae e Sphaeriidae (PEREIRA *et al.*, 2014). O Brasil corresponde ao país com maior número de espécies reportadas na literatura científica (117), seguido pela Argentina (60) e Uruguay (46) (PEREIRA *et al.*, 2014).

Quanto aos gastrópodes, aproximadamente 4 mil espécies válidas são descritas para ambientes de água doce (STRONG *et al.*, 2008). A maioria são herbívoras, alimentando-se de filmes bacterianos, algas, diatomáceas e macrófitas aquáticas. No entanto, algumas famílias como Buccinidae, Marginellidae e Glacidorbidae (somente Glacidorbidae é inteiramente composta por espécies dulcícolas) são predadoras; Viviparidae e Bithyniidae são parcialmente suspensívoras; e Ampullariidae é macroherbívora, mas também conhecida por se alimentar de briozoários e ovos de Planorbidae (STRONG *et al.*, 2008). Devido aos diversos eventos de colonização do ambiente dulcícola, algumas famílias não são exclusivamente de água doce. Neritidae, Assimineidae, Hydrobiidae e Stenothyridae são exemplos de famílias com gêneros isolados que invadiram os ambientes de água doce (LYDEARD; CUMMINGS, 2019).

Assim como bivalves, gastrópodes límnicos também têm papéis ecológicos variados, e são uma importante fonte de alimentos para outros animais (GORDON; WILDING; ALDRIDGE, 2016). Caramujos de água doce apresentam diversos comportamentos e mecanismos fisiológicos para escaparem de predadores, refletindo alta plasticidade fenotípica e adaptabilidade (GOEPPNER *et al.*, 2020; HAYASHI; SUGIURA, 2020; LEVRI *et al.*, 2020). Sanitariamente, atuam como vetores de doenças parasitárias entre populações humanas (PINTO *et al.*, 2016) e são ótimos bioindicadores ambientais (AKINDELE; EHLERS; KOOP, 2019).

No Novo Mundo, o Neártico até o momento compreende a maior riqueza de espécies de gastrópodes límnicos conhecidas (cerca de 585 espécies descritas para a região) seguido pelo Neotrópico (estimativas variam entre 440-553 espécies) (STRONG *et al.*, 2008). Hydrobiidae, Lithoglyphidae, Pleuroceridae e Lymnaeidae são

algumas das famílias mais ricas no Neártico, enquanto Ampullariidae, Pachychilidae e Thiaridae apresentam maior riqueza no Neotrópico (STRONG *et al.*, 2008). Além destas, as famílias Cochliopidae, Physidae e Planorbidae são amplamente distribuídas por todo o Novo Mundo. Algumas famílias apresentam distribuição restrita. Por exemplo, Valvatidae e Viviparidae ocorrem naturalmente apenas na América do Norte e na América Central (LYDEARD; CUMMINGS, 2019). Tantulidae ocorre exclusivamente na América Central, enquanto Acroloxidae, Amnicolidae, Bithyniidae, Pleuroceridae e Semisulcospiridae ocorrem apenas na América do Norte, Bulinidae, Chilinae, Glacidorbidae e Tateidae estão restritas a América do Sul (LYDEARD; CUMMINGS, 2019). Assim como para bivalves, o Neotrópico possui hiatos taxonômicos, filogenéticos e biogeográficos relacionados a gastrópodes dulcícolas.

Moluscos límnicos estão geralmente classificados como ameaçados de extinção (RÉGNIER; FONTAINE; BOUCHET, 2009; RÉGNIER *et al.*, 2015). A fauna de bivalves límnicos do continente norte americano, por exemplo, tem sofrido altas taxas de extinção por perda de hábitat, deterioração e fragmentação ambiental (HAAG; WILLIAMS, 2014). Gastrópodes também estão suscetíveis à alta taxa de extinção. Alguns dos fatores que ameaçam a biodiversidade deste grupo correspondem à invasão de espécies exóticas, alterações hidrológicas, impactos agrícolas e perda de hábitat (BAE; PARK, 2020; NARR; KRIST, 2020). No *status* de conservação em nível global das espécies de moluscos límnicos, de acordo com a classificação da Lista Vermelha, observa-se um maior número de espécies de gastrópodes do Neártico ameaçadas de extinção, sobretudo daquelas que habitam ambientes lóticos (BÖHM *et al.*, 2020).

Apesar de suas características ecológicas, moluscos límnicos sofrem grandes ameaças quanto à sua biodiversidade. A falta de estudos em determinadas regiões do globo, como o Neotrópico, neste caso, dificulta ainda mais a investigação de padrões populacionais, genômicos, biogeográficos e ecológicos a serem aplicados na conservação biológica destes animais. Por isso, é necessário que estratégias para investigação e sensibilização sejam desenvolvidas, visando assim à conservação de moluscos límnicos.

2.4 CURRÍCULO E DESAFIOS PARA O ENSINO DE BIOGEOGRAFIA

O currículo corresponde ao agrupamento de conhecimentos, competências,

experiências e habilidades que visam formar profissionais competentes e dignos de cidadania, baseando-se num contexto histórico, político e social (MASETTO, 2011). Diversos questionamentos são amplamente difundidos entre as teorias do currículo: “O que ensinar? Como ensinar? Como a carga horária será dividida entre as disciplinas? Para que sujeitos ensinar (no sentido de que tipo de sujeito queremos formar)? [...]” (FERRARO, 2009, p. 01). Assim, o currículo é configurado como uma construção social (SILVA, 2005), pois adequa-se de acordo com os marcos históricos e sociais de cada época e atua representando as concepções da classe dominante.

Atualmente, no Brasil, os documentos curriculares são unificados em todas as etapas da Educação Básica na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A BNCC constitui uma padronização sobre “o que deve ser ensinado, aprendido e avaliado ao término de cada ano de escolarização” (AZEVEDO; BORBA; SELLES, 2020, p. 46). O documento é organizado em competências gerais, competências específicas, unidades temáticas, objetos do conhecimento e habilidades (BRASIL, 2017a).

Nos anos finais do Ensino Fundamental, as unidades temáticas ‘Vida e Evolução’ e ‘Terra e Universo’ apresentam amplo espaço para a inserção do conhecimento biogeográfico (BRASIL, 2017a). No 6º ano, a unidade temática ‘Terra e Universo’ apresenta a habilidade EF06CI12: “Identificar diferentes tipos de rocha, relacionando a formação de fósseis a rochas sedimentares em diferentes períodos geológicos (BRASIL, 2017a, p. 347)”.

No 7º ano, as unidades temáticas ‘Vida e Evolução’ e ‘Terra e Universo’ apresentam habilidades cuja Biogeografia pode ser utilizada como ferramenta essencial para aprendizagem e desenvolvimento cognitivo. A habilidade EF07CI07 busca caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à composição paisagística e demais características ambientais, correlacionando tais características com a biota existente localmente.

(EF07CI07) Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características à flora e fauna específicas (BRASIL, 2017a, p. 349).

A habilidade EF07CI08 busca avaliar como impactos causados por catástrofes naturais ou alterações nos componentes físicos, biológicos e sociais de um

ecossistema afetam suas populações.

(EF07CI08) Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alteração de hábitos, migração etc (BRASIL, 2017a, p. 349).

Por fim, o 7º ano ainda compreende a habilidade EF07CI16: “Justificar o formato das costas brasileira e africana com base na teoria da deriva dos continentes (BRASIL, 2017a, p. 349)”. Entre os anos finais da Ensino Fundamental, o 7º apresenta uma ampla disposição de habilidades que permitem inserir a Biogeografia como ferramenta de ensino.

Para o 9º ano, a unidade temática ‘Vida e Evolução’ possui como objetos de conhecimento a hereditariedade, ideias evolucionistas e preservação da biodiversidade. A habilidade EF09CI12 aborda a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional. Nesse aspecto, a conservação de espécies com importância ecológica, como moluscos límnicos, pode ser apresentada através do esforço da biogeografia da conservação.

(EF09CI12) Justificar a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional, considerando os diferentes tipos de unidades (parques, reservas e florestas nacionais), as populações humanas e as atividades a eles relacionados (BRASIL, 2017a, p. 353).

Por fim, a habilidade EF09CI13 objetiva propor iniciativas de conservação para a solução de problemas ambientais em nível local.

(EF09CI13) Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas (BRASIL, 2017a, p. 353).

Recentemente, o sistema brasileiro propôs uma reforma para o Ensino Médio regulamentada pela Lei n. 13.415/2017 (BRASIL, 2017b). Com isso, os estudantes poderão escolher em qual eixo do conhecimento querem se aprofundar: Linguagens

e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e Formação Técnica e Profissional.

Em sua segunda competência específica para Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC aborda tópicos que podem ser discutidos através da Biogeografia:

“Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis” (BRASIL, 2017a, p. 556).

Apesar de generalista, a habilidade EM13CNT201 permite aplicação teórica de conceitos em Biogeografia que foram aceitos anteriormente em conformidade com o tempo presente. Compreender o crescimento e formalização histórica de um campo do conhecimento pode trazer enriquecimento ao itinerário formativo discente, pois apresenta em uma escala temporal linear e atribui criticidade ao apresentar o raciocínio pelo qual os ideais antigos foram se tornando ultrapassados.

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente (BRASIL, 2017a, p. 559).

As habilidades EM13CNT202 e EM13CNT203 incluem, por outro lado, um aspecto mais prático devido ao interesse na análise da manifestação da vida em seus diferentes níveis organizacionais e avaliação de efeitos de intervenções nos ecossistemas, respectivamente.

(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BRASIL, 2017a, p. 559).

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e

seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BRASIL, 2017a, p. 559).

O PPC de Licenciatura em Ciências Biológicas não inclui formalmente a disciplina 'Biogeografia'. No entanto, alguns tópicos referentes à biogeografia de ilhas são mencionados na ementa da disciplina 'Ecologia I' (IFPI, 2015). A ausência formal dessa disciplina não prejudica o desenvolvimento das competências específicas, unidades temáticas e das habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias contida na BNCC. Contudo, caso estivesse presente, 'Biogeografia' contribuiria para a formação de profissionais com um itinerário formativo diversificado, podendo assim utilizar um maior número de estratégias pedagógicas para explorarem em sala de aula.

A implementação da BNCC e do novo Ensino Médio implica na urgente necessidade de novas estratégias de ensino pelos profissionais docentes (PIFFERO *et al.*, 2020). Conteúdos vagamente contextualizados com a realidade discente podem se tornar abstratos e de difícil compreensão, não promovendo interesse e motivação dos alunos na aprendizagem (MESQUITA *et al.*, 2019). Naturalmente, a utilização de estratégias de ensino na Biogeografia deve ser regida de intencionalidade, considerando as limitações enfrentadas. Os futuros licenciados em Ciências Biológicas devem compreender a complexidade dos conteúdos e possuir um itinerário formativo que garanta competência e habilidades para superar o aspecto abstrato retratado em alguns materiais didáticos que podem ser adotados pelas IES.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Descrever a regionalização do Novo Mundo com base em dados de ocorrência de moluscos límnicos, bem como investigar a eficácia da disciplina 'Ecologia I' na aprendizagem de noções básicas de Biogeografia pelos discentes do curso de Ciências Biológicas do Instituto Federal do Piauí – *Campus Uruaú*.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar biorregiões com base em registros de ocorrência de moluscos límnicos para o Novo Mundo;
- Avaliar taxas de endemismo e riqueza para as biorregiões recuperadas, indicando aquelas com maior potencial para conservação biológica;
- Analisar o conhecimento e percepções de graduandos do curso de Ciências Biológicas acerca do processo de ensino-aprendizagem na disciplina 'Ecologia I'.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO

4.1.1 Seleção de espécies e dados de ocorrência

Uma lista com 36 famílias de moluscos límnicos reportadas para o Novo Mundo foi elaborada, utilizando dados disponíveis em Bogan (2008) e Strong *et al.* (2008), que investigaram a diversidade mundial de bivalves e gastrópodes, respectivamente. Além disso, informações complementares contidas em Böhm *et al.* (2020) foram atribuídas ao conjunto final de dados.

Dados de ocorrência das espécies foram recuperados através do *Global Biological Information Facility* (GBIF, <http://www.gbif.org/>) usando o pacote “*rgbif*” (CHAMBERLAIN *et al.*, 2020) do programa R versão 4.0.5 (R CORE TEAM, 2020) em janeiro de 2021. Visando processamento e limpeza inicial dos dados, apenas ocorrências associadas com informações válidas e completas sobre as coordenadas geográfica foram retidas.

Para garantir a qualidade do conjunto de dados final, os registros de ocorrências foram submetidos a uma sequência padronizada de passos visando remoção de ocorrências duvidosas. Todos os procedimentos estão sumarizados na Figura 1. Inicialmente, a etapa de metadados foi aplicada, onde buscou-se filtrar registros de ocorrências com base nas informações fornecidas pelo próprio GBIF. Foram removidos registros com baixa precisão no sistema de coordenadas, registros de subespécies, registros a nível de gênero, registros localizados em ilhas oceânicas (Havaí) e registros erroneamente localizados em regiões com longitude superior a -30 W.

Sequentemente à etapa de limpeza geográfica, foi aplicada a função “*clean_coordinates*” do pacote “*CoordinateCleaner*” (ZIZKA *et al.*, 2019). Nesta etapa,

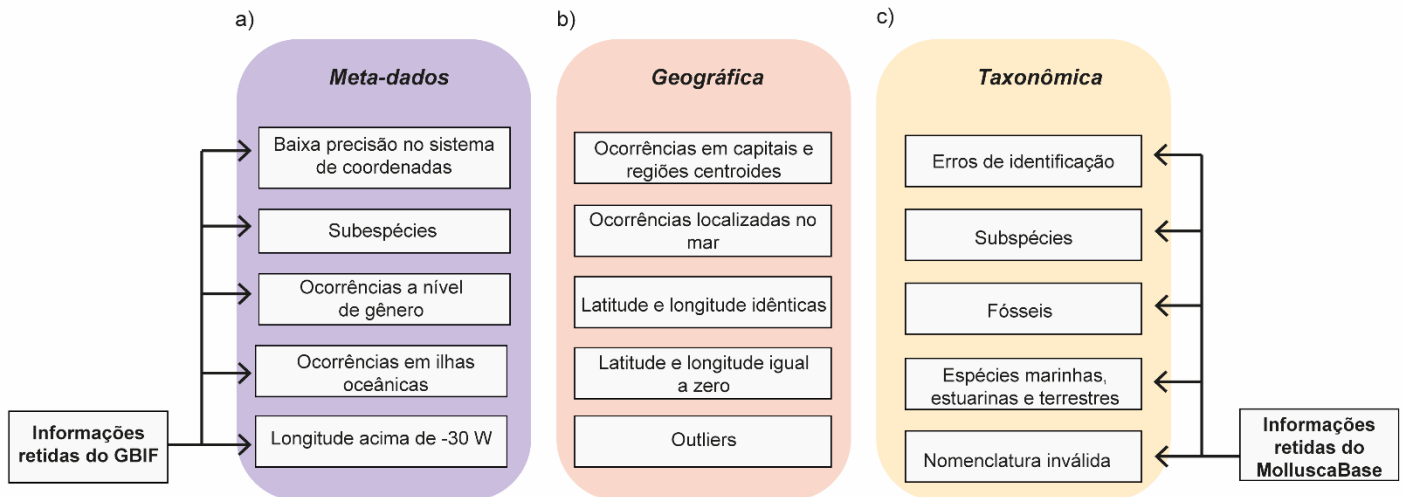
priorizou-se detectar recordes com coordenadas inválidas próximas a capitais e regiões centroides, recordes com latitude e longitude idênticas, *outliers*, recordes erroneamente localizados no mar e registros com longitude e/ou latitude igual a zero. Registros de ocorrência próximos a capitais e áreas centroides apresentam vaga descrição sobre o local de coleta, além de muitos corresponderem a localidades com vieses de coleta devido à facilidade no acesso. Recordes recuperados como *outliers* apresentam uma distribuição diferente do padrão encontrado ao longo do conjunto de dados para uma dada espécie, estando isolados dos demais.

Por fim, a etapa de validação taxonômica foi aplicada, na qual inicialmente foi criada uma lista com os respectivos nomes das espécies, buscando-se possíveis duplicatas e/ou erros de digitação. Por se tratar de um algoritmo computacional, a nomenclatura taxonômica deve ser precisamente verificada. Alguns caracteres como espaços a mais entre o nome do gênero e o epíteto específico, além de variações no padrão de identificação de cada espécie (e.g. '*Corbicula fluminea*' x '*Corbicula_fluminea*') podem prejudicar a identificação das espécies pelo *Infomap Bioregions*. Desta forma, devido ao uso exclusivo de um único repositório *on-line*, não foram verificados padrões variados na identificação nominal das espécies.

Para comparar as informações taxonômicas das espécies recuperadas no conjunto de dados obtidos no GBIF foi utilizada a ferramenta '*Match taxa*' do MolluscaBase (www.molluscabase.org/). A validação taxonômica é crucial em estudos biogeográficos, pois diferentes táxons sofrem com lacunas taxonômicas. Muitos grupos de invertebrados sofrem com alta taxa de sinonímia e outros problemas taxonômicos. Para evitar problemas com a acurácia do conjunto de dados final, buscou-se remover espécies que não apresentavam informações no MolluscaBase (indicando possíveis erros na identificação das espécies), subespécies, espécies marinhas, estuarinas e terrestres. Quanto ao *status*, apenas espécies com nomenclatura confirmada foram incluídas no conjunto de dados final, com nomes não aceitos sendo corrigidos para a nomenclatura válida de acordo com o MolluscaBase.

Além disso, espécies fósseis foram manualmente verificadas e removidas. Devido à existência em diferentes contextos geográficos e espaciais, as espécies fósseis não representam a atual condição ecológica que as demais espécies viventes. Diante disso, estas espécies podem alterar a forma como o *Infomap Bioregions* reconhece os *clusters* e, subsequentemente, as biorregiões. A remoção de espécies fósseis considerou apenas as informações contidas no MolluscaBase.

Figura 1. Visão geral do processamento dos registros de ocorrência de moluscos límnicos do Novo Mundo obtidos no *Global Biodiversity Facility Information* (GBIF), indicando procedimentos de limpeza baseados nas ordens (a) metadados, (b) geográfica e (c) taxonômica.



Fonte: Autores (2021)

4.1.2 Biorregionalização

Para delimitar as biorregiões, foi utilizada uma abordagem baseada em *network* (VILHENA; ANTONELLI, 2015). Essa abordagem utiliza uma rede bipartida para identificar as relações (nós) entre todas as espécies e unidades geográficas (neste caso, *grid-cells*). A estrutura da *network* é simplificada utilizando o algoritmo *map equation* (ROSVALL; BERGSTROM, 2008). O software interativo *Infomap Bioregions* disponível *on-line* foi utilizado para a classificação das biorregiões (EDLER *et al.*, 2016). Uma padronização foi realizada, admitindo que cada célula tivesse uma resolução de 1° (tamanho mínimo) x 4° (tamanho máximo), contendo pelo menos 10 registros de ocorrência por célula (capacidade mínima) e sendo dividida em até 1° quando contivesse mais de 100 registros (capacidade máxima). A resolução ótima foi considerada em um nível de 10 tentativas (número de vezes que o algoritmo buscará a melhor solução), que é o padrão da aplicação e utilizado em outras regionalizações.

O parâmetro *cluster cost* (ajuste do algoritmo para encontrar menos ou mais *clusters*), por outro lado, não apresenta uma padronização entre os estudos biogeográficos, pois varia em relação à estrutura do conjunto de dados. Quanto menor o *cluster cost*, mais *clusters* são reconhecidos. Inversamente, quanto maior o *cluster*

cost, menos *clusters* serão reportados. Este estudo analisará os valores de *cluster cost* de 1.0 (padrão da aplicação), 1.2, 1.4 e 1.6, buscando a melhor resolução adaptativa para o conjunto de dados.

Os resultados obtidos no *Infomap Bioregions* reportam, além dos *clusters*, informações sobre as espécies mais comuns e espécies mais indicativas de cada *cluster* (biorregião). Essas informações tornam possível analisar padrões de distribuição de espécies entre biorregiões, rastreando quais ocorrem com maior frequência ou até mesmo quais são endêmicas.

4.1.3 Riqueza de espécies e endemismo

Para criar mapas de riqueza por *grid cell* e biorregião foi utilizado o pacote '*speciesgeocodeR*' (TÖPEL *et al.*, 2016). Inicialmente, utilizou-se a função '*RichnessGrid*' com resolução padrão da *grid cell* com 1° x 1° para calcular a riqueza. Para classificar espécies em biorregiões utilizou-se a função '*SpGeoCod*' do mesmo pacote, que retornou uma matriz com registros de presença (1) e ausência (0) de cada espécie em todas as biorregiões, tornando possível quantificar o número de espécies que ocorrem em cada biorregião.

A análise de endemismo foi realizada utilizando o algoritmo proposto por Guerin, Ruokolainen e Lowe (2015), aplicando resolução da *grid cell* com 1° x 1° para gerar uma matriz de presença/ausência. Para o endemismo ponderado corrigido (CRISP *et al.*, 2001), realizou-se a divisão do índice de endemismo ponderado pelo número total de espécies que ocorrem em cada *grid cell*, buscando-se reduzir possíveis vieses nas estimativas de espécies generalistas e reduzir a correlação com a riqueza absoluta (GUERIN; RUOKOLAINEN; LOWE, 2015). Para quantificar o endemismo por biorregião utilizou-se a matriz gerada anteriormente pela função '*SpGeoCod*'.

A análise de endemismo ponderado considera a contagem de cada espécie em cada *grid cell*, dividindo-as pelo inverso de sua distribuição. Para obter um valor por *grid cell* é necessário somar os valores encontrados de todas as espécies presentes. No entanto, alguns estudos não indicam a utilização da métrica em certos casos devido à alta correlação com a riqueza de espécies (CRISP *et al.*, 2001). A análise de endemismo ponderado corrigido proposta por Crisp *et al.* (2001) difere da análise de endemismo ponderado devido à forma como lida com os recordes das espécies. A implementação na análise consistiu em dividir o índice de endemismo ponderado pelo

número total de espécies em cada célula. Assim, o endemismo ponderado corrigido calcula a proporção de espécies endêmicas em uma *grid cell*, abrangendo entre 0 a 1 (quanto mais próximo de 1, maior o número de espécies endêmicas).

Para a elaboração dos mapas plotados neste estudo foram utilizados os pacotes *ggplot2* (WICKHAM, 2016), *patchwork* (PEDERSEN, 2020), *raster* (HIJMAN, 2020), *rgdal* (BIVAND, KEITT; ROWLINGSON, 2021), *rnaturalearth* (SOUTH, 2017) e *sf* (PEBESMA, 2018).

4.2 IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE BIOGEOGRAFIA

4.2.1 Universo amostral e procedimentos de coleta de dados

Os sujeito-alvos desta etapa foram 36 discentes regularmente matriculados em 2021 no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFPI – *Campus Uruçuí*, dos quais 18 cursavam o semestre III, um o semestre V, 10 o semestre VII e sete o semestre IX. Percepções de discentes regularmente matriculados no semestre I não foram incluídas devido ao curto período que se fazem presentes na instituição, desencadeando baixo contato com as complexidades e pouco desenvolvimento do caráter formativo docente.

Os participantes do estudo foram divididos em dois grupos amostrais. O primeiro grupo (18 alunos) consistiu em estudantes que ainda não cursaram a disciplina ‘Ecologia I’ (semestre III), e o segundo grupo (18 alunos) compreendeu discentes que já cursaram e foram aprovados na referida disciplina (semestres V, VII e IX). Para alcançar o mesmo número amostral entre cada grupo, inicialmente o procedimento metodológico foi aplicado com estudantes do semestre III. Então, buscou-se equiparar o número de respondentes do segundo grupo através de aleatorização.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi apresentado aos discentes de forma digital, antes do início do preenchimento do formulário. Assim, aqueles que aceitaram participar da pesquisa, tiveram garantido o anonimato conforme as normas da Resolução 466/2012 (BRASIL, 2013), bem como assecuração de ausência de perguntas tendenciosas e/ou capazes de gerar possíveis desconforto/humilhação. Os participantes foram instruídos a lerem os objetivos da pesquisa antes de assinarem o TCLE, para compreenderem como a participação e compartilhamento de suas percepções contribuiriam para a realização desta etapa.

Os dados foram coletados em junho de 2021. O princípio de coleta de dados utilizado foi o questionário, aplicado por intermédio da plataforma *Google Forms*® e disseminado entre os estudantes através do *WhatsApp*®. O uso de ambas as plataformas, seja para criação ou disseminação do instrumento de coleta de dados da pesquisa, esteve relacionado com a expectativa em maior quantidade de formulários respondidos, bem como adequação devido à pandemia do SARS-COV-2 declarada no início de 2020. A utilização dos meios digitais ocorreu devido à viabilidade para aplicações de pesquisas científicas, uma vez que eles são utilizados com uma alta frequência durante o dia.

Dez assertivas representando conceitos teoricamente estudados em 'Ecologia I' foram apresentados, para qual os participantes deveriam indicar quais eles consideravam como assertiva verdadeira ou falsa (Apêndice). Em algumas assertivas, havia uma imagem baseada na etapa de regionalização do Novo Mundo com base na distribuição de moluscos límnicos reportadas na etapa anterior e nenhum método utilizado para o reconhecimento das biorregiões foi especificado. Além disso, os participantes foram indagados sobre como avaliam o interesse pessoal por conteúdos relacionados à Biogeografia e Ecologia em uma escala de 1 (sem interesse algum) a 10 (muito interesse).

Foi solicitado aos graduandos que informassem a importância da presença formal do componente curricular 'Biogeografia' no PPC, em uma escala de 1 (sem importância alguma) a 10 (muito importante). Foram também indagados sobre como se sentiam em ministrar conteúdos de Biogeografia durante sua carreira docente sem a presença formal do componente curricular 'Biogeografia' no PPC, em uma escala de 1 (muito despreparado) a 10 (muito preparado). Ao final do questionário, os participantes escreveram uma frase sobre como se sentem sobre ensinar Biogeografia durante sua jornada como profissional docente.

4.2.2 Análise estatística

Foi calculado o índice de acertos de cada discente (índice de acertos = número de acertos / número total de questões). A normalidade das variáveis foi testada *ad-hoc* através do teste de Shapiro-Wilk, enquanto para a homogeneidade das variâncias usou-se o teste de Levene. Foi utilizado o teste *t* de *Student* para comparação entre as médias dos dois grupos (cursaram e não cursaram), buscando avaliar se a

disciplina 'Ecologia I' possui eficácia no processo de ensino-aprendizagem de noções básicas de Biogeografia para os discentes do curso de Ciências Biológicas do IFPI – Campus Uruçuí.

Ao final, utilizou-se as percepções sobre a futura atuação docente e o ensino de Biogeografia para confecção de um *wordcloud* usando o pacote '*ggwordcloud*' (LE PENNEC; SLOWIKOWSKI, 2019). Todas as análises estatísticas consideraram um valor de $p < 0,05$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO

Foram obtidos 142.962 registros de ocorrência de 1.147 espécies de moluscos límnicos para o Novo Mundo. As estimativas de riqueza por *grid cell* indicaram altos níveis de espécies ocorrendo na região sudeste dos Estados Unidos, especialmente nos estados do Alabama, Georgia, Flórida e Tennessee (Figura 2a). A análise de endemismo ponderado recuperou apenas um centro de endemismo para o Novo Mundo, localizado entre os estados do Alabama, Georgia e Flórida (Figura 2b).

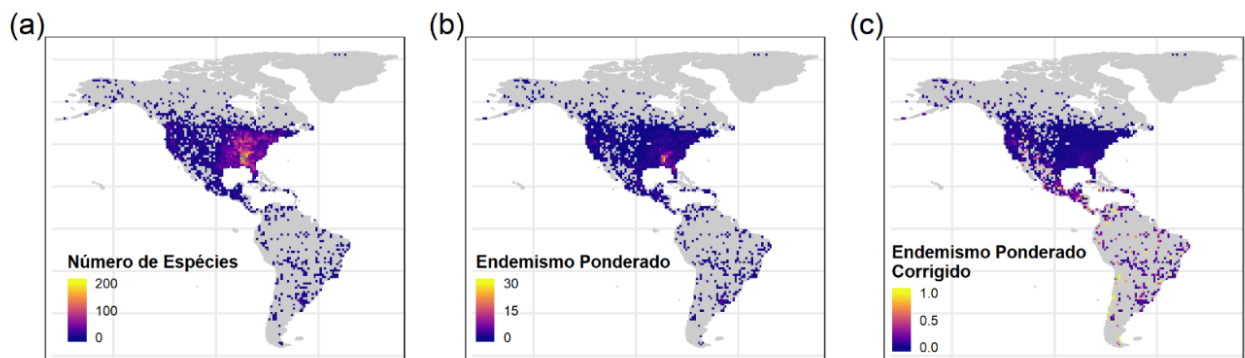
Os resultados apresentados são consistentes com duas áreas consideradas *hotspots* de biodiversidade para gastrópodes límnicos: (1) Flórida e (2) rios Tombigbee - Alabama da bacia hidrográfica Mobile Bay (STRONG *et al.*, 2008). Na Flórida são conhecidas cerca de 84 espécies, das quais 43 são endêmicas. Os rios Tombigdee – Alabama da Mobile Bay possuem um endemismo ainda maior, com cerca de 118 espécies conhecidas, sendo 110 dessas restritas à área.

Em contrapartida, as análises de riqueza e endemismo não reconheceram outras áreas historicamente reconhecidas como *hotspots* de biodiversidade no Novo Mundo: sudoeste dos Estados Unidos, bacia hidrográfica Cuatro Cienegas (México), Titicaca (Bolívia) e baixo rio Uruguay e Rio de la Plata (Argentina, Brasil e Uruguay) (HERSHLER, 1998; HERSHLER, 1999). Apesar de conter uma rica biodiversidade, a América do Sul ainda possui grandes lacunas referentes ao conhecimento sobre a distribuição de invertebrados aquáticos. Essa característica é evidente no volume da produção científica e pode justificar a ausência da identificação dessas áreas na análise tanto em riqueza de espécies como em centros de endemismo. Da mesma forma, a grande maioria dos registros presentes na América do Norte se concentraram na região sudeste e centro-oeste dos Estados Unidos. Essas áreas são amplamente

conhecidas por suas bacias hidrográficas e outras formações fisiogeográficas que podem favorecer o estudo dos moluscos presentes nos corpos hídricos.

No conjunto de dados utilizado neste estudo, riqueza de espécies e endemismo estavam escassamente relacionadas ($r^2_{\text{endemismo ponderado}} = -0,04$; $r^2_{\text{endemismo ponderado corrigido}} = -0,06$). Ambas as análises puderam fornecer informações no que diz respeito ao endemismo de moluscos límnicos no Novo Mundo. Apesar disso, o endemismo ponderado corrigido indicou centros de endemismo dispersos por toda a região do estudo, incluindo regiões com restrições amostrais como a América do Sul. Diante disso, a análise pode indicar *grid cells* com um alto nível de endemismo em regiões menos amostradas devido ao baixo conhecimento de espécies e de suas respectivas distribuições na área.

Figura 2. Riqueza de moluscos límnicos por *grid cell* (a), endemismo ponderado (b) e endemismo ponderado corrigido (c) após processamento e limpeza dos dados. Cada *grid cell* apresentou resolução de $1^\circ \times 1^\circ$. As análises basearam-se em 142.962 registros georeferenciados de 1.147 espécies de gastrópodes e bivalves.



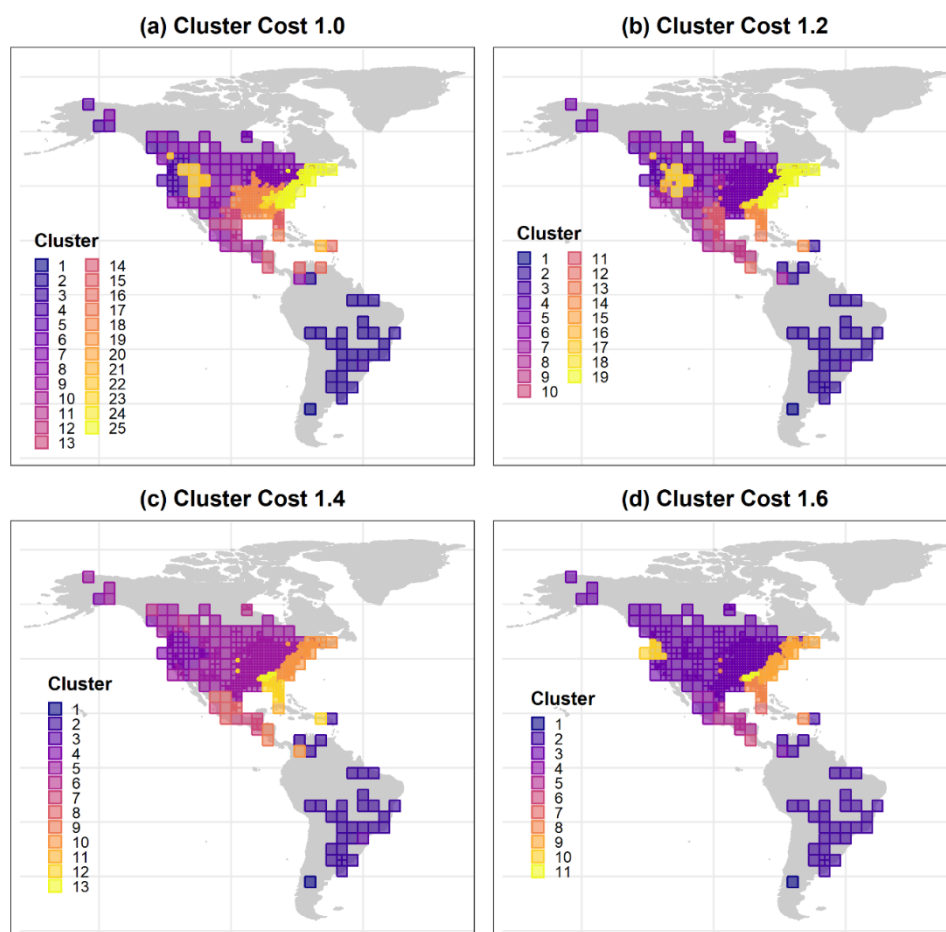
Fonte: Autores (2021)

A análise de *cluster* dividiu as *grid cells* em pelo menos onze *clusters* distintos. Como esperado, valores mais baixos do parâmetro *cluster cost* (1.0 e 1.2) retornaram um número maior de *clusters* (25 e 19, respectivamente; Figura 3ab), comparado a valores maiores do parâmetro (1.4 e 1.6, recuperando 13 e 11 *clusters* respectivamente) (Figura 3cd). Apesar do número distinto entre cada configuração, algumas biorregiões foram recuperadas em todos os valores de *cluster cost*. As regiões equivalentes ao estado da Flórida, a bacia do rio Tennessee, o nordeste dos Estados Unidos, o México, a América Central e a América do Sul estiveram presentes em todas as análises.

Algumas regiões como sudeste e sudoeste dos Estados Unidos apresentaram

padrões distintos no reconhecimento de *clusters* conforme aumentou-se o *cluster cost*. O primeiro padrão identificado (*cluster cost* 1.0 e *cluster cost* 1.2) dividia a região do sudoeste estadunidense em duas regiões distintas: uma na Costa Oeste do Pacífico e outra na porção de altitude conhecida como Rocky Mountains. O segundo e o terceiro padrão (*cluster cost* 1.4 e *cluster cost* 1.6, respectivamente) reconheceram apenas um *cluster* no sudoeste estadunidense. No entanto, houve uma variação na inserção destes. O segundo padrão compreendeu um único *cluster* que visualmente englobava a porção da Costa Oeste do Pacífico e Rocky Mountains, enquanto o terceiro padrão reconheceu apenas uma pequena porção da Costa Oeste do Pacífico. No sudeste estadunidense, dois padrões foram identificados, cujo primeiro deles (*cluster cost* 1.0) reconheceu a região sul como um *cluster* distinto, enquanto no segundo (*cluster costs* 1.2, 1.4 e 1.6) o sul estava agrupado com o centro-oeste.

Figura 3. Análise de *network* usando o algoritmo *Infomap Bioregions* sob diferentes valores de *cluster cost*. (a) e (b) dividiram a região do Novo Mundo em mais *clusters*, enquanto (c) e (d) diminuíram o número de *clusters* recuperados.

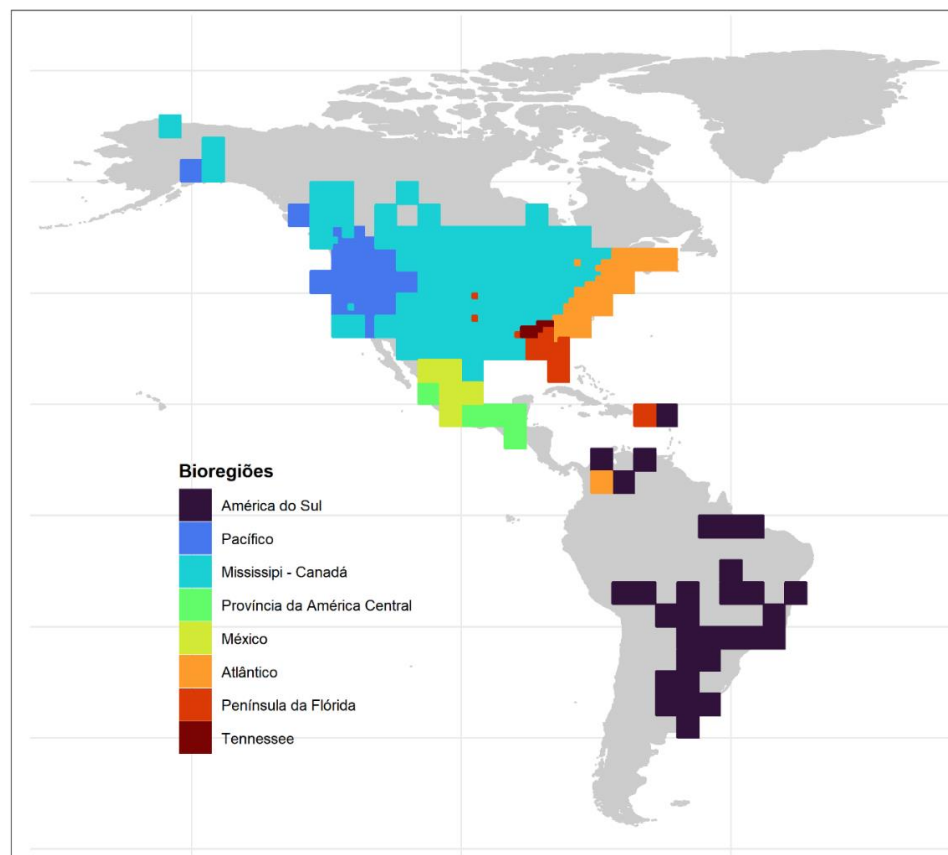


Fonte: Autores (2021)

Analisando o número de registros de ocorrência e número de espécies por *cluster* adotou-se o valor 1.4 para a regionalização com base nos dados de moluscos límnicos recuperados do GBIF. A escolha se deu devido a uma grande parcela dos *clusters* recuperados nos valores de 1.0 e 1.2 possuírem poucos registros de ocorrência e um baixo número de espécies. O *cluster cost* 1.6, por outro lado, não recuperou a extensão total do *cluster* referente a área da Costa Oeste do Pacífico, reportada como a sub-região do Pacífico com base na distribuição de bivalves límnicos (GRAF; CUMMINGS, 2021).

Uma lista final contendo oito biorregiões foi identificada para o Novo Mundo (Figura 4, Tabela 1). Devido à escassez de estudos sobre padrões biogeográficos de moluscos límnicos do Novo Mundo, algumas das biorregiões são reportadas aqui pela primeira vez. Alguns *clusters* foram congruentes com regiões previamente discutidas na literatura específica de moluscos límnicos e regionalização de outros grupos taxonômicos (ABELL *et al.*, 2008; MORRONE, 2014; GRAF; CUMMINGS, 2021).

Figura 4. Biorregiões do Novo Mundo baseadas em uma análise de rede bipartida de 1.147 espécies de moluscos límnicos.



Fonte: Autores (2021)

Um dos *clusters* obtidos na análise de *network* foi equivalente à ecoregião denominada de Península da Flórida (ABELL *et al.*, 2008). Essa biorregião teve como espécie mais comum *Elliptio jayensis* (Unionidae) e espécie mais indicativa *Notogillia wetherbyi* (Hydrobiidae) (o número de ocorrências e o *score* podem ser verificados na Tabela 2). A espécie *Elliptio jayensis* é conhecida por uma certa tolerância à salinidade (JOHNSON *et al.*, 2018), tal característica fisiológica é encontrada em espécies límnicas que possuem distribuição em zonas costeiras. A biorregião da Flórida está localizada na porção sudeste dos Estados Unidos e apresenta maior parte de sua área cercada pelo oceano Atlântico (Figura 4). A biorregião compreende as bacias de drenagem do Rio Perdido, bacia Mobile Bay, bacia Chattahoochee, bacia Flint, bacia Ocmulgee, bacia Oconee, bacia Ochlockonee, bacia Suwannee, bacia St. Marys, parte da bacia Altamaha e bacia Ogeechee. Além destas, todas as bacias hidrográficas da Flórida estão inseridas na biorregião (WILLIAMS; BUTLER; WISNIEWSKI, 2011).

Duas biorregiões reportadas foram identificadas com base no estudo de Graf e Cummings (2021) usando dados de distribuição de bivalves: Pacífico e Atlântico. Ambas as regiões não tiveram a mesma extensão geográfica original do trabalho previamente mencionado, porém são parcialmente congruentes. Originalmente, a região do Pacífico engloba a porção costeira do Canadá e o Alasca. O Atlântico abrange a porção costeira do Canadá até próximo à Groenlândia. Neste estudo, não houveram registros de ocorrência nesses locais. Algumas *grid cells* isoladas foram situadas no Alasca (Figura 4), indicando possibilidade de extensão do Pacífico ou ainda da biorregião Mississipi – Canadá. A região do Atlântico compreende as regiões hidrológicas de New England e Mid-Atlantic. O Pacífico abrangeu as regiões hidrológicas da Great Basin, Pacific Northwest e California. As espécies mais comuns foram *Venustaconcha ellipsiformis* e *Elliptio complanata*, enquanto as espécies mais indicativas foram *Vorticifex effusa* e *Elliptio fisheriana* para o Pacífico e Atlântico respectivamente. Populações do gênero *Elliptio* estão em declínio (FRANZEM *et al.*, 2019) e tanto a espécie mais comum quanto mais indicativa do Atlântico pertenceram a esse gênero.

O presente estudo limitou-se apenas à distribuição dos organismos e não investigou o *status* da conservação das espécies entre as biorregiões. Futuras abordagens podem investigar este aspecto para compreender melhor as relações entre as espécies, gêneros e famílias que estão situadas nas biorregiões aqui reportadas.

A análise de *network* também identificou uma grande região, aqui denominada de Mississippi – Canadá. O uso dessa nomenclatura baseou-se também no trabalho de Grafs e Cummings (2021). Originalmente, essa região foi apresentada pelos autores como duas sub-regiões distintas: Mississippi – Great Lakes e Interior do Canadá. Devido à grande abrangência do *cluster* recuperado, optou-se por unificar a nomenclatura prévia das duas regiões. A espécie mais comum foi *Pyganodon grandis*, assim como a espécie mais indicativa foi *Fusconaia ozarkensis*. Ambas as espécies são pertencentes à família Unionidae, que apresenta uma grande riqueza na América do Norte. Essa biorregião compreende as regiões hidrológicas conhecidas como Great Lakes, Ohio, Upper Mississippi, Lower Mississippi, Souris-Red-Rainy, Arkansas-White-Red, Texas-Gulf, Rio Grande, Upper Colorado e Lower Colorado.

A região do Tennessee foi identificada com base na bacia do Rio Tennessee, na qual o estudo de Abell *et al.* (2008) acerca das ecoregiões de água doce a nível global também auxiliou a classificação da área. Esta ecorregião abrangeu parcialmente os estados do Mississippi, Alabama, Georgia e uma pequena porção do noroeste da Carolina do Sul. A espécie mais comum foi *Elimia carinifera*, enquanto *Gyrotoma pumila* foi a espécie mais indicativa.

Duas biorregiões foram denominadas como México e Província da América Central. Uma *grid cell* da Província da América Central foi situada a oeste da região do México. Essa problemática, bem como o reconhecimento de uma curta área geográfica para a região da Província da América Central pode estar relacionada com o número de registros disponíveis após o processamento dos dados. Comparativamente, as biorregiões reportadas para os Estados Unidos e Canadá apresentaram um maior número de registros. Com isso, o aumento no conjunto de dados promove maior acurácia na inferência e reconhecimentos de *clusters* e consequentemente biorregiões. A espécie mais comum e mais indicativa da Província da América Central foi, respectivamente, *Pomacea flagellata* e *Pachychilus corvinus*. *Pachychilus suturalis* e *Pachychilus vallesensis* foram, simultaneamente, a espécie mais comum e mais indicativa do México.

Um dos *clusters* (aqui considerado como uma biorregião distinta denominada de América do Sul) foi tratado diferentemente dos demais, pois apresentava um número de registros relativamente baixo para a escala continental em que se inseriam. No entanto, apesar do baixo número de registros, um alto número de espécies endêmicas foi reportado na área (80,5%; Tabela 1). A baixa representatividade de

registros na região impossibilita determinar as relações da composição faunística visando diferenciar possíveis biorregiões dentro da América do Sul. A espécie mais comum (*Anodontites trapesialis*) e mais indicativa da biorregião (*Diplodon ellipticus*) pertencem às famílias Mycetopodidae e Hyriidae, respectivamente. As duas famílias supracitadas não obtiveram destaque com espécie comum ou indicativa em outras biorregiões, o que possivelmente indica uma diferença na composição taxonômica com as demais regiões. Esse resultado corrobora com os encontrados por Pereira *et al.* (2014), que encontraram Hyriidae e Mycetopodidae como as famílias mais representativas da América do Sul.

Graf e Cummings (2021) discorrem sobre a diversidade de bivalves da ordem Unionida em escala global. Para a América do Sul, eles distinguiram seis sub-regiões: Magdalena – Pacífico, Orinoco – Guianas, Amazônia, São Francisco – Atlântico, Paraná – Paraguai e Patagônia. Os resultados aqui reportados apresentam uma notável disparidade com essa classificação. Contudo, o estudo de Graf e Cummings (2021) possuiu ênfase em apenas um grupo de moluscos límnicos e utilizou um conjunto de dados diferente. O estudo reuniu registros provenientes do MUSSEL Project Web Site (<http://mussel-project.net/>), bem como inventários on-line como o *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS), IUCN e o Molluscabase. Além disso, utilizou dados adicionais derivados de museus, especialmente para a América do Sul e América Central. São necessárias coletas de campo e disponibilização de mais registros de ocorrência em repositórios *on-line* para dedicar mais atenção a região.

Tabela 1. Estatística descritiva para as 8 biorregiões do Novo Mundo baseadas na distribuição de moluscos límnicos (Figura 3), indicando o número de registros, riqueza absoluta de espécies, percentual endêmico (% endêmicas), o número de *grid cells* por biorregião e o histórico.

Biorregião	Registros	Espécies (% endêmicas)	Grid cells	Histórico
América do Sul	800	113 (80,5)	33	Presente estudo
Pacífico	2.940	172 (38,4)	162	Graf e Cummings, (2021)
Mississipi – Canadá	77.740	652 (25)	378	Graf e Cummings, (2021)
Província da América Central	379	64 (34,4)	9	Morrone (2014)
México	536	73 (27,4)	13	Morrone (2014)
Atlântico	17.740	305 (7,2)	95	Graf e Cummings, (2021)
Península da Flórida	23.286	399 (12,5)	44	Abell <i>et al.</i> (2008)
Tennessee	18.127	398 (12,6)	10	Abell <i>et al.</i> (2008)

Fonte: Autores (2021)

Tabela 2. Biorregiões do Novo Mundo geradas através da análise de *network* com o *Infomap Bioregions*, indicando as espécies mais comuns e as espécies mais indicativas por biorregião, bem como a família da espécie mais comum (FEC) e a família da espécie mais indicativa (FEI). Para biorregiões com várias espécies indicativas com *scores* idênticos, foi descrita a espécie com maior número de ocorrências.

Biorregião	FEC	Espécie mais comum (registros)	FEI	Espécie mais indicativa (score)
América do Sul	Mycetopodidae	<i>Anodontites trapesialis</i> (57)	Hyriidae	<i>Diplodon ellipticus</i> (63,9)
Pacífico	Unionidae	<i>Venustaconcha ellipsiformis</i> (155)	Planorbidae	<i>Vorticifex effusa</i> (23,5)
Mississipi – Canadá	Unionidae	<i>Pyganodon grandis</i> (2463)	Unionidae	<i>Fusconaia ozarkensis</i> (1,5)
Província da América Central	Ampullariidae	<i>Pomacea flagellata</i> (66)	Pachychilidae	<i>Pachychilus corvinus</i> (55,2)
México	Pachychilidae	<i>Pachychilus suturalis</i> (43)	Pachychilidae	<i>Pachychilus vallesensis</i> (84,7)
Atlântico	Unionidae	<i>Elliptio complanata</i> (2895)	Unionidae	<i>Elliptio fisheriana</i> (1,3)
Península da Flórida	Unionidae	<i>Elliptio jayensis</i> (1509)	Hydrobiidae	<i>Notogillia wetherbyi</i> (2,4)
Tennessee	Pleuroceridae	<i>Elimia carinifera</i> (788)	Pleuroceridae	<i>Gyrotoma pumila</i> (4,6)

Fonte: Autores (2021)

5.2 IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE BIOGEOGRAFIA

A média do índice de acertos para estudantes que não cursaram e cursaram ‘Ecologia I’ foi 0,63 (95% IC = [0,58; 0,70]) e 0,71 (95% IC = [0,63; 0,80]), respectivamente. Não houve diferença significativa entre o índice de acertos entre os dois grupos amostrais ($t = -1,58$; $p = 0,12$), indicando que a disciplina de ‘Ecologia I’ não se apresentou influente no ensino-aprendizagem de noções básicas de Biogeografia.

Apesar de não haver diferença estatística entre a média do índice de acertos, algumas assertivas obtiveram maior percentual de acertos entre os grupos amostrais (Tabela 3). Essa característica possivelmente apresentou variação devido aos diferentes níveis de dificuldade empregado. Assim, assertivas consideradas mais fáceis podem ter se sobressaído numericamente às consideradas com maior nível de dificuldade. A presença dos níveis de dificuldade foi um fator importante, pois os participantes não tiveram contato com a Biogeografia além dos conteúdos inclusos na ementa da disciplina ‘Ecologia I’. Assim, esperava-se que estudantes que cursaram ‘Ecologia I’ também apresentassem dificuldade em determinadas assertivas.

Tabela 3. Percentual (%) referente ao número de acertos por assertiva entre os grupos amostrais. As assertivas podem ser verificadas no apêndice.

Assertiva	Não cursaram (n = 18)	Cursaram (n = 18)
1	88,9	88,9
2	11,1	38,9
3	50	77,8
4	38,9	50
5	61,1	55,5
6	88,9	77,8
7	77,8	88,9
8	44,4	66,7
9	83,3	94,4
10	88,9	77,8

Fonte: Autores (2021)

Os estudantes que já haviam cursado ‘Ecologia I’, conseguiram um desempenho melhor nas assertivas 02, 03, 04, 07, 08 e 09. Os estudantes que não haviam cursado ‘Ecologia I’ se sobressaíram nas assertivas 05, 06 e 10. Os dois grupos alcançaram o mesmo percentual de acertos na assertiva 01. Numericamente, a assertiva 02 obteve o menor número de acertos, enquanto a assertiva 09 alcançou o maior número de acertos nos dois grupos.

A assertiva 02 tratava sobre a divisão da Biogeografia em seus dois campos elementares: Biogeografia Ecológica e Biogeografia Histórica (BROWN; LOMOLINO, 2006). O grande número de respostas errôneas para ambos os grupos provavelmente pode ser atribuído ao fato do conteúdo ser mais específico, contrariando o caráter introdutório do tópico Biogeografia na disciplina de ‘Ecologia I’. Os equívocos foram cometidos pelos discentes, uma vez que consideraram erroneamente que a Biogeografia Ecológica estuda processos ecológicos que ocorrem a longo prazo.

A assertiva 05 abordou um tópico característico da teoria da Biogeografia de Ilhas, mais especificamente, sua aplicação em dimensões de área. A maioria dos participantes avaliaram erroneamente essa assertiva, pois acreditavam que o tópico se aplicava exclusivamente a porções de terra menos extensas que os continentes e cercadas por águas (ilhas oceânicas). No entanto, diversos estudos investigam dimensões de áreas distintas do contexto anteriormente apresentado sob a perspectiva da Biogeografia de Ilhas. Entretanto, existem estudos desenvolvidos com plantas em ambientes montanhosos que apresentam certo isolamento com outras áreas (SKLENÁŘ; HEDBERG; CLEEF, 2013), lagartos (WIENS *et al.*, 2019) e aves (CONSTANZI; STEIFETTEN, 2019). Os erros nessa assertiva, assim como em outras cujo

um caráter reflexivo era necessário, podem ser atribuídos à ausência de aprofundamento do conteúdo, uma vez que no plano de disciplina de 'Ecologia I' este conteúdo aparece restritamente.

A assertiva 09, que obteve maior número de acertos, tratou sobre Biogeografia da Conservação. Em sua grande maioria, os discentes reconheceram a importância da Biogeografia para o conhecimento dos padrões de distribuição de espécies ameaçadas de extinção, cujos múltiplos fatores associados são conhecidos. Em particular, a distribuição restrita a determinadas áreas, bem como espécies raras apresentam maiores chances de possíveis ameaças de extinção (WHITTAKER *et al.*, 2010). Essas características podem ser visualizadas através da Biogeografia da Conservação, que busca integrar conhecimentos de ambas as áreas para avaliar e intervir com medidas que busquem minimizar a perda de biodiversidade. Para a regionalização biogeográfica, algumas vantagens são descritas: o reconhecimento de *status* da conservação de espécies incluídas no modelo, índices de diversidade e/ou mensuração da riqueza absoluta, ecoregiões, centros de endemismo, raridade de espécies e relações entre espécies-áreas (RICHARDSON; WHITTAKER, 2010).

Apesar da ausência formal da disciplina no PPC de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFPI – *Campus* Uruçuí, a grande maioria dos discentes compreendeu a importância da Biogeografia, bem como suas potencialidades para a aplicação de medidas e alvos conservacionistas a espécies amplamente conhecidas como ameaçadas de extinção ou até mesmo próximas a extinção. Esse conhecimento é importante durante a formação do profissional docente, uma vez que a sensibilização de seus futuros discentes a questões conservacionistas pode contribuir para o desenvolvimento de posturas responsáveis pela alteração contínua do mundo natural (TEIXEIRA *et al.*, 2010; SPIRONELLO, TAVARES; SILVA, 2012; PEREIRA *et al.*, 2014). O interesse pessoal por conteúdos relacionados à Biogeografia e Ecologia variou entre os dois grupos amostrais. Estudantes que cursaram 'Ecologia I' indicaram um alto percentual de desinteresse por estas áreas do conhecimento, enquanto estudantes que ainda não cursaram essa disciplina apresentaram homogeneidade na distribuição de suas avaliações, sem apresentar uma grande incidência de respostas na mesma faixa (Figura 5a).

Apesar de muitos estudantes não se identificarem com os conteúdos de Biogeografia e Ecologia, ambos os grupos amostrais afirmaram a importância da presença formal do componente curricular 'Biogeografia' no PPC de Licenciatura em

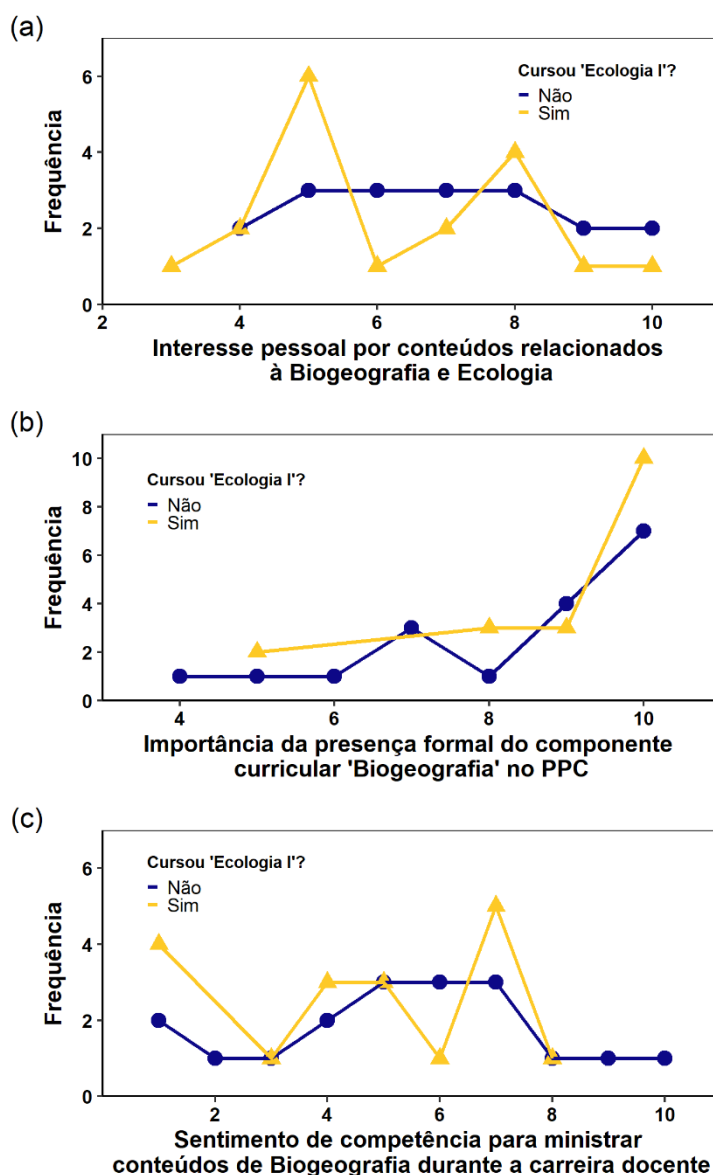
Ciências Biológicas do IFPI – *Campus Uruçuí* (Figura 5b).

A construção do currículo escolar é discutida em dimensões e perspectivas que englobam pensadores e contextos variados (LIBÂNEO, 1994; FORQUIN, 1996; LOPES; MACEDO, 2014; APPLE, 2016). Apesar disso, é consensual que o currículo é uma construção social, portanto, alguns questionamentos sobre a sua composição podem ser lançados em virtude da ideologia dominante (SILVA, 2005). A inserção de conteúdos relacionados à conservação ambiental na educação básica são de extrema importância para a formação de cidadãos socialmente responsáveis pelos impactos que geram na natureza. Embora a Biogeografia seja facilmente aplicável à conservação de espécies, este não é o único ponto pelo qual a disciplina deve estar presente no PCC dos referidos participantes.

O município de Uruçuí, no estado do Piauí, é um forte polo de crescimento agroindustrial e agropecuário (SILVA; MONTEIRO; BARBOSA, 2017; BUENO; SANTOS, 2020). A conservação biológica e mobilização de cidadãos com senso crítico para reconhecerem atos que prejudiquem a conservação biológica são fundamentais para garantir a manutenção da biodiversidade local. Nesse sentido, o aspecto econômico gerado pelo agronegócio é intrínseco à realidade local dos participantes (considerando que após a conclusão do curso de graduação atuarão na cidade). A Biogeografia da Conservação proporciona múltiplas formas de abordagem que visam desenvolvimento sustentável. Entre elas, é possível destacar a proeminente área da biogeografia da degradação que possui enfoque em compreender a fragmentação do habitat, homogeneização, urbanização e outros impactos causados pela humanidade (RICHARDSON; WHITAKKER, 2010).

A autoavaliação sobre a competência para ministrar conteúdos de Biogeografia durante a carreira docente apresentou um padrão distinto dos parâmetros anteriores (Figura 5c). Os dois grupos amostrais, em sua maioria, sugeriram o sentimento de despreparo para lecionar tópicos associados à Biogeografia devido à ausência formal da disciplina no PPC. No entanto, um número pequeno de estudantes que não cursaram a disciplina 'Ecologia I' afirmaram sentirem-se competentes para ministrarem esse conteúdo. A alta incidência de alunos e alunas sem preparo para conduzirem sequências didáticas corrobora com a ausência de significância estatística no processo de ensino-aprendizagem de noções básicas de Biogeografia através da disciplina 'Ecologia I'.

Figura 5. Avaliação discente quanto ao (a) interesse por conteúdos relacionados à Biogeografia e Ecologia, (b) importância do componente curricular 'Biogeografia' no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Piauí – *Campus* Uruçuí e (c) aptidão para ministrar conteúdos de Biogeografia durante a carreira docente.



Fonte: Autores (2021)

Por fim, os participantes do estudo sintetizaram suas percepções sobre a ministração de conteúdos relacionados à Biogeografia. Devido à ausência de diferença estatística entre os dois grupos amostrais aqui estudados, o *wordcloud* não distinguiu as percepções discentes. Assim, os elementos textuais mais frequentes de ambos os grupos aparecem reunidos (Figura 6).

Alguns elementos textuais que mais obtiveram destaque estiveram relacionados tanto a aspectos positivos quanto negativos no processo de ensino-

transdisciplinar, que engloba diversos segmentos e outros campos científicos que vão além da Biologia.

Na prática educativa do futuro licenciado em Ciências Biológicas, reconhecer que a Biogeografia é importante para o itinerário formativo de seus alunos favorece sua aplicabilidade e disseminação entre a comunidade. No contexto local, algumas estratégias de ensino são viáveis durante a elaboração de sequências didáticas sem necessidade de recursos onerosos. A utilização de trilhas ecológicas e até mesmo a catalogação de organismos em áreas de preservação ambiental do município são ferramentas de alto impacto para a práxis do profissional (ANGHINONI, MURARA; DEON, 2020).

Termos como “conteúdo”, “matéria”, “conhecimento”, “ensinar” e “disciplina” podem ser associados a estratégias de ensino-aprendizagem. A viabilidade de estratégias para desenvolver a complexidade das sequências didáticas em Biogeografia precisa ser minimamente verificada, uma vez que a presença de muitos conceitos pode conferir um aspecto abstrato e/ou até mesmo generalista. Tomando como exemplo a atividade de catalogação de organismos descritas anteriormente, a utilização de repositórios *on-line* para consulta de registros de ocorrência de espécies está em alta (MUELLER; DRAKE; ALLEN, 2019; GLADSTONE *et al.*, 2020; WILSON *et al.*, 2020). A identificação de organismos em plataformas *on-line*, tais como o *iNaturalist*, podem ser realizadas buscando contribuir significativamente para lacunas no conhecimento da distribuição de espécies em ambientes com poucos dados biológicos.

Em específico, a utilização do *iNaturalist* por jovens em geral resulta em um maior número de observações de moluscos, aranhas e insetos do que alguns outros grupos taxonômicos amplamente estudados (plantas e aves) (ARISTEIDOU *et al.*, 2021). Outros segmentos da educação básica também podem ser integrados às propostas de atividade (nesse caso, a disciplina de Informática poderia facilmente ser associada à sequência didática). Assim, a integração de ferramentas cotidianas dos alunos pode contribuir para a aplicação de conceitos fundamentais em Biogeografia.

Os termos “despreparada”, “insegurança” e “desafiador” surgem frente às adversidades a serem enfrentadas pelos discentes durante a execução de sua prática docente. Na pedagogia da autonomia, é exposto que ensinar é um ato que exige segurança e competência profissional. No entanto, isso não implica que a prática profissional seja determinada apenas por sua competência científica (FREIRE, 1996).

Apesar da ausência formal da disciplina 'Biogeografia' no PPC, o ensino desse conteúdo não está obrigatoriamente comprometido. Não existem estudos ou registros formais sugerindo que apenas a conclusão de uma determinada disciplina desencadeará propostas didáticas eficazes no processo de ensino-aprendizagem da mesma. Portanto, considerando que a insegurança é intrínseca a situações desconhecidas pelo indivíduo (neste caso, profissional docente), é compreensível sentir-se inseguro para ministrar conteúdos que não foram trabalhados durante a formação docente. Para atingir objetivos de aprendizagem satisfatórios em suas futuras práticas, os licenciandos devem reconhecer que ensinar exige pesquisa, curiosidade e comprometimento (FREIRE, 1996), especialmente com os desafios do Novo Ensino Médio (PIFFERO *et al.*, 2020)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral, os resultados na etapa de biorregionalização aqui reportados suportam a distribuição de moluscos límnicos no Novo Mundo em oito biorregiões distintas. Esquemas biogeográficos futuros devem levar em consideração aspectos ambientais, buscando quais fatores, além da composição taxonômica, influenciam padrões de distribuição (altitude, características climáticas e vegetação). Além disso, esforços devem ser realizados para aumentar o conjunto de dados, especialmente em regiões subamostradas como a América Central e América do Sul. A disponibilização de dados por museus em repositórios *on-line* contribuirá para diminuir lacunas e aumentar a acurácia das técnicas aplicadas.

Estudos ambientais e levantamentos taxonômicos com enfoque conservacionista podem considerar as biorregiões América do Sul, Mississipi – Canadá, Pacífico e Província da América Central, uma vez que obtiveram destaque para riqueza e endemismo de espécies de moluscos límnicos. Esse tipo de informação, juntamente a novos modelos de regionalização que considerem aspectos ambientais e filogenéticos irão providenciar melhor compreensão nos padrões geográficos aqui destacados.

Apesar de não haver diferença significativa entre o índice de acerto entre os grupos de estudantes, assertivas com conteúdo mais específico, obtiveram um menor percentual de respostas corretas em ambos os grupos. Essa característica foi interpretada como um agente limitante no currículo de 'Ecologia I' devido à carga

horária, uma vez que a disciplina aborda poucos tópicos referentes à Biogeografia.

A inserção de novas disciplinas no currículo do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFPI – *Campus* Uruçuí é um processo complexo e demanda de pessoal para além do *Campus*. Apesar disso, estratégias devem ser desenvolvidas para melhor inserção dos tópicos biogeográficos no currículo. As percepções dos discentes aqui apresentadas podem contribuir para uma melhor aplicação de conceitos biogeográficos, seja na disciplina de 'Ecologia I' ou transversalmente, em outras disciplinas presentes no PPC.

REFERÊNCIAS

- ABELL, R.; THIEME, M. L.; REVENGA, C.; BRYER, M.; KOTTELAT, M.; BOGUTSKAYA, N.; COAD, B.; MANDRAK, N.; BALDERAS, S. C.; BUSSING, W.; STIASSNY, M. L. J.; SKELTON, P.; ALLEN, G. R.; UNMACK, P.; NASEKA, A.; NG, R.; SINDORF, N.; ROBERTSON, J.; ARMIJO, E.; HIGGINS, J. V.; HEIBEL, T. J.; WIKRAMANAYAKE, E.; OLSON, D.; LÓPEZ, H. L.; REIS, R. E.; LUNDBERG, J. G.; SABAJ PÉREZ, M. H.; PETRY, P. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. **BioScience**, v. 58, n. 5, p. 403-414, 2008.
- AKINDELE, E. O.; EHLERS, S. M.; KOOP, J. H. E. First empirical study of freshwater microplastics in West Africa using gastropods from Nigeria as bioindicators. **Limnologia**, v. 78, n. p. 125708, 2019.
- ANGHINONI, L. R. T.; MURARA, P.; DEON, A. R. A práxis no trabalho de campo: uma experiência em biogeografia. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, n. p. e13, 2020.
- APPLE, M. W. **Ideologia e currículo**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2016. 288p.
- ARISTEIDOU, M.; HERODOTOU, C.; BALLARD, H. L.; YOUNG, A. N.; MILLER, A. E.; HIGGINS, L.; JOHNSON, R. F. Exploring the participation of young citizen scientists in scientific research: The case of iNaturalist. **PLOS ONE**, v. 16, n. 1, p. e0245682, 2021.
- AZEVEDO, M.; BORBA, R. C. D. N.; SELLES, S. E. Ameaças à profissão docente no Brasil: desafios ao ensino de Ciências e Biologia em debate. **Fronteiras & Debates**, v. 7, n. 2, p. 43-57, 2020.
- BAE, M.-J.; PARK, Y.-S. Key Determinants of Freshwater Gastropod Diversity and Distribution: The Implications for Conservation and Management. **Water**, v. 12, n. 7, p. 1908, 2020.
- BARROSO, C. X.; LOTUFO, T. M. D. C.; MATTHEWS-CASCON, H. Biogeography of Brazilian prosobranch gastropods and their Atlantic relationships. **Journal of**

Biogeography, v. 43, n. 12, p. 2477-2488, 2016.

BIVAND, R.; KEITT, T.; ROWLINGSON, B. **rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library**. R package version 1.5-23, 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>.

BLOOMFIELD, N. J.; KNERR, N.; ENCINAS-VISO, F. A comparison of network and clustering methods to detect biogeographical regions. **Ecography**, v. 41, n. 1, p. 1-10, 2018.

BOGAN, A. E. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 139-147, 2008.

BOGAN, A. E.; ROE, K. J. Freshwater bivalve (Unioniformes) diversity, systematics, and evolution: status and future directions. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 27, n. 2, p. 349-369, 2008.

BÖHM, M.; DEWHURST-RICHMAN, N. I.; SEDDON, M.; LEDGER, S. E. H.; ALBRECHT, C.; ALLEN, D.; BOGAN, A. E.; CORDEIRO, J.; CUMMINGS, K. S.; CUTTELOD, A.; DARRIGRAN, G.; DARWALL, W.; FEHÉR, Z.; GIBSON, C.; GRAF, D. L.; KÖHLER, F.; LOPES-LIMA, M.; PASTORINO, G.; PEREZ, K. E.; SMITH, K.; VAN DAMME, D.; VINARSKI, M. V.; VON PROSCHWITZ, T.; VON RINTELEN, T.; ALDRIDGE, D. C.; ARAVIND, N. A.; BUDHA, P. B.; CLAVIJO, C.; VAN TU, D.; GARGOMINY, O.; GHAMIZI, M.; HAASE, M.; HILTON-TAYLOR, C.; JOHNSON, P. D.; KEBAPÇI, Ü.; LAJTNER, J.; LANGE, C. N.; LEPITZKI, D. A. W.; MARTÍNEZ-ORTÍ, A.; MOORKENS, E. A.; NEUBERT, E.; POLLOCK, C. M.; PRIÉ, V.; RADEA, C.; RAMIREZ, R.; RAMOS, M. A.; SANTOS, S. B.; SLAPNIK, R.; SON, M. O.; STENSGAARD, A.-S.; COLLEN, B. The conservation status of the world's freshwater molluscs. **Hydrobiologia**, v. 0123456789, n. p. 2020.

BRASIL. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. **Diário Oficial da União**, Seção 1, 13 de Junho de 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular** (3ª versão revista - dezembro de 2017). Brasília, DF, 2017a. 472p.

BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Brasília, DF: Senado Federal, 2017b.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2 ed. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006. 692p.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. E. **Invertebrados**. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2018.

BUENO, P. H. D. C.; SANTOS, F. D. A. D. Dinâmicas do agronegócio e expansão urbana: uma análise da cidade de Uruçuí (PI). **Revista Equador**, v. 9, n. 1, p. 358-375, 2020.

CHAMBERLAIN, S.; BARVE, V.; MCGLINN, D.; OLDONI, D.; DESMET, P.; GEFFERT,

L.; RAM, K. **rgbif: Interface to the Global Biodiversity Information Facility API**. R package version 3.3.0, 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rgbif>.

CLARK, D. R.; MATHIEU, M.; MOUROT, L.; DUFOSSÉ, L.; UNDERWOOD, G. J. C.; DUMBRELL, A. J.; MCGENITY, T. J. Biogeography at the limits of life: Do extremophilic microbial communities show biogeographical regionalization? **Global Ecology and Biogeography**, v. 26, n. 12, p. 1435-1446, 2017.

COLLEN, B.; WHITTON, F.; DYER, E. E.; BAILLIE, J. E. M.; CUMBERLIDGE, N.; DARWALL, W. R. T.; POLLOCK, C.; RICHMAN, N. I.; SOULSBY, A. M.; BÖHM, M. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 1, p. 40-51, 2014.

COLLI-SILVA, M.; VASCONCELOS, T. N. C.; PIRANI, J. R. Outstanding plant endemism levels strongly support the recognition of campo rupestre provinces in mountaintops of eastern South America. **Journal of Biogeography**, v. 46, n. 8, p. 1723-1733, 2019.

COLLI-SILVA, M.; PIRANI, J. R. Estimating bioregions and undercollected areas in South America by revisiting Byttnerioideae, Helicteroideae and Sterculioideae (Malvaceae) occurrence data. **Flora**, v. 271, n. p. 151688, 2020.

COSTANZI, J.-M.; STEIFETTEN, Ø. Island biogeography theory explains the genetic diversity of a fragmented rock ptarmigan (*Lagopus muta*) population. **Ecology and Evolution**, v. 9, n. 7, p. 3837-3849, 2019.

COSTA, N. M. C. Ensino e Prática de Biogeografia: Uma Visão Crítica. **Geo UERJ**, v. 3, n. p. 95-100, 1998.

COSTELLO, M. J.; TSAI, P.; WONG, P. S.; CHEUNG, A. K. L.; BASHER, Z.; CHAUDHARY, C. Marine biogeographic realms and species endemism. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 1057, 2017.

COWIE, R. H.; RÉGNIER, C.; FONTAINE, B.; BOUCHET, P. Measuring the sixth extinction: What do mollusks tell us? **Nautilus**, v. 131, n. 1, p. 3-41, 2017.

CRISP, M. D.; LAFFAN, S.; LINDER, H. P.; MONRO, A. Endemism in the Australian flora. **Journal of Biogeography**, v. 28, n. 2, p. 183-198, 2001.

CZAJA, A.; MEZA-SÁNCHEZ, I. G.; ESTRADA-RODRÍGUEZ, J. L.; ROMERO-MÉNDEZ, U.; SÁENZ-MATA, J.; ÁVILA-RODRÍGUEZ, V.; BECERRA-LÓPEZ, J. L.; ESTRADA-ARELLANO, J. R.; CARDOZA-MARTÍNEZ, G. F.; AGUILLÓN-GUTIÉRREZ, D. R.; CORDERO-TORRES, D. G.; COVICH, A. P. The freshwater snails (Mollusca: Gastropoda) of Mexico: updated checklist, endemism hotspots, threats and conservation status. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 91, n. p. 2020.

DAPPORTO, L.; RAMAZZOTTI, M.; FATTORINI, S.; TALAVERA, G.; VILA, R.; DENNIS, R. L. H. recluster: an unbiased clustering procedure for beta-diversity

turnover. **Ecography**, v. 36, n. 10, p. 1070-1075, 2013.

DARU, B. H.; KARUNARATHNE, P.; SCHLIEP, K. phyloregion: R package for biogeographical regionalization and macroecology. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 11, p. 1483-1491, 2020.

DROISSART, V.; DAUBY, G.; HARDY, O. J.; DEBLAUWE, V.; HARRIS, D. J.; JANSSENS, S.; MACKINDER, BARBARA A.; BLACH-OVERGAARD, A.; SONKÉ, B.; SOSEF, M. S. M.; STÉVART, T.; SVENNING, J.-C.; WIERINGA, J. J.; COUVREUR, T. L. P. Beyond trees: Biogeographical regionalization of tropical Africa. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 5, p. 1153-1167, 2018.

EDLER, D.; GUEDES, T.; ZIZKA, A.; ROSVALL, M.; ANTONELLI, A. Infomap Bioregions: Interactive Mapping of Biogeographical Regions from Species Distributions. **Systematic Biology**, v. 66, n. 2, p. 197-204, 2016.

ESCALANTE, T.; RODRÍGUEZ-TAPIA, G.; SZUMIK, C.; MORRONE, J. J.; RIVAS, M. Delimitation of the Nearctic region according to mammalian distributional patterns. **Journal of Mammalogy**, v. 91, n. 6, p. 1381-1388, 2010.

ESCALANTE, T.; MORRONE, J. J.; RODRÍGUEZ-TAPIA, G. Biogeographic regions of North American mammals based on endemism. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 110, n. 3, p. 485-499, 2013.

FERRARI, A. Biogeographical units matter. **Australian Systematic Botany**, v. 30, n. 5-6, p. 391-402, 2018.

FERRARO, J. L. S. O currículo como campo de práticas discursivas: Foucault, subjetivação e (pós) modernidade. **Travessias**, v. 3, n. 1, p. 1-16, 2009.

FIGUEROA, H.; SMITH, S. A. A targeted phylogenetic approach helps explain New World functional diversity patterns of two eudicot lineages. **Journal of Biogeography**, v. 48, n. 1, p. 202-215, 2021.

FRANZEM, T. P.; KUGLER, M.; LAROCHELLE, R.; LORD, P. H.; STICH, D.; LANDIS, A. M. G. Reproductive Phenology of *Elliptio complanata* in an Upper Susquehanna River Tributary of New York. **Northeastern Naturalist**, v. 26, n. 1, p. 119-128, 2019.

FORQUIN, J. C. As abordagens sociológicas do currículo: Orientações teóricas e perspectivas de pesquisa. **Educação & Realidade**, v. 21, n. 1, p. 187-198, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 25 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GASPARINI, J. L.; BRITO, A.; FALCÓN, J. M.; BOWEN, B. W.; BERNARDI, G. Atlantic reef fish biogeography and evolution. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 1, p. 22-47, 2008.

FONTENELLE, J. P.; PORTELLA LUNA MARQUES, F.; KOLMANN, M. A.; LOVEJOY, N. R. Biogeography of the neotropical freshwater stingrays (Myliobatiformes:

Potamotrygoninae) reveals effects of continent-scale paleogeographic change and drainage evolution. **Journal of Biogeography**, v. 00, n. 1-14, p. 2021.

GIRIBET, G.; EDGECOMBE, G. D. **The invertebrate tree of life**. ed. Princeton University Press, 2020.

GLADSTONE, N. S.; BORDEAU, T. A.; LEPPANEN, C.; MCKINNEY, M. L. Spatiotemporal patterns of non-native terrestrial gastropods in the contiguous United States. **NeoBiota**, v. 57, n. p. 2020.

GOEPPNER, S. R.; ROBERTS, M. E.; BEATY, L. E.; LUTTBEG, B. Freshwater snail responses to fish predation integrate phenotypic plasticity and local adaptation. **Aquatic Ecology**, v. 54, n. 1, p. 309-322, 2020.

GORDON, T. A.; WILDING, E. L.; ALDRIDGE, D. C. Predation of freshwater gastropods (*Viviparus viviparus*) by brown rats (*Rattus norvegicus*). **Journal of Molluscan Studies**, v. 82, n. 3, p. 457-463, 2016.

GRAF, D. L.; CUMMINGS, K. S. Review of the systematics and global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia: Unionoida). **Journal of Molluscan Studies**, v. 73, n. 4, p. 291-314, 2007.

GRAF, D. L.; CUMMINGS, K. S. A 'big data' approach to global freshwater mussel diversity (Bivalvia: Unionoida), with an updated checklist of genera and species. **Journal of Molluscan Studies**, v. 87, n. 1, p. 2021.

GUERIN, G. R.; RUOKOLAINEN, L.; LOWE, A. J. A georeferenced implementation of weighted endemism. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 7, p. 845-852, 2015.

HAAG, W. R.; WILLIAMS, J. D. Biodiversity on the brink: an assessment of conservation strategies for North American freshwater mussels. **Hydrobiologia**, v. 735, n. 1, p. 45-60, 2014.

HAYASHI, M.; SUGIURA, S. Climbing rice plants above the waterline: escape of freshwater snails from underwater predation by snail-eating specialists. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 130, n. 4, p. 751-755, 2020.

HAZZI, N. A.; MORENO, J. S.; ORTIZ-MOVLIAV, C.; PALACIO, R. D. Biogeographic regions and events of isolation and diversification of the endemic biota of the tropical Andes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 31, p. 7985-7990, 2018.

HERSHLER, R. A systematic review of the hydrobiid snails (Gastropoda: Rissooidea) of the Great Basin, western United States. Part I. Genus *Pyrgulopsis*. **The Veliger**, v. 41, p. 1-132, 1998.

HERSHLER, R. A systematic review of the hydrobiid snails (Gastropoda: Rissooidea) of the Great Basin, western United States. Part II. Genera *Colligyrus*, *Fluminicola*, *Pristinicola* and *Tryonia*. **The Veliger**, v. 42, n. p. 306-337, 1999.

HIJMANS, R. J. **raster: Geographic Data Analysis and Modeling**. R package version 3.4-5, 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.
 HIPPI, A. L.; MANOS, P. S.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; HAHN, M.; KAPROTH, M.; MCVAY, J. D.; AVALOS, S. V.; CAVENDER-BARES, J. Sympatric parallel diversification of major oak clades in the Americas and the origins of Mexican species diversity. **New Phytologist**, v. 217, n. 1, p. 439-452, 2018.

IFPI. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ - **CAMPUS URUÇUÍ**. Projeto Político Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Uruçuí - PI: 2015. Disponível em: <https://www.ifpi.edu.br/cursos/documentos-dos-cursos/ppc/ppc-bio-uru.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.

JOHNSON, N. A.; SCHOFIELD, P. J.; WILLIAMS, J. D.; AUSTIN, J. D. Salinity tolerance among three freshwater mussels (*Bivalvia*: Unionidae) from Gulf Coastal Plain drainages. **Florida Scientist**, v. 81, n. 2-3, p. 61-69, 2018.

JOHNSON, P. D.; BOGAN, A. E.; BROWN, K. M.; BURKHEAD, N. M.; CORDEIRO, J. R.; GARNER, J. T.; HARTFIELD, P. D.; LEPITZKI, D. A. W.; MACKIE, G. L.; PIP, E.; TARPLEY, T. A.; TIEMANN, J. S.; WHELAN, N. V.; STRONG, E. E. Conservation Status of Freshwater Gastropods of Canada and the United States. **Fisheries**, v. 38, n. 6, p. 247-282, 2013.

KOCSIS, Á. T.; REDDIN, C. J.; KIESSLING, W. The biogeographical imprint of mass extinctions. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 285, n. 1878, p. 2018a.

KOCSIS, Á. T.; REDDIN, C. J.; KIESSLING, W. The stability of coastal benthic biogeography over the last 10 million years. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, n. 9, p. 1106-1120, 2018b.

KREFT, H.; JETZ, W. A framework for delineating biogeographical regions based on species distributions. **Journal of Biogeography**, v. 37, n. 11, p. 2029-2053, 2010.

LE PENNEC, E.; SLOWIKOWSKI, K. **ggwordcloud: A Word Cloud Geom for 'ggplot2'**. R package version 0.5.0, 2019. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ggwordcloud>.

LEROY, B.; DIAS, M. S.; GIRAUD, E.; HUGUENY, B.; JÉZÉQUEL, C.; LEPRIEUR, F.; OBERDORFF, T.; TEDESCO, P. A. Global biogeographical regions of freshwater fish species. **Journal of Biogeography**, v. 46, n. 11, p. 2407-2419, 2019.

LEVRI, E. P.; BERKHEIMER, C.; WILSON, K.; XU, J.; WOODS, T.; HUTCHINSON, S.; YODER, K.; ZHANG, X.; LI, X. The cost of predator avoidance behaviors in an invasive freshwater snail. **Freshwater Science**, v. 39, n. 3, p. 476-484, 2020.

LI, J.; LUSHER, A. L.; ROTCHELL, J. M.; DEUDERO, S.; TURRA, A.; BRÂTE, I. L. N.; SUN, C.; SHAHADAT HOSSAIN, M.; LI, Q.; KOLANDHASAMY, P.; SHI, H. Using mussel as a global bioindicator of coastal microplastic pollution. **Environmental**

Pollution, v. 244, n. p. 522-533, 2019.

LOPES, A. C.; MACEDO, E. **Teorias de currículo**. 1 ed. São Paulo: Cortez Editora, 2014. 280p.

LOPES-LIMA, M.; TEIXEIRA, A.; FROUFE, E.; LOPES, A.; VARANDAS, S.; SOUSA, R. Biology and conservation of freshwater bivalves: past, present and future perspectives. **Hydrobiologia**, v. 735, n. 1, p. 1-13, 2014.

LOPES-LIMA, M.; FROUFE, E.; DO, V. T.; GHAMIZI, M.; MOCK, K. E.; KEBAPÇI, Ü.; KLISHKO, O.; KOVITVADHI, S.; KOVITVADHI, U.; PAULO, O. S.; PFEIFFER, J. M.; RALEY, M.; RICCARDI, N.; ŞEREFLİŞAN, H.; SOUSA, R.; TEIXEIRA, A.; VARANDAS, S.; WU, X.; ZANATTA, D. T.; ZIERITZ, A.; BOGAN, A. E. Phylogeny of the most species-rich freshwater bivalve family (Bivalvia: Unionida: Unionidae): Defining modern subfamilies and tribes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 106, n. p. 174-191, 2017.

LOUREIRO, L. O.; ENGSTROM, M. D.; LIM, B. K. Biogeography of Neotropical mastiff bats: A case of multiple dispersals between the Caribbean and mainland. **Journal of Biogeography**, v. n/a, n. n/a, p.

LUZ, L. M.; ARRA, R. R. M.; OLIVEIRA, S. R. D. Educação ambiental em áreas verdes urbanas como recurso didático para o ensino de biogeografia. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 171-177, 2012.

LYDEARD, C.; CUMMINGS, K. S. **Freshwater Mollusks of the World: A Distribution Atlas**. ed. Johns Hopkins University Press, 2019.

MAESTRI, R.; UPHAM, N. S.; PATTERSON, B. D. Tracing the diversification history of a Neogene rodent invasion into South America. **Ecography**, v. 42, n. 4, p. 683-695, 2019.

MAESTRI, R.; DUARTE, L. Evoregions: Mapping shifts in phylogenetic turnover across biogeographic regions. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 12, p. 1652-1662, 2020.

MAGNI, S.; PAROLINI, M.; SOAVE, C.; MARAZZI, F.; MEZZANOTTE, V.; BINELLI, A. Removal of metallic elements from real wastewater using zebra mussel bio-filtration process. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 3, n. 2, p. 915-921, 2015.

MARTIN, K. R.; JOHNSON, P. T. J.; BOWERMAN, J.; LI, J. Biogeography of the freshwater gastropod, *Planorbella trivolvis*, in the western United States. **PLOS ONE**, v. 15, n. 7, p. e0235989-e0235989, 2020.

MASETTO, M. T. Inovação curricular no ensino superior. **Revista e-curriculum**, v. 7, n. 2, p. 1-20, 2011.

MENDONÇA, L. H. D.; EBACH, M. C. A review of transition zones in biogeographical classification. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 131, n. 4, p. 717-736,

2020.

MESQUITA, A. F. S.; SILVA, P. C. S. M. E.; GREGORIO, R. V. T.; RODRIGUES, A. C. R.; BARROS, M. D. M. D. Aprendendo a Organização da Tabela Periódica e o uso Cotidiano dos Elementos Químicos. **Pedagogia em Foco**, v. 14, n. 12, p. 168-179, 2019.

MORRONE, J. J. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. **2014**, v. 3782, n. 1, p. 110, 2014.

MORRONE, J. J. Biogeographical regionalisation of the world: a reappraisal. **Australian Systematic Botany**, v. 28, n. 2–3, p. 81-90, 10, 2015.

MORRONE, J. J. The spectre of biogeographical regionalization. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 2, p. 282-288, 2018.

MUELLER, M. A.; DRAKE, D.; ALLEN, M. L. Using citizen science to inform urban canid management. **Landscape and Urban Planning**, v. 189, n. p. 362-371, 2019.

NARR, C. F.; KRIST, A. C. Improving estimates of richness, habitat associations, and assemblage characteristics of freshwater gastropods. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 30, n. 1, p. 131-143, 2020.

OLIVEIRA, G. F. M.; COUTO, M. C. M. D.; LIMA, M. D. F.; BOMFIM, T. C. B. D. Mussels (*Perna perna*) as bioindicator of environmental contamination by *Cryptosporidium* species with zoonotic potential. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 5, n. 1, p. 28-33, 2016.

PEBESMA, E. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. **The R Journal**, v. 10, n. 1, p. 439-446, 2018.

PEDERSEN, T. L. **patchwork: The Composer of Plots**. R package version 1.1.1, 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=patchwork>.

PEREIRA, C. C.; SILVA, F. K.; RICKEN, I.; MARCOMIN, F. E. Percepção e Sensibilização Ambiental como instrumentos à Educação Ambiental. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 30, n. 2, p. 86 - 106, 2014.

PEREIRA, D.; MANSUR, M. C. D.; DUARTE, L. D. S.; DE OLIVEIRA, A. S.; PIMPÃO, D. M.; CALLIL, C. T.; ITUARTE, C.; PARADA, E.; PEREDO, S.; DARRIGRAN, G.; SCARABINO, F.; CLAVIJO, C.; LARA, G.; MIYAHIRA, I. C.; RODRIGUEZ, M. T. R.; LASSO, C. Bivalve distribution in hydrographic regions in South America: Historical overview and conservation. **Hydrobiologia**, v. 735, n. 1, p. 15-44, 2014.

PIFFERO, E. D. L. F.; SOARES, R. G.; COELHO, C. P.; ROEHRS, R. Metodologias Ativas e o ensino de Biologia: desafios e possibilidades no novo Ensino Médio. **Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 2, p. 48-63, 2020.

PINTO, H. A.; GRIFFIN, M. J.; QUINIOU, S. M.; WARE, C.; MELO, A. L. Biomphalaria

straminea (Mollusca: Planorbidae) as an intermediate host of *Drepanocephalus* spp. (Trematoda: Echinostomatidae) in Brazil: a morphological and molecular study. **Parasitol Res**, v. 115, n. 1, p. 51-62, 2016.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RÉGNIER, C.; FONTAINE, B.; BOUCHET, P. Not Knowing, Not Recording, Not Listing: Numerous Unnoticed Mollusk Extinctions. **Conservation Biology**, v. 23, n. 5, p. 1214-1221, 2009.

RÉGNIER, C.; ACHAZ, G.; LAMBERT, A.; COWIE, R. H.; BOUCHET, P.; FONTAINE, B. Mass extinction in poorly known taxa. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 25, p. 7761-7766, 2015.

RICHARDSON, D. M.; WHITTAKER, R. J. Conservation biogeography - foundations, concepts and challenges. **Diversity and Distributions**, v. 16, n. 3, p. 313-320, 2010.
RIVERA, J. A.; RICH, H. N.; MICHELLE LAWING, A.; ROSENBERG, M. S.; MARTINS, E. P. Occurrence data uncover patterns of allopatric divergence and interspecies interactions in the evolutionary history of *Sceloporus* lizards. **Ecology and Evolution**, v. 11, n. 6, p. 2796-2813, 2021.

ROSVALL, M.; BERGSTROM, C. T. Maps of random walks on complex networks reveal community structure. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 4, p. 1118-1123, 2008.

SALVADOR, R. B.; CABRERA, F.; MARTÍNEZ, S.; MIQUEL, S. E.; SIMONE, L. R. L.; CUNHA, C. M. Annotated catalogue of the fossil Hygrophila and Eupulmonata (Mollusca: Gastropoda) from South America (Cretaceous – Neogene). **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen**, v. 289, n. 3, p. 249-280, 2018.

SCLATER, P. L. On the general Geographical Distribution of the Members of the Class Aves. **Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London. Zoology**, v. 2, n. 7, p. 130-136, 1858.

SILVA, T. T. D. **Documentos de Identidade: Uma introdução às teorias do currículo**. 2 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2005. 156p.

SILVA, A. J. D.; MONTEIRO, M. D. S. L.; BARBOSA, E. L. Territorialização da agricultura empresarial em Uruçuí/PI: de “espaço vazio” aos imperativos do agronegócio. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 138-158, 2017.

SILVA, E. L. D.; ROCHA, A. J. D.; LEAL, M. F.; SANTOS, O. D.; SOUSA, J. H. D.; SILVA, A. R. V. D.; DANTAS, K. K. S.; RULIM, E. M. M.; CASTRO, E. S.; PACHECO, A. C. L.; PINHEIRO, T. G. Freshwater mollusks from three reservoirs of Piauí, northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2020.

SKLENÁŘ, P.; HEDBERG, I.; CLEEF, A. M. Island biogeography of tropical alpine floras. **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 2, p. 287-297, 2014.

SOUTH, A. **rnaturalearth: World Map Data from Natural Earth**. R package version 0.1.0, 2017. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=rnaturalearth>.

SPIRONELLO, R. L.; TAVARES, F. S.; SILVA, E. P. D. Educação Ambiental: da teoria à prática, em busca da sensibilização e conscientização ambiental. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 140 - 152, 2012.

STRONG, E. E.; GARGOMINY, O.; PONDER, W. F.; BOUCHET, P. Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 149-166, 2008.

TEIXEIRA, S. F.; CAMPOS, S. S.; RIBEIRO, T. D. D. L.; BRITO, C. C. P. D.; SOUZA, A. C. F. F. D.; VIEIRA, D. M.; LINS, M. L. A.; COSTA, C. M. Q. D.; RODRIGUES, V. M. S.; REIS, H. P.; LEÃO, V. D. A.; LIRA, A. K. F. Educação para a sensibilização ambiental: Uma construção de toda a sociedade. **Revista Conexão UEPG**, v. 6, n. 1, p. 34-39, 2010.

TÖPEL, M.; ZIZKA, A.; CALIÓ, M. F.; SCHARN, R.; SILVESTRO, D.; ANTONELLI, A. SpeciesGeoCoder: Fast Categorization of Species Occurrences for Analyses of Biodiversity, Biogeography, Ecology, and Evolution. **Systematic Biology**, v. 66, n. 2, p. 145-151, 2016.

VAUGHN, C. C.; NICHOLS, S. J.; SPOONER, D. E. Community and foodweb ecology of freshwater mussels. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 27, n. 2, p. 409-423, 2008.

VAUGHN, C. C. Ecosystem services provided by freshwater mussels. **Hydrobiologia**, v. 810, n. 1, p. 15-27, 2018.

VILHENA, D. A.; ANTONELLI, A. A network approach for identifying and delimiting biogeographical regions. **Nature Communications**, v. 6, n. 1, p. 6848-6848, 2015.

VON HUMBOLDT, A.; BONPLAND, A. **Essai sur la geographie des plantes**. ed. 1807.

WALLACE, A. R. **The geographical distribution of animals**. ed. 1876.

WANG, J.; KOOPMAN, K. R.; COLLAS, F. P. L.; POSTHUMA, L.; DE NIJS, T.; LEUVEN, R. S. E. W.; HENDRIKS, A. J. Towards an ecosystem service-based method to quantify the filtration services of mussels under chemical exposure. **Science of The Total Environment**, v. 763, n. p. 144196, 2021.

WIENS, J. J.; CAMACHO, A.; GOLDBERG, A.; JEZKOVA, T.; KAPLAN, M. E.; LAMBERT, S. M.; MILLER, E. C.; STREICHER, J. W.; WALLS, R. L. Climate change, extinction, and Sky Island biogeography in a montane lizard. **Molecular Ecology**, v. 28, n. 10, p. 2610-2624, 2019.

WHITTAKER, R. J.; ARAÚJO, M. B.; JEPSON, P.; LADLE, R. J.; WATSON, J. E.; WILLIS, K. J. Conservation biogeography: assessment and prospect. **Diversity and Distributions**, v. 11, n. 1, p. 3-23, 2005.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York, 2016. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>.

WILLIAMS, J. D.; WARREN JR., M. L.; CUMMINGS, K. S.; HARRIS, J. L.; NEVES, R. J. Conservation Status of Freshwater Mussels of the United States and Canada. **Fisheries**, v. 18, n. 9, p. 6-22, 1993.

WILLIAMS, J. D.; BUTLER, R. S.; WISNIEWSKI, J. M. Annotated synonymy of the recent freshwater mussel taxa of the families Margaritiferidae and Unionidae described from Florida and drainages contiguous with Alabama and Georgia. **Bulletin of the Florida Museum of Natural History**, v. 51, n. 1, p. 1-84, 2011.

WILLIAMS, J. D.; BOGAN, A. E.; BUTLER, R. S.; CUMMINGS, K. S.; GARNER, J. T.; HARRIS, J. L.; JOHNSON, N. A.; WATTERS, G. T. A Revised List of the Freshwater Mussels (MOLLUSCA: BIVALVIA: UNIONIDA) of the United States and Canada. **Freshwater Mollusk Biology and Conservation**, v. 20, n. p. 33-58, 2017.

WILSON, J. S.; PAN, A. D.; GENERAL, D. E. M.; KOCH, J. B. More eyes on the prize: an observation of a very rare, threatened species of Philippine Bumble bee, *Bombus irisanensis*, on iNaturalist and the importance of citizen science in conservation biology. **Journal of Insect Conservation**, v. 24, n. 4, p. 727-729, 2020.

YUSEFI, G. H.; SAFI, K.; BRITO, J. C. Network- and distance-based methods in bioregionalization processes at regional scale: An application to the terrestrial mammals of Iran. **Journal of Biogeography**, v. 46, n. 11, p. 2433-2443, 2019.

ZIZKA, A.; STEEGE, H. T.; PESSOA, M. D. C. R.; ANTONELLI, A. Finding needles in the haystack: where to look for rare species in the American tropics. **Ecography**, v. 41, n. 2, p. 321-330, 2018.

ZIZKA, A.; SILVESTRO, D.; ANDERMANN, T.; AZEVEDO, J.; DUARTE RITTER, C.; EDLER, D.; FAROOQ, H.; HERDEAN, A.; ARIZA, M.; SCHARN, R.; SVANTESSON, S.; WENGSTRÖM, N.; ZIZKA, V.; ANTONELLI, A. CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 5, p. 744-751, 2019.

APÊNDICE – ASSERTIVAS UTILIZADAS NO FORMULÁRIO APLICADO ATRAVÉS DO GOOGLE FORMS

01. A biogeografia estuda a distribuição dos organismos vivos através do tempo e do espaço.
02. A biogeografia ecológica estuda como processos ecológicos que ocorrem a longo prazo atuam sobre os padrões de distribuição dos organismos.
03. A biogeografia histórica estuda como processos ecológicos que ocorrem a curto prazo atuam sobre o padrão de distribuição dos organismos.
04. A teoria da Biogeografia de Ilhas propõe que a quantidade de espécies em um local resulta apenas do balanço entre eventos de migração e extinção.
05. O conceito de Biogeografia de Ilhas pode ser aplicado em outras dimensões de área que não correspondam ao conceito geológico de Ilha (porção de terra menos extensa que os continentes e cercada por água por todos os lados).
06. A biorregionalização é o ato de classificar determinadas regiões com base na biota existente no local. Sem considerar aspectos de análise, cada agrupamento de cores representados na imagem corresponde a uma região distinta da outra com base na composição de organismos encontrados nesses locais.
07. A relação entre espécie-área não é variável. A riqueza não aumenta com o tamanho da biorregião e nem diminui quanto maior a distância da fonte de colonização.
08. A probabilidade de extinção de uma espécie varia em função do tamanho da biorregião. As menores biorregiões apresentam maiores riscos de extinções de espécies. Neste caso, as regiões nas cores laranja (Flórida) e fúcsia (porção oeste da América Central e México) estão mais sujeitas à taxas de extinção que as demais regiões.
09. A biogeografia não contribui para o conhecimento da distribuição de espécies ameaçadas de extinção.
10. Medidas de conservação que priorizam biorregiões com alta riqueza de espécies e alto nível de endemismo são mais eficazes e aplicáveis do que modelos que visam a conservação de espécies únicas.

A figura abaixo foi utilizada para as assertivas 06 e 08.

