



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

PABLO GOUVEIA BRITO

**PERFORMANCE DE ESTIMADORES DE RIQUEZA PARA INVENTÁRIOS DE
MACROINVERTEBRADOS EM RESERVATÓRIOS**

**Campina Grande-PB
2019**

PABLO GOUVEIA BRITO

**PERFORMANCE DE ESTIMADORES DE RIQUEZA PARA INVENTÁRIOS DE
MACROINVERTEBRADOS EM RESERVATÓRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, como requisito parcial a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a. Dra. Joseline Molozzi

Co-orientadora: Dra. Daniele Jovem S. Azevêdo.

**Campina Grande
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B862p Brito, Pablo Gouveia.
Performance de estimadores de riqueza para inventários de macroinvertebrados em reservatórios [manuscrito] / Pablo Gouveia Brito. - 2019.
27 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Joseline Molozzi, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."
"Coorientação: Profa. Dra. Daniele Jovem da Silva Azevêdo, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."
1. Bacias hidrográficas. 2. Inventário biológico. 3. Macroinvertebrados bentônicos. I. Título
21. ed. CDD 577.6

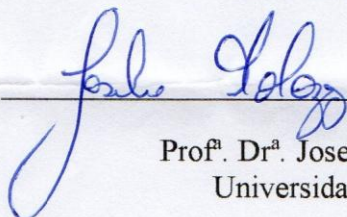
PABLO GOUVEIA BRITO

**PERFORMANCE DE ESTIMADORES DA RIQUEZA PARA INVENTÁRIOS
DE MACROINVERTEBRADOS EM RESERVATÓRIOS.**

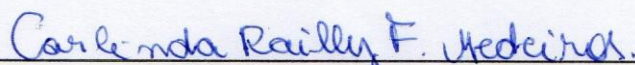
Trabalho de Conclusão de Curso
(Artigo) apresentado ao curso de
Licenciatura em Ciências Biológicas da
Universidade Estadual da Paraíba –
UEPB, como requisito parcial a
obtenção do título de Licenciado em
Ciências Biológicas.

Aprovada em 03 / 06 / 2019

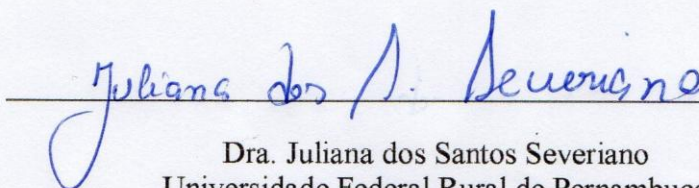
BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª Dr.ª Joseline Molozzi (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba



Me. Carlinda Raily Ferreira Medeiros
Universidade Federal do Pará



Dra. Juliana dos Santos Severiano
Universidade Federal Rural de Pernambuco

“O ego é dotado de um poder, de uma força criativa, conquista tardia da humanidade, a que chamamos vontade.”

Carl Jung

SUMÁRIO

1. Introdução.....	6
2. Material e Métodos.....	8
2.1 <i>Área de estudo e desenho amostral</i>	8
2.2 <i>Comunidade de macroinvertebrados bentônicos</i>	9
2.3 <i>Estimadores de riqueza não paramétricos</i>	10
2.4 <i>Análise de dados</i>	11
3. Resultados	13
3.1 <i>Macroinvertebrados bentônicos</i>	13
3.2 <i>Estimadores de riqueza não paramétricos</i>	13
4. Discussão	17
5. Conclusões.....	18
6. Referências.....	19
ANEXO A Comunidade de Macroinvertebrados (nº de indivíduos/taxa) de todos os reservatórios: Rio Piranhas-Assu (Sabugí, P. Traíras e Cruzeta) e Rio Paraíba (Cordeiro, Sumé e Poções). * (taxon não encontrado).	25

PERFORMANCE DE ESTIMADORES DE RIQUEZA PARA INVENTÁRIOS DE MACROINVERTEBRADOS EM RESERVATÓRIOS

Pablo Gouveia Brito¹

Daniele Jovem da Silva Azevêdo²

Joseline Molozzi³

RESUMO

A utilização de inventários biológicos, associada a estimativa da riqueza de espécies, representa uma ferramenta útil para subsidiar informações voltadas ao manejo e a conservação dos ecossistemas. Este estudo teve como objetivos: i) avaliar comparativamente a eficiência de estimadores de riqueza não-paramétricos e ii) avaliar se a eficiência de estimadores é alterada quando aplicada em bacias hidrográficas em diferentes ecorregiões. O estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas (Piranhas-Assu e Paraíba), localizadas em duas ecorregiões do semiárido (Depressão Sertaneja Meridional e Depressão Sertaneja Meridional) e para cada bacia hidrográfica foram selecionados 3 reservatórios. Os macroinvertebrados foram amostrados em 4 períodos (Junho, Setembro, Dezembro de 2014 e Março de 2015), em 141 sites distribuídos na zona litorânea dos reservatórios. Foram analisados comparativamente seis estimadores de riqueza não-paramétricos: Jackknife 1, Jackknife 2, Chao1, Chao 2, ICE (Incidence-based Coverage Estimator) e Bootstrap, além três indicadores: viesamento, precisão e acurácia. Nossos resultados mostram que os estimadores os estimadores ICE, Chao2, Jackknife1 e Jackknife2 apresentam resultados mais estáveis sobre a riqueza total das espécies, no entanto diferiram quanto ao viés, precisão e acurácia entre as ecorregiões, entre os estimadores estudados o ICE e o Jackknife 2 obtiveram melhor resultado. Podemos concluir que os estimadores de riqueza sofrem influência da variação no número de amostras, o que pode resultar em diferenças de viés, acurácia e precisão, se mostrando úteis na elaboração de inventários biológicos.

Palavras-chave: inventário biológico, ICE, bacias hidrográficas.

¹Graduação em Ciências Biológicas- Universidade Estadual da Paraíba/Campus I, Av. Baraúnas, 351, Bairro Universitário, CEP: 58429-500, Campina Grande- PB. E-mail: pablogouveia@live.com

²Programa de Pós-Graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre - Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: daniele.jazevedo@gmail.com

³Departamento de Biologia/ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - Universidade Estadual da Paraíba Universidade Estadual da Paraíba - Campus I, Av. Baraúnas, 351, Bairro Universitário, CEP: 58429-500, Campina Grande- PB. E-mail: jmolozzi@gmail.com

ABSTRACT

The use of biological inventories, combined with the estimation of species richness, represents a useful tool to subsidize information on the management and conservation of ecosystems. This study aimed to: i) comparatively evaluate the efficiency of non-parametric wealth estimators and ii) to evaluate the efficiency of the estimators is changed when applied in different basins ecoregion. The study was carried out in two hydrographic basins (Piranhas-Assu and Paraíba), located in two semi-arid ecoregions (Depressão Sertaneja Meridional e Depressão Sertaneja Meridional) and three reservoirs were selected for each basin. The macroinvertebrates were sampled in four periods (June, September, December 2014 and March 2015), in 141 sites distributed in the coastal zone of the reservoirs. We compared six non-parametric wealth estimators: Jackknife 1, Jackknife 2, Chao1, Chao 2, ICE and Bootstrap, and three indicators: bias, precision and accuracy. Our results show that the ICE (Incidence-based Coverage Estimator), Chao2, Jackknife1 and Jackknife2 estimators present more stable results on the total richness of the species, but differed in bias, precision and accuracy among the ecoregions, among the ICE estimators obtained better results. We can conclude that the wealth estimators are influenced by the variation in the number of samples, which can result in differences in bias, accuracy and precision, if useful in the elaboration of biological inventories.

Keywords: biological inventory, ICE, hydrographic basins.

1. Introdução

As frequentes alterações antrópicas sobre os ecossistemas aquáticos tais como a construção de reservatórios que surgem como medida de suprir as necessidades de abastecimento e favorecer o desenvolvimento social e econômico local, afetam a integridade física, química e biológica nesses ambientes, resultando no decaimento da riqueza nas comunidades (MALTCHIK, 1996, GOULART & CALLISTO, 2003, FERREIRA, 2017). A variação da riqueza de espécies, frente às alterações ambientais, tem sido utilizada como um indicador apropriado no delineamento das comunidades nos ecossistemas (BÂNCILĂ et al., 2014).

Em particular, os inventários biológicos surgem com o intuito de fornecer dados sobre a biodiversidade assim como a composição de fauna e flora de um determinado ambiente, representando assim componentes complementares à análise da riqueza, pois permitem caracterizar a biodiversidade em múltiplas escalas (local e regional) e promovem uma avaliação e comparação quantitativas dos conjuntos de espécies entre regiões (GOTELLI & COLWELL, 2001, MAGURRAN, 2013). No entanto, para que os inventários biológicos sejam comparáveis entre si, faz-se necessária a elaboração destes em diferentes regiões, tendo em vista que a flora e fauna podem sofrer maior variação em escala regional (CIESIELKA & BAILEY, 2007). A utilização de métodos de estimativa de riqueza tem demonstrado ser ferramentas úteis para a elaboração destes inventários (ARAÚJO et al. 2005, SANTOS, 2006).

Diversos métodos para estimativa da riqueza de espécies foram propostos. Atualmente são conhecidos os estimadores paramétricos e os não-paramétricos. Os primeiros, estimadores paramétricos, exigem dados de abundância ou da relação espécie área, o que torna o estudo

ainda mais dispendioso e por isso têm sido utilizados em menor proporção (PALMER, 1991; WALTHER & MORAND, 1998, MAO & COLWELL, 2005). Enquanto os não-paramétricos permitem a comparação das amostras por interpolação de dados e a obtenção de um número não padronizado de unidades de amostras (GOTELLI et al., 2010). Além disso, não englobam somente informações de abundância, mas também riqueza observada e o número de espécies raras (MELO, 2003), neste estudo selecionamos seis destes estimadores sendo eles: O Jackknife 1 (utiliza o número de espécies que ocorrem em apenas uma amostra em seu cálculo), Jackknife 2 (utiliza tanto os números de espécies que ocorreram em apenas uma amostra, como também em duas amostras), Chao 1 (é baseado na abundância e utiliza a relação entre o número de singletons (número de espécies observado nas amostras, é o número de espécies representadas por apenas um espécime) e doubletons (é o número de espécies representado por exatamente dois espécimes na amostra), Chao 2 (considera as espécies que ocorrem em uma e somente uma amostra e também as espécies que ocorrem em duas e somente duas amostras, entre todas as amostras tomadas na comunidade), ICE (é baseado em incidência, utilizando espécies raras (10 ou menos indivíduos) e Bootstrap (utiliza dados de todas as espécies coletadas, para estimar a riqueza total). A combinação das informações fornecidas pelos estimadores possibilita a utilização de uma ferramenta robusta para obtenção de estimativas mais eficazes, mesmo que para uma população pequena (GOTELLI & COLWELL, 2010).

Estudos com estimadores de riqueza já foram realizados com as mais variadas comunidades: parasitas (WALTHER et al., 1995, BAUTISTA-HERNÁNDEZ, 2013, WATSON et al, 2017), invertebrados aquáticos (MELO & FROEHLICH, 2001, BASUALDO, 2011), peixes (HUGHES et al., 2002, GARCÍA, 2017) e aranhas (JIMÉNEZ-VALVERDE, 2006, CARDOSO, 2008, DIAS, 2012), todos esses desenvolvidos em ecossistemas naturais. Mas ao nosso conhecimento, estudo sobre essa temática em ambientes artificiais, como os reservatórios são inexistentes.

Apesar dos estimadores de riqueza serem amplamente empregados a diversos ecossistemas, a compreensão da performance dos estimadores vem sendo discutida ao longo dos anos (BROSE, 2003; CAO, 2004; REESE et al. 2014). Esta discussão tem possibilitado observar, que os estimadores de riqueza de espécies não-paramétricos mostram melhores performances quando comparado aos outros métodos que utilizam como base a acumulação da curva de espécies (KESSLER & CAHILL, 2002; WAGNER & WILDI, 2002).

Assim, o emprego desses estimadores tem representado uma ferramenta útil para diversos programas de monitoramento no mundo, considerando o alto índice de devastação dos ecossistemas e da extinção de espécies, estes estimadores permitem subsidiar informações para o manejo e a conservação destes ecossistemas (WORM et al., 2006, GARDNER et al., 2008). Aqui, iremos analisar a performance dos estimadores de riqueza com base na comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Selecionamos esta comunidade, pois ela é composta principalmente por organismos abundantes em reservatórios e que durante todo o seu ciclo de vida, ou parte dele, vivem no sedimento estando sujeitos as variações ambientais onde sua sensibilidade a essas variações se torna um fator determinante para a variação da riqueza local (CLEWS et al., 2014; GUITIERREZ-LÓPEZ, 2017).

Neste contexto, consideramos a necessidade de avaliar a resposta de estimadores de riqueza em reservatórios. O presente estudo teve como principais objetivos: i) avaliar comparativamente a eficiência dos estimadores de riqueza não-paramétricos e ii) avaliar se a eficiência dos estimadores é alterada quando aplicada em bacias hidrográficas em diferentes ecorregiões.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo e desenho amostral

O estudo foi realizado nas bacias hidrográficas do rio Paraíba (Estado da Paraíba) e do rio Piranhas-Assu (Estado do Rio Grande do Norte). Em cada uma das bacias hidrográficas foram selecionados 3 reservatórios (Tabela 1).

A bacia hidrográfica do rio Paraíba ($6^{\circ}51'31''$; $8^{\circ}26'2''$ S e $34^{\circ}48'35''$; $37^{\circ}2'15''$ W) possui uma área de 20.071,83 km², sendo considerada a segunda maior do Estado da Paraíba, pois abrange 38% do seu território. O clima onde a bacia está inserida é do tipo o BSh semiárido quente (Köppen, 1936), apresentando uma precipitação média de 400 mm/ano. Enquanto a bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu ($5^{\circ}25'17''$; $7^{\circ}52'14''$ S e $36^{\circ}8'4,6''$; $38^{\circ}47'32,6''$ W) apresenta área total de drenagem de 43.681,50 km², sendo que 26.183,00 km² (correspondente a 60% de sua área total) encontra-se inserida no Estado da Paraíba e 17.498,50 km² (40% de sua área total) no Estado do Rio Grande do Norte. O clima da região também é classificado como BSh semiárido quente (Köppen, 1936), apresentando precipitações anuais que variam entre 500-800 mm/ano (ALVARES et al., 2013).

As duas bacias hidrográficas selecionadas neste estudo estão inseridas em diferentes ecorregiões, estando a bacia do rio Paraíba localizada na Depressão Sertaneja Meridional e a bacia do rio Piranhas-Assu na Depressão Sertaneja Setentrional (ALVARES et al., 2013). A ecorregião Meridional apresenta uma vegetação de arbustiva a arbórea predominando a caatinga arbórea, com solos mais profundos de baixa fertilidade natural, característicos de Luvisolos Crômicos (solos que apresentam cores fortes, variando de vermelho a amarelo, com caráter eutrófico, o que favorece o enraizamento em profundidade) e Neossolos Flúvicos (distróficos ou ácidos, com baixa produtividade) (VELLOSO et al., 2002). Enquanto a Depressão Setentrional é principalmente caracterizada por vegetação arbustiva a arbórea e maior regularidade da estação chuvosa (menor incidência de secas), Planossolo Nátrico (pouco profundos, possuindo uma coloração de tons mais clara e uma textura arenosa) e predominância do Vertissolo Cromado (solos minerais não hidromórficos, pouco permeáveis e textura argilosa) (ANA, 2016).

Na bacia hidrográfica do rio Paraíba foi selecionados 75 sites de amostragem, sendo 25 sites distribuídos em cada reservatório (Sumé, Poções e Cordeiro). Enquanto, na bacia do rio Piranhas-Assu foram selecionados 66 pontos amostrais, sendo: 31 em Sabugí, 10 em Passagem das Traíras e 25 em Cruzeta (Figura 1), nos meses de Junho, Setembro e Dezembro de 2014 e Março de 2015, totalizando 300 locais de amostragem na bacia do Rio Paraíba e 264 locais de amostragem na Bacia do Rio Piranhas-Assu. Todas as amostragens foram realizadas na região litorânea dos reservatórios.

Figura 1: Localização dos pontos de amostragem nos reservatórios Poções, Cordeiro e Sumé (bacia do Rio Paraíba, estado da Paraíba) e Cruzeta, Passagem das Traíras e Sabugí (bacia do Rio Piranhas-Assu, estado do Rio Grande do Norte); Nordeste do Brasil.



2.2 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi coletada com auxílio de uma draga Eckman-Birge (225 cm²) e as amostras fixadas em campo com solução de formaldeído a 10%. Posteriormente, as amostras foram lavadas em peneiras com abertura de 0,50 mm e em seguida conservadas em álcool a 70%. O material foi triado e os indivíduos foram contados e identificados com o auxílio de estereomicroscópio de luz. Os organismos foram identificados ao nível de família, exceto as larvas de Chironomidae que foram identificadas em nível de gênero (BOFFI, 1979; FERNÁNDEZ & DOMÍNGUEZ; 2001; MUGNAI et al., 2010, TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

2.3 Estimadores de riqueza não paramétricos

Neste estudo foram analisados comparativamente seis estimadores de riqueza não-paramétricos Jackknife 1, Jackknife 2, Chao1, Chao 2, ICE (Incidence-based Coverage Estimator) e Bootstrap, sendo calculados da seguinte forma:

I) Jackknife 1:

$$Jack_1 = S_{obs} + Q_1 \left(\frac{m-1}{m} \right)$$

Onde:

“Jack₁” = estimador de riqueza Jackknife de primeira ordem;

“S_{obs}” = número total de espécies observadas em todas as amostras;

“Q₁” = número de espécies que ocorrem só em uma amostra (espécies únicas);

“m” = número de amostras.

II) Jackknife 2:

$$Jack_2 = S_{obs} + \left[\frac{Q_1(2m-2)}{m} - \frac{Q_2(m-2)^2}{m(m-1)} \right]$$

Onde:

“Jack₂” = estimador de riqueza Jackknife de segunda ordem;

“S_{obs}” = número total de espécies observadas em todas as amostras;

“Q₁” = número de espécies que ocorre só em uma amostra (únicas);

“Q₂” = número de espécies que ocorre só em duas amostras (duplicatas);

“m” = número de amostras.

III) Chao 1:

$$Chao_1 = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

Onde:

“Chao₁” = estimador de riqueza Chao de primeira ordem;

“S_{obs}” = número de espécies da amostra;

“F₁” = número de espécies observadas representadas por um só indivíduo na amostra (singletons);

“F₂” = número de espécies observadas representadas por dois indivíduos na amostra (doubletons).

IV) Chao 2:

$$Chao_2 = S_{obs} + \frac{L^2}{2M}$$

Onde:

“Chao₂” = estimador de riqueza Chao de segunda ordem;

“S_{obs}” = número de espécies da amostra;

“L²” = número de espécies que ocorrem em uma única amostra (espécies únicas);

“M” = o número de espécies que ocorre em duas amostras.

V) ICE (Incidence-based Coverage Estimator):

$$ICE = S_{freq} + \frac{S_{infr}}{C_{ice}} + \frac{Q_1}{C_{ice}} \gamma^2_{ice}$$

Onde:

“ICE” = estimador de riqueza ICE;

“S_{infr}” = número de espécies infrequentes (entre 1 e 10 indivíduos na amostra);

“S_{freq}” = número de espécies comuns;

“Q₁” = número de espécies únicas

VI) Bootstrap:

$$Boot = S_{obs} + \sum_{k=1}^{S_{obs}} (1 - P_k)^2$$

Onde:

“Boot” = Estimador de riqueza Bootstrap

“P_k” = proporção do número de amostras em que cada espécie foi registrada

“S_{obs}” = número de espécies da amostra;

2.4 Análise de dados

Para o cálculo da estimativa de riqueza, as amostras foram randomizadas 9999 vezes com o intuito de analisar os valores do estimador médio, assim como da riqueza de espécies para cada nível de amostra acumulada, utilizando software EstimateS 9.1.0 (COLWHEEL, 2005). Posteriormente, para comparação dos resultados entre os estimadores, curvas de rarefação foram construídas para determinar se o esforço de amostragem foi suficiente na estimativa da riqueza entre as bacias hidrográficas estudadas (COLEMAN, 1982). Um estimador de riqueza

com melhor performance, é aquele que chega a uma assíntota constante com menos amostras do que as demandadas pela curva de rarefação (CHAO & LEE, 1992; LOPEZ et al. 2012).

Para a análise do desempenho dos estimadores, três indicadores foram calculados: enviesamento, precisão e acurácia, utilizando valores padrões para avaliar qual o estimador obteve melhor performance, considerando os valores padrões para o enviesamento : 0, precisão e acurácia: 1, como proposto por WALTHER & MOORE (2005). Sendo eles:

- (I) enviesamento (viés): diferença entre o valor esperado do estimador e o valor real da população da riqueza de espécies, se negativo esse valor implica que a riqueza de espécies foi subestimada, se positivo a riqueza de espécies foi superestimada. Dado pela fórmula:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A)$$

Onde:

“A” = riqueza de espécies assintótica ou total;

“E_j” = riqueza de espécie estimada para a amostra “j”;

“n” = número amostral.

- (II) precisão: diferença entre a estimativa das amostras e a média das estimativas de todas as amostras possíveis em uma dada população. Dado pela fórmula:

$$Var = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - \hat{E})^2$$

Onde:

“E_j” = riqueza de espécie estimada para a amostra “j”;

“n” = número amostral;

“ \hat{E} ” = média da população.

- (III) acurácia: distância entre os valores estimados e o valor real. Dado pela fórmula:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A)^2$$

Onde:

“E_j” = riqueza de espécie estimada para a amostra “j”;

“n” = número amostral;

Para avaliar diferenças significativas na riqueza específica de macroinvertebrados aplicamos uma “Permutational Univariate Analysis of Variance” (Euclidian-distance similarity coefficient, 9999 permutations), considerando o valor de significância 0,05 (ANDERSON 2001A, B; ANDERSON AND BRAAK 2003; ANDERSON ET AL., 2008), considerando o fator bacias hidrográficas (rios Paraíba e Piranhas-Assu).

3. Resultados

3.1 *Macroinvertebrados bentônicos*

Durante o período estudado foram identificados 65 *taxa* de macroinvertebrados bentônicos. A maior riqueza taxonômica foi encontrada para a bacia do rio Piranhas-Assu (44 *taxa*), em comparação a bacia hidrográfica do rio Paraíba (36 *taxa*). Diferença significativa ocorreu para a riqueza taxonômica entre as bacias hidrográficas (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,477} = 118,7$; $p = 0,0001$).

3.2 *Estimadores de riqueza não paramétricos*

Em ambas ecorregiões houve o aumento da riqueza das espécies diante o aumento do esforço amostral (Figura 2 e 3), para ambas as ecorregiões o estimador Jackknife 2 foi o primeiro a atingir a assíntota com menos amostras. Em relação aos indicadores de desempenho, observamos que os estimadores analisados diferiram significativamente em relação ao viés, precisão e acurácia entre as diferentes ecorregiões (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,11} = 8,35$; $p = 0,001$; Tabela 2). Analisando o viés dos estimadores estudados foi possível observar que para a Bacia do Rio Paraíba observamos que o estimador Jackknife 1 mostrou melhor resultado quando comparado com os outros estimadores de riqueza de espécies não-paramétricos, enquanto o Bootstrap obteve o menor desempenho em relação ao viés. Avaliando a precisão e acurácia dos estimadores temos o ICE como estimador que apresentou melhor resultado tanto em precisão como em acurácia, o estimador Chao 1 foi menos preciso entre todos os estimadores analisados.

Para a Bacia do Rio Piranhas-Assu todos estimadores apresentaram o viés negativo isso implica que todos os estimadores subestimaram a riqueza de espécies, com melhor performance registrada para Jackknife2, este estimador também apresentou uma melhor performance na acurácia em relação aos outros estimadores, assim como na Bacia do Rio Paraíba o estimador Bootstrap apresentou uma pior performance para os 3 indicadores avaliados. Em relação à precisão o estimador ICE foi quem obteve melhor performance (Tabela 2).

Tabela 2. Viés, precisão e acurácia dos estimadores de riqueza (ICE, Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap), nas bacias do rio Paraíba e Piranhas Assu. Em negrito valores máximos dos índices (viés, precisão e acurácia) para cada estimador.

Estimador	Bacia Rio Paraíba			Bacia Rio Piranhas Assú		
	<i>Viés</i>	<i>Precisão</i>	<i>Acurácia</i>	<i>Viés</i>	<i>Precisão</i>	<i>Acurácia</i>
ICE	- 0,019	0,894	0,988	- 0,136	0,906	0,974
Chao1	0,080	0,752	0,922	- 0,150	0,864	0,964
Chao2	0,053	0,846	0,970	- 0,102	0,889	0,979
Jackknife1	0,001	0,816	0,966	- 0,113	0,861	0,972
Jackknife2	0,085	0,830	0,958	- 0,072	0,874	0,981
Bootstrap	- 0,094	0,793	0,956	- 0,175	0,840	0,951

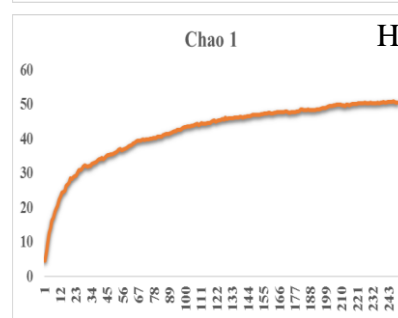
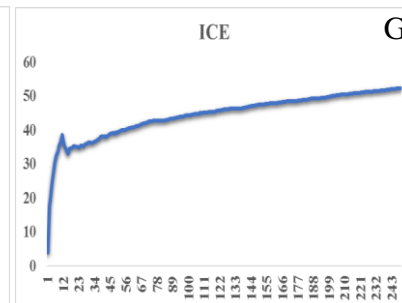
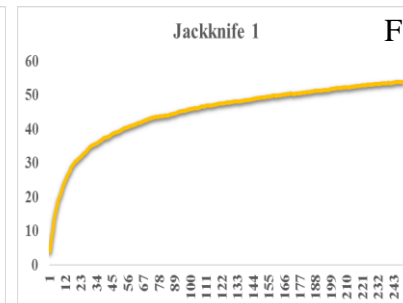
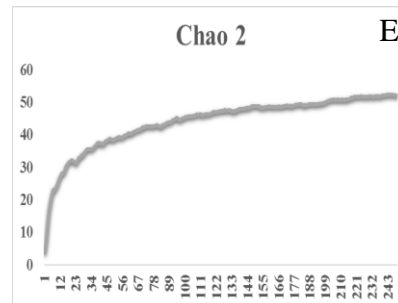
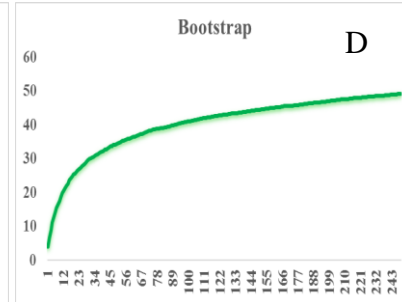
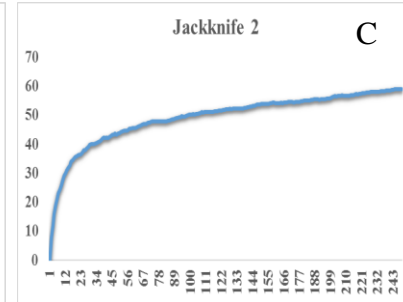
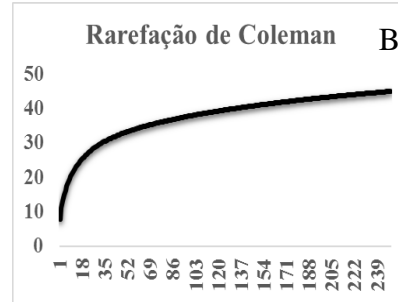
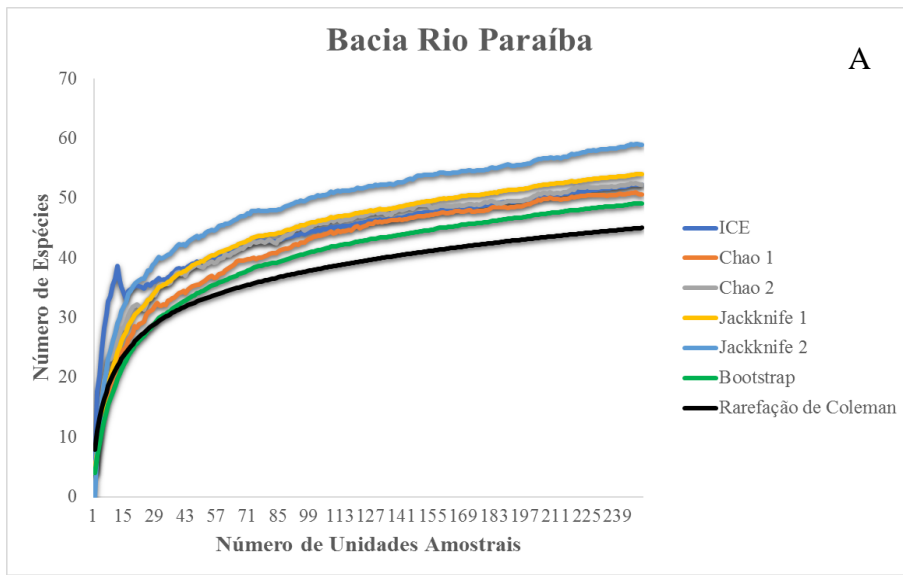


Figura 2: Riqueza observada de espécies de macroinvertebrados bentônicos e riqueza estimada a partir de seis estimadores não paramétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. A: Curva de desempenho de todos os estimadores analisados. B: Rarefação de Coleman. Desempenho dos estimadores individualmente – C: Jackknife2; D: Bootstrap; E: Chao2; F: Jackknife1; G: ICE e H: Chao 1.

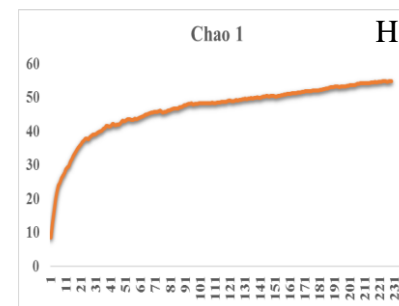
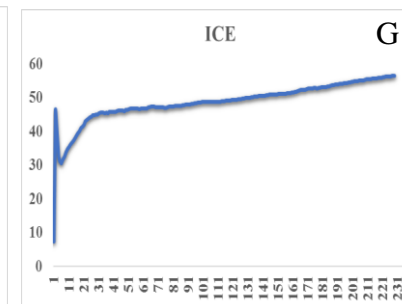
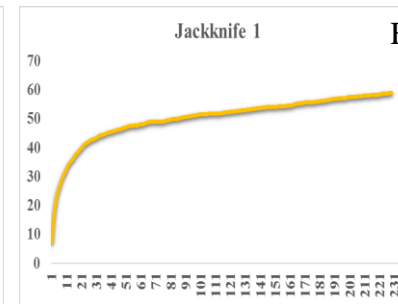
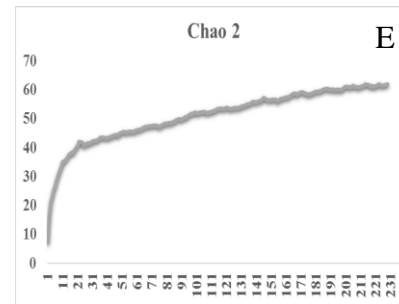
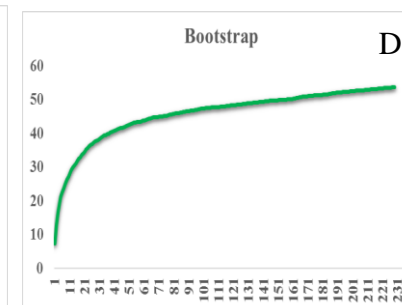
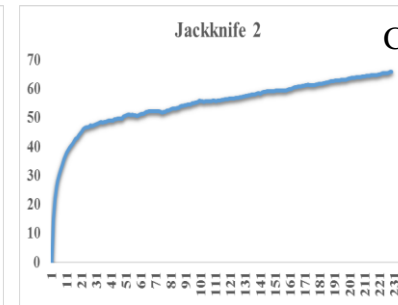
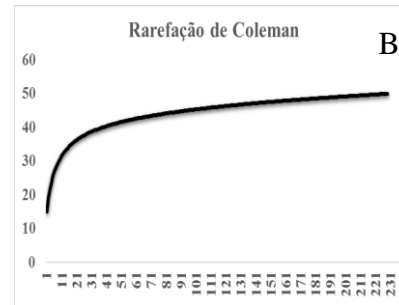
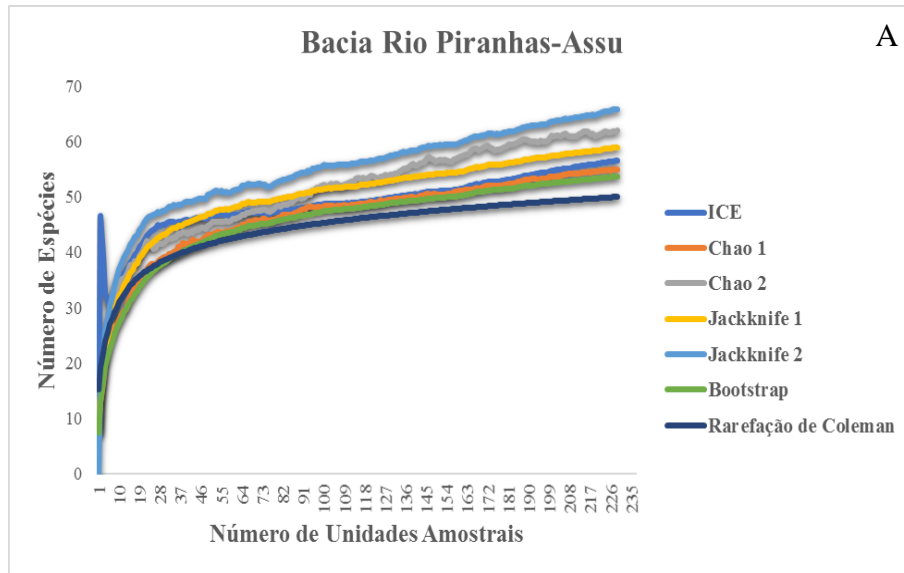


Figura 3: Riqueza observada de espécies de macroinvertebrados bentônicos e riqueza estimada a partir de seis estimadores não paramétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas Assú. A: Curva de desempenho de todos os estimadores analisados. B: Rarefação de Coleman. Desempenho dos estimadores individualmente – C: Jackknife2; D: Bootstrap; E: Chao2; F: Jackknife1; G: ICE e H: Chao 1.

4. Discussão

Nosso estudo demonstrou que a variação no número de amostras em diferentes ecorregiões tem forte influência sobre a acurácia e precisão, mas especialmente sobre o viés entre os estimadores analisados. Desse modo, estudos considerando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em diferentes regiões e com um conjunto amostral diferenciado devem ser cuidadosamente analisados. Aqui, foi demonstrado que os estimadores ICE, Chao2, Jackknife1 e Jackknife2 apresentam resultados mais estáveis sobre a riqueza total das espécies e por isso a sua utilização se torna confiável. Temos demonstrado, sobretudo, que os estimadores ICE e Jackknife2 mostram melhores desempenho para estimar a riqueza de macroinvertebrados, mesmo para um conjunto de dados de diferentes ecorregiões, demonstrando assim que estes podem ser ferramentas úteis e promissoras em estudos de inventários biológicos em zonas semiáridas.

O desempenho dos estimadores diferiu quando comparadas as bacias hidrográficas em diferentes ecorregiões. Estudos prévios indicam que os estimadores Chao2, Jackknife1 e Jackknife2 são os mais eficientes quando aplicados a estudos com maior tamanho amostral (COLWELL & CODDINGTON, 1994; WALTHER & MORAND, 1998). No entanto, nossos resultados indicam que o ICE (bacia hidrográfica do rio Paraíba – ecorregião Sertaneja Meridional) e Jackknife2 (bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu – ecorregião Sertaneja Setentrional) apresentaram uma melhor performance. Estes resultados sugerem que diferenças no esforço amostral resultam em diferenças no padrão da riqueza de espécies, o que pode influenciar o desempenho dos estimadores. Observamos que a riqueza total das espécies variou significativamente entre as bacias hidrográficas, o também que pode ter afetado a performance dos estimadores entre as ecorregiões. Magurran (2011) enfatiza que a performance dos estimadores depende de algumas variáveis, como: riqueza total das espécies e o tamanho das amostras. Estudos prévios tem demonstrado variação nos estimadores quando aplicados em diferentes regiões, assim como em nosso estudo (CANNING-CLODE et al., 2008; PETERSEN & MEIER, 2003)

No caso do ICE, esse estimador tem como premissa a utilização de espécies raras (poucas ocorrências), o que ocorreu em maior proporção na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu (especialmente gêneros da família Chironomidae, ver ANEXO I. Além disso a estabilização da curva ocorreu com cerca de 20 amostras, o que pode contribuir para o aumento sua precisão. Vale salientar que quando há uma alta proporção de espécies raras, o *plateau* da riqueza de espécies é atingido quando há maior esforço amostral (RAMOS-MERCHANTE & PRENDA, 2017), como temos demonstrado para a bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu. Outros estudos analisando comparativamente estimadores não-paramétricos em diferentes comunidades (ex. répteis, comunidades marinhas bentônicas, comunidades bentônicas em rios, comunidades de parasitas) têm relatado padrão similar de estabilização para o mesmo estimador, corroborando com os nossos resultados (POULIN, 1998; MELO et al., 2001; CANNING-CLODE et al., 2008; BANCILÃ et al. 2014).

O estimador Jackknife 2 é baseado na ocorrência das espécies em uma amostra, assim como no número de espécies que ocorrem exatamente em duas amostras (BURNHAM & OVERTON, 1979). Estudos realizados ao longo dos anos demonstraram que o estimador Jackknife 2 é considerado um dos mais robustos em relação a estimativa de riqueza de espécies, exibindo os melhores resultados em acurácia e viés, no entanto menos preciso, assim como encontramos em nossos resultados (HELLMAN E FOWLER, 1999; BROSE et al., 2003).

A utilização de outros indicadores (ex. viés, precisão e acurácia), além das tradicionais curvas de rarefação é encorajada, pois estes indicadores são testáveis, subsidiando informações comparáveis para o desenvolvimento estudos posteriores (BROSE & MARTINEZ, 2004). Indicadores como enviesamento, precisão e acurácia, assim como avaliamos em nosso estudo, devem ser avaliados junto aos estimadores estudados, pois são capazes de inferir sobre a precisão dos estimadores e são menos tendenciosos, que os métodos gráficos (WALTHER & MOORE, 2005). Esses indicadores surgem com a finalidade de avaliar algumas características as quais afetam a performance destes estimadores (ex: número total de espécies, número de espécies raras, assim como, o padrão de distribuição das espécies), o que confere maior robustez aos resultados sobre eficiência dos estimadores independente da comunidade (COLWELL et al., 2012).

5. Conclusões

Nosso estudo observou que os estimadores de riqueza sofrem influência da variação no número de amostras, o que pode resultar em diferenças de viés, acurácia e precisão. Assim, estudos de estimativa de riqueza que utilizam esforço amostral diferenciado devem mostrar cautela na análise dos estimadores.

Considerando as características dos estimadores de riqueza (precisão, constância, número de amostras), os estimadores ICE e Jackknife 2 mostraram performance satisfatória quando analisados a partir dos dados de diferentes ecorregiões. Isto representa que tais estimadores podem ser ferramentas úteis para criação de inventários biológicos, especialmente quando empregados a dados obtidos a partir de uma escala ecorregional.

6. Referências

- ALVARES. C. A., STAPE J. L., SENTELHAS P. C., GONCALVES J. L. M. & SPAROVEK G. **Koöppen's climate classification map for Brazil**, *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, No. 6, 711–728, 2013.
- ARAÚJO, F. S., RODAL, M. J. N., BARBOSA, M. R. V. **Análise das variações da biodiversidade do Bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação**, *Série Biodiversidade* – 12, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- BĂNCILĂ R. I., COGĂLNICEANU D., PLĂIAȘU R., TUDOR M., CAZACU C., HARTEL T. **Comparative performance of incidence-based estimators of species richness in temperate zone herpetofauna inventories**. *Ecological Indicators* v. 45, p. 219-226, 2014.
- BAUTISTA-HERNANDEZ C. E, MONKS S, PULIDO G. **Los parásitos y el estudio de subio diversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies**. En: Pulido-Flores G, Monks C (eds). *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*. Vol 2. Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. p. 13-17, 2013.
- BASUALDO, C. V. **Choosing the best non-parametric richness estimator for benthic macroinvertebrates databases**. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* v.70, p. 27-38, 2011.
- BROSE, U., MARTINEZ, N. D., WILLIAMS, R. J. **Estimating species richness: sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns**. *Ecology* v.84: p. 2364–2377, 2003.
- BOFFI, A. V. **Moluscos brasileiros de interesse médico e econômico**. Ed. Hucitec, São Paulo, p. 182, 1979.
- BURNHAM, K. P. AND OVERTON, W. S. **Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals**. *Ecology* v. 60, p. 927-937, 1979.
- CAO, Y., LARSEN D. P. & WHITE, D. **Estimating regional species richness using a limited number of survey units**, *Écoscience*, v. 11:1, p. 23-25, 2004.
- CARDOSO, P, GASPAR, C, PEREIRA, L. C, SILVA, I; HENRIQUES, S. S, SILVA, R. R, SOUSA, P. **Assessing spider species richness and composition in Mediterranean cork oak forests**. *Acta Oecologica*. v. 33, p. 114-127, 2008.
- CIESIELKA I.K. & BAILEY R.C. **Hierarchical structure of stream ecosystems: consequences for bioassessment**. *Hydrobiologia*, v. 586, p. 57–67, 2007.

- CANNING-CLODE J, VALDIVIA, N., MOLIS M., THOMASON J. C, WAHL. M. **Estimation of regional richness in marine benthic communities: quantifying the error**, *innol. Oceanogr.:* Methods v. 6, p. 580–590, 2008.
- CHAO, A., LEE, S. M. **Estimating the number of classes via sample coverage**. *Journal of American Statistical Association* 87: 210-217. 1992.
- CLEWS, E & LOW, E-WEN & BELLE, CHRISTINA & TODD, PETER & EIKAAS, HANS & K.L. NG, PETER. **A pilot macroinvertebrate index of the water quality of Singapore's reservoirs**. *Ecological Indicators*, 2014.
- COLEMAN, B. D., MARES, M. A., WILLIG, M. R. & HSIEH, Y. **Randomness, area and species richness**. *Ecology* v. 63, p. 1121-1133, 1982.
- COLWELL, R. K. **EstimateS – statistical estimation of species richness and shared species for sample version 6**. User's guide and application published at <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>. 2005.
- COLWELL, R. K, CHAO A., GOTELLI N. J, MAO C. X, CHAZDON R.L., LONGINO J. T. **Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages**, *Journal of Plant Ecology*, v. 5, Issue 1, 2012.
- COLWELL, R. K., CODDINGTON, J. A. **Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation**. *Philos. Trans. R. Soc. London B series*, London v. 345, p. 101-118, 1994.
- DIAS S. C & BONALDO A. B. **Relative abundance and species richness of spiders (Arachnida, Araneae) in forest gaps originated from oil and gas exploitation at Urucu River Basin (Coari, Amazonas, Brazil)**. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. nat.*, Belém, v. 7, p. 123-152, 2012.
- FERREIRA, A. R. L., SANCHES FERNANDES, L. F., CORTES, R. M. V., PACHECO, F. A. L. **Assessing anthropogenic impacts on riverine ecosystems using nested partial least squares regression**. *Science Total of Environment*, v.583, p.466-477, 2017.
- FERNÁNDEZ, H. R. & DOMÍNGUES, E. **Guia para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, v. 282 p, 2001.
- GARCIA, C. B. **What do we know about soft-bottom elasmobranch species richness in the Colombian Caribbean and of its spatial distribution?**, *Regional Studies in Marine Science* v. 9 p.62–68, 2017.
- GARDNER, T.A., BARLOW, J., ARAUJO, I.S., AVILA- PIRES, T.C.S., BONALDO, A.B., COSTA, J.E. **The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests**. *Ecology Letter* v. 11, p.139–150. 2008.
- GORDON C. R., KENNETH R. WILSON & CURTIS H. F. **Performance of species richness estimators across assemblage types and survey parameters**. *Global Ecology and Biogeography*, v. 23, p. 585–594, 2014.

GOTELLI, N. J., COLWELL, R. K. **Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness.** *Ecological Letter.* v.4, p.379–391, 2001.

GOTELLI N. J & COLWELL R.K **Estimating species richness.** In: Magurran AE, McGill BJ (eds) *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment.* Oxford, United Kingdom, p. 39-54, 2010.

GOTELLI N. J, ELLISON A. M., DUNN R. R. & SANDERS N. J. F. **Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): Biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists.** *Myrmecological, News* v. 15, p. 13-19, 2010.

GOULART, M, CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental.** *Revista da FAPAM,* v.2, n.1, p.153- 164, 2003.

GUTIÉRREZ-LÓPEZ A., A. M. MEZA-SALAZAR Y G. GUEVARA. **Descomposición de hojas y colonización de macroinvertebrados acuáticos en dos microcuencas tropicales (Manizales, Colombia).** *Hidrobiológica* v. 26 (3): p. 347-357, 2017.

KESSLER, M., & CAHILL, T. M. **Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data.** *Auk,* v. 119(3), p. 749-769, 2002.

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie,** v.1, Part C (W. Köppen & R. Geiger, eds.). Gerbrüder Bornträger, Berlin, p. C1-C44, 1936.

LOPEZ L. C. S., FRACASSO M. P. A, MESQUITA D. O., PALMA A. R. T, RIUL, P. **The relationship between percentage of singletons and sampling effort: A new approach to reduce the bias of richness estimates,** *Ecological Indicators* v. 14, p. 164–169, 2012.

HELLMANN, J. J., FOWLER, G. W. **Bias, precision and accuracy of four measures of species richness.** *Ecological Applications* v. 9, p. 824-834. 1999.

HUGHES R. M., KAUFMANN P. R., HERLIHY A. T., INTELMANN S. S., CORBETT S. C., ARBOGAST M. C. & HJORT R. C. **Electrofishing distance needed to estimate fish species richness in raftable Oregon Rivers.** *North American Journal of Fisheries Management,* v. 22, p. 1229 – 124, 2002.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A. & LOBO, J.M. **Establishing reliable spider (Araneae, Araneidae and Thomisidae) assemblage sampling protocols: estimation of species richness, seasonal coverage and contribution of juvenile data to species richness and composition.** *Acta Oecol.* v.. 30:p. 21-32, 2006.

MAGURRAN, A. E. & MCGILL, B. J. **Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment.** Oxford University Press, Oxford, 2011.

MAGURRAN, A. E. **Measurement of (biological) diversity.** In *Measuring Biological Diversity,* Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell. p.11–14, 2013.

- MAO, C. X.; COLWELL, R. K. **Estimation of species richness: mixture models, the role of rare species, and inferential challenges.** *Ecology* v.86 p.1143–1153, 2005.
- MELO A. S. & FROEHKICH C. G. **Evaluation of methods for estimating macroinvertebrate species richness using individual stones in tropical streams.** *Freshwater Biology*, v. 46, p. 711- 721. 2001.
- MELO, A. S., PEREIRA, R. A. S, SANTOS. A. J, SHEPHERD, G. J., MEDEIROS, H. F., SAWAYA, R. J. **Comparing specie richness among assemblages using sample units: why not use extrapolation methods to standardize different sample sizes?** *Oikos*. v. 101. p-398-410. 2003.
- MUGNAI, R., J.L. NESSIMIAN & D.F. BAPTISTA. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro.** *Technical Books Editora*, Rio de Janeiro. 2010.
- PALMER, M. W. **Estimating species richness: the second order jackknife reconsidered.** *Ecology* v.72: p.1512-1513, 1991.
- PETERSEN, F. & MEIER, R. **Testing species-richness estimation methods on single-sample collection data using the Danish Diptera.** *Biodiversity and Conservation*, 2003.
- POULIN, R. **Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities.** *J. Parasitol.* v.84, p. 485-490. 1998.
- RAMOS-MERCHANTE A., PRENDA J. **Macroinvertebrate taxa richness uncertainty and kick sampling in the establishment of Mediterranean rivers ecological status.** *Ecological Indicators* ,p. 1–12. 2017.
- SANTOS, A. J. **Estimativas de riqueza em espécies**, p.19-41. Em: L. Cullen Jr., R. Rudran e C. Valladares-Padua (eds.) *Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. 2 ed. Curitiba: Editora UFPR, 2006.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. **Chironomidae (Insecta, Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil.** *Biota Neotropica*. v. 11. p. 1-10, 2011.
- VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga.** 1 ed. Recife: Associação plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, 2002.
- WAGNER, H. H., & WILDI, O. **Realistic simulation of effects of abundance distribution and spatial heterogeneity on non-parametric estimators of species richness.** *Ecoscience*, v. 9(2), p. 241-250, 2002.
- WALTHER, B. A.; MOORE, J. L. **The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimatos performance.** *Ecography* v. 28: p. 815-829. 2005.

WALTHER, B. A.; MORAND, S. **Comparative performance of species richness estimation methods.** *Parasitology*. v.116, p.395–405, 1998.

WALTHER, B.; COTGREAVE, P.; PRICE, R. D.; GREGORY, R. D.; CLAYTON, D. H. **Sampling effort and parasite species richness.** *Parasitol. Today* v.11 p.306-310, 1995.

WATSON, D.M; MILNER, K.V; LEIGH, A. **Novel application of species richness estimators to predict the host range of parasites.** *International Journal for Parasitology*, v. 47, p. 31-39, 2017.

WORM B. BARBIER E. B., BEAUMONT N., DUFFY J. E., FOLKE C., HALPERN B. S., JACKSON J. B. C. **Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services,** *Science*, v. 314, p. 787-790, 2006.

ANEXOS

ANEXO A Comunidade de Macroinvertebrados (nº de indivíduos/taxa) de todos os reservatórios: Rio Piranhas-Assu (Sabugí, P. Traíras e Cruzeta) e Rio Paraíba (Cordeiro, Sumé e Poções). * (taxa não encontrado).

Taxa/Reservatório	Piranhas-Assu river			Paraíba river		
	Sabugí (n= 31)	P. Traíras (n= 10)	Cruzeta (n= 25)	Cordeiro (n= 25)	Sumé (n= 25)	Poções (n= 25)
ANNELIDA						
Hirudinea	0	1	27	34	69	5
Oligochaeta	11.308	1.023	2.361	2.007	1	5.421
ARACNÍDEO						
Acarina	0	0	0	2	0	0
Oxidae	0	0	0	3	0	0
CRUSTÁCEO						
Decapoda	0	0	0	34	0	9
Ostracoda	108	0	5	9	4	0
INSECTA						
Chironomidae						
Chironominae						
<i>Aedokritus</i> (Roback, 1958)	124	41	372	27	5	284
<i>Asheum</i> (Sublette, 1964)	1.499	3	102	0	15	7
<i>Cladopelma</i> (Kieffer, 1921)	9	0	0	0	0	0
<i>Chironomus</i> (Meigen, 1803)	295	20	55	1	5	25
<i>Dicrotendipes</i> (Kieffer, 1913)	145	0	69	0	0	0
<i>Fissimentum</i> (Cranston and Nolte, 1996)	355	0	1	0	16	0
<i>Goeldichironomus</i> (Fittkau, 1965)	3.443	16	934	2	55	105
<i>Parachironomus</i> (Lenz, 1921)	13	1	5	13	3	0
<i>Pelomus</i> (Reis, 1989)	188	2	14	0	8	5
<i>Polypedilum</i> (Kieffer, 1912)	1.024	8	621	1	106	107
<i>Tanytarsus</i> (Van der Wulp, 1874)	4.708	29	700	10	35	9
<i>Saetheria</i> (Jackson, 1977)	1	0	0	0	0	0
<i>Zavreliella</i> (Kieffer, 1920)	5	0	1	0	0	0
Tanypodinae						
<i>Ablabesmyia</i> (Johannsen, 1905)	24	0	6	0	20	0
<i>Brundiniella</i> (Roback, 1978)	6	0	0	0	0	0
<i>Clinotanypus</i> (Kieffer, 1913)	3	0	0	1	4	0
<i>Coelotanypus</i> (Kieffer, 1913)	497	2	152	230	23	22
<i>Denopelopia</i> (Roback and Rutter, 1988)	0	0	0	0	1	0
<i>Djalmabatista</i> (Fittkau, 1968)	52	0	113	3	1	0
<i>Larsia</i> (Fittkau, 1962)	16	0	1	1	3	0
<i>Monopelopia</i> (Fittkau, 1962)	0	0	0	0	1	0
<i>Parapentaneura</i> (Fittkau and Serrano, 2006)	0	0	0	1	0	0
<i>Procladius</i> (Skuse, 1889)	10	0	66	0	0	0
<i>Tanypus</i> (Meigen, 1803)	45	0	0	0	0	1
Coleoptera						
Distcidae	1	0	0	0	0	0
Elmidae	0	0	0	0	0	1
Gyrinidae	10	0	21	1	0	1
Diptera						
Chaoboridae	10	17	8	1	0	0
<i>Chaoborus</i> (Lichtenstein, 1980)	15	22	8	2	24	0
Ceratopogonidae	168	2	47	6	13	7

Ephemeroptera	168	0	0	0	0	0
Baetidae	1	0	1	2	0	0
Caenidae	0	0	3	0	23	0
Polymitarcyidae	0	0	0	44	10	1
Hemiptera						
Belostomatidae	0	0	0	0	1	0
Corixidae	2	0	5	0	2	0
Heteroptera	0	0	1	0	0	0
Odonata						
Coenagrionidae	21	0	8	10	2	1
Dictyodidae	0	0	1	0	0	0
Gomphidae*	13	0	2	1	5	2
<i>Phyllocyba</i>	3	0	0	0	2	1
<i>Progomphus</i>	1	0	0	0	0	0
Libellulidae	2	0	4	13	1	0
Trichoptera						
Leptoceridae	2	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	9	0	0	0	0	0
MOLLUSCA						
Gastropoda						
Ancylidae	36	0	0	0	0	0
Bulimidae	0	0	24	0	0	0
Planorbidae	57	0	20	76	18	3
Ampullariidae -						
<i>Pomacea</i>	55	0	8	5	3	0
Thiaridae -						
<i>Melanoides tuberculatus</i> (Müller, 1774)	3.088	1.094	1.463	6.364	8.867	9.390
Lymnaeidae	0	0	0	0	1	0
Bivalve						
Corbiculidae -						
<i>Corbicula largillierti</i> (Philippi, 1844)	0	0	0	0	453	0
Sphaeriidae	0	0	0	0	8	0
NEMATODA	23	0	0	0	0	0
PLATYHELMINTHES	33	0	14	22	42	0

Agradecimentos

Aos meus pais, Ligia Gouveia da Silva e Aluisio da Costa Brito, aos meus avos Doralice Gouveia Ribeiro e Edvaldo da Silva Agostinho (*In memoriam*), pois estes nunca me deixaram desistir diante as dificuldades advindas no decorrer do curso, sempre me deram suporte e sempre me incentivaram a nunca desistir, sou eternamente grato a vocês.

A queridíssima orientadora (Segunda Mãe) Joseline Molozzi, sempre serei grato a oportunidade de trabalhar junto a ti, agradeço pelos ensinamentos transmitidos, conselhos partilhados, e que você continue sendo essa mulher forte, guerreira, inspiradora que você é, transmitindo paz e luz por onde passa, o meu MUITO OBRIGADO.

A minha co-orientadora Daniele Jovem, agradeço principalmente pela paciência e pelo incentivo, pelos momentos de risos durante aquele calor das coletas, obrigado por partilhar seu conhecimento, por tirar horas do seu dia para me ajudar a concluir esse trabalho.

Aos amigos especialmente a Edy Lamartine, Vanezza Donato, Adriano Gonçalves, Thaynara Brito, Thamires Souto, Maria Rosa Dorand, Amanda Rozendo, e a todos da turma de Ciências Biológicas de 2012.2, desejo a todos um futuro brilhante pela frente.

A todos do Laboratório de Ecologia de Bentos, em especial a Izabelly, Carlinda, Franciely, Evaldo, Lorana e Érica, os quais me ajudaram a elaborar trabalhos científicos, ajudaram na triagem do material, e sem vocês esse trabalho não seria possível.

A minha irmã Larissa Gouveia que está se preparando para entrar a vida acadêmica e sempre me apoiou em tantas decisões da minha vida.

Agradeço a todos e peço desculpas se esqueci de alguém, meu muito obrigado a cada um de vocês!!!