

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANILA SYRIANI VELUZA

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE FORRAGEIO DAS GARÇAS
Egretta caerulea E *Egretta thula* EM ÁREAS DE ESTUÁRIO NO MUNICÍPIO DE
PARANAGUÁ, PARANÁ

CURITIBA

2019

DANILA SYRIANI VELUZA

ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE FORRAGEIO DAS GARÇAS *Egretta caerulea* E *Egretta thula* EM ÁREAS DE ESTUÁRIO NO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ, PARANÁ

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Augusto Macedo
Mestre

Co-orientador: Prof. Dr. Emygdio Leite de Araújo
Monteiro Filho

CURITIBA

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Muriel Veluza e Robson Veluza, por todo apoio, amor e carinho que me dedicaram desde o início da minha vida, e por serem meu ponto de paz sempre. À minha mãe por sempre saber exatamente o que me falar nos vários momentos e pelas conversas mais profundas, e ao meu pai pelas histórias de vida compartilhadas, das mais engraçadas às mais reflexivas. “Só por hoje!”.

Aos meus irmãos, Mirele Veluza e Breno Veluza, por dividirem suas experiências comigo e entenderem meus momentos.

Aos meus orientadores, Luiz Mestre e Emygdio Monteiro Filho. Ao Luiz por ter aceitado me orientar mesmo em outro campus, pela disposição e confiança no meu trabalho. Ao Emygdio por sempre saber o que dizer e pelos ensinamentos nas mais simples conversas.

À Juliana Rechetelo por me auxiliar desde o início, desde a decisão do tema de pesquisa até a discussão dos meus resultados.

À minha amiga, Carolina Virga, pela grande ajuda nos campos. Obrigada por me acompanhar nas remadas às 6h da manhã, na pedalada noturna pelo Valadares, e por me motivar e sempre me acalmar com seu deboismo. Você foi essencial pra conclusão desse trabalho, Caroles. Gratidão ao parceiro por ter nos apresentado!

Aos meus amigos da biologia, de Paranaguá e da vida, por me incentivarem com palavras, gestos ou pela simples presença. Vocês são como família!

RESUMO

As garças apresentam diferentes estratégias de forrageio que aumentam sua eficiência e favorecem seu ganho energético. Tendo em vista que a eficiência de forrageio das aves pode variar conforme as condições bióticas e abióticas locais, foram analisadas e comparadas a eficiência de forrageio das garças *Egretta thula* e *E. caerulea* em áreas de estuário no município de Paranaguá. Em 14 horas de observação foram registrados: 1) número de passos, 2) número de bicadas e 3) número de bicadas bem sucedidas, a partir das quais foram calculadas as taxas de sucesso, esforço energético e eficiência de captura das espécies forrageando em ambientes com água rasa ou lodo. Foi observado que em ambiente com água rasa *E. thula* é significativamente mais eficiente que *E. caerulea*. Os indivíduos de *E. thula* não apresentaram diferenças quando comparados entre si nos dois ambientes. Por outro lado, os adultos de *E. caerulea* foram significativamente mais eficientes no lodo que em águas rasas, sendo os adultos mais eficientes que os jovens. Nossos resultados sugerem que essas diferenças podem ter relação com a morfologia e hábitos de cada espécie, que refletem no maior sucesso em ambientes de forrageio diferentes.

Palavras-chave: Eficiência de forrageio. Garças. Teoria do forrageamento ótimo.

ABSTRACT

Different foraging strategies of Egrets increase efficiency favoring their energetic gains. Furthermore, foraging efficiency can vary between habitats depending on the biotic and abiotic conditions. We compared foraging efficiency of two Egrets species (*Egretta thula* e *E. caerulea*) in estuaries of Paranaguá, South Brazil. In 14 hours of observations in muddy or shallow water habitats we registered: 1) number of steps, 2) number of pecks and 3) number of successful pecks, from which we calculated the success rates, energy effort and capture efficiency of the species. Our results showed *E. thula* is significantly more efficient than *E. caerulea* in shallow water habitats, however we did not find differences when compared same species foraging in the mud. On the other hand, *E. caerulea* showed higher efficiency in muddy habitats than in shallow waters, where adults are more efficient than young individuals. Our results suggested that these differences may be related to their morphology and habits, a result of higher success in different foraging habitats.

Keywords: Foraging efficiency. Herons. Optimal Foraging Theory.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1.1 Objetivo Geral.....	10
1.1.2 Objetivos Específicos.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 TEORIA DO FORRAGEAMENTO ÓTIMO (TFO) E SUAS PREMISAS.....	10
2.4 ESTUÁRIOS E AS AVES PELECANIFORMES.....	14
2.4.1 As espécies de garça <i>Egretta thula</i> e <i>Egretta caerulea</i>	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	17
3.2 COLETA DE DADOS.....	19
3.3 ANÁLISES.....	20
4 RESULTADOS	21
5 DISCUSSÃO	25
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	30
MATERIAL SUPLEMENTAR	36

1 INTRODUÇÃO

A atividade de forrageio é considerada uma das mais importantes atividades desempenhadas pelos animais para sua sobrevivência e sucesso reprodutivo (STEPHENS, BROWN & YDENBERG, 2007). Seu desempenho na busca por alimento, ou sua eficiência de forrageio, vai depender principalmente do balanço entre a quantidade de energia que consegue obter e a quantidade de energia que gasta na atividade. Segundo a Teoria do Forrageamento Ótimo (TFO) os animais tomam decisões acerca dos seus locais de alimentação, tempo de forrageio e seleção de presas de forma a maximizar a ingestão de energia, avaliando os custos da estratégia a ser adotada (MACARTHUR & PIANKA, 1966). A seleção natural teria levado cada animal a desenvolver estratégias específicas que favorecem tal maximização, de forma que os custos não sejam maiores que os benefícios energéticos obtidos (STEPHENS et al., 2007)

Tendo em vista o *trade-off* entre gasto e ingestão de energia, para evitar buscas aleatórias e ineficientes as aves forrageiam sistematicamente variando as técnicas empregadas (RODGERS, 1983). Para as diferentes espécies de garças, 38 métodos de forrageio já foram identificados (KUSHLAN, 1978). Diferenças interespecíficas, como tamanho corporal, sociabilidade e hábitos alimentares, também refletem nessas diversas estratégias de forrageio do grupo (KUSHLAN, 1981), como por exemplo *Egretta thula* e *Ardea alba* que apesar de ocuparem nichos de forrageio semelhantes, apresentam diferenças morfológicas que refletem em diferenças nas estratégias de forrageio (BRZORAD, MACCARONE; CONLEY, 2004).

Sendo assim, por mais que as garças formem agregados ao utilizarem o mesmo local para alimentação, elas diferem nos métodos empregados para forragear, na eficiência de captura de presa, no tamanho médio da presa e no uso de habitat (KUSHLAN 1977, RECKEN, THOMPSON & MACCARONE 2016). Quanto às espécies de garças focais desse estudo, apesar de também ocuparem nichos semelhantes e comumente formarem agregados mistos nos locais de alimentação, *E. thula* apresenta maior repertório de técnicas ativas de forrageio quando comparado a *E. caerulea* (MARTÍNEZ-VILALTA, MOTIS & KIRWAN, 2019). Segundo a TFO, ambos os tipos de forrageadores podem coexistir, pois forrageadores ativos

sobrepõem mais suas dietas com outros forrageadores ativos em habitats diferentes do que com os predadores sedentários do mesmo hábitat. Sendo assim, não há competição direta entre elas, mas devido a essas diferenças no comportamento, é esperado que elas apresentem taxas de eficiência de forrageio diferentes conforme as condições locais (RECKEN, THOMPSON & MACCARONE 2016; RODGERS, 1983).

Tendo em vista que as diferentes estratégias refletem na eficiência de forrageio e que os animais tomam decisões de forma a maximizar essa eficiência, neste estudo analisamos comparativamente o comportamento de *E. thula* e *E. caerulea* em relação a eficiência de forrageio em baixios do município de Paranaguá/PR. As comparações foram tanto interespecíficas, comparando indivíduos adultos das duas espécies, como intraespecíficas, comparando indivíduos da mesma espécie em locais diferentes e também adultos e jovens, esse último caso apenas para *E. caerulea* uma vez que são mais fáceis de diferenciar em campo devido a diferença de coloração da plumagem. Nesta linha de pensamento, hipotetizamos que a taxa de sucesso de forrageio para *E. thula* em águas rasas seja superior em relação a *E. caerulea* nesse mesmo ambiente, já que possuem maior repertório de métodos ativos de captura de presas (MARTÍNEZ-VILALTA & MOTIS, 1992). Enquanto isso, *E. caerulea* por ser mais adaptada para forrageio em lamaçais, de acordo com Gianucaet *al.* (2008), terá a princípio maior eficiência nesses locais, se comparada a *E. thulae* a própria *E. caerulea* em águas rasas. Na comparação entre adultos e jovens de *E. caerulea*, esperamos que os adultos apresentem maior eficiência, conforme já demonstrado por Recher & Recher (1969) em estudo na costa leste da América do Norte.

Estudos sobre garças no Brasil ainda são escassos (GIMENES, 2005) e não existem estudos sobre o comportamento alimentar dessas aves no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). O presente estudo é o primeiro que temos registro que busca analisar e comparar quantitativamente a eficiência de forrageio de *E. thula* e *E. caerulea* na região. Além disso, é importante conhecer a biologia e ecologia das espécies para compreender sua resposta em relação à dinâmica do local e sua consequente preservação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como principal objetivo comparar as estratégias de forrageio de *E. thula* e *E. caerulea* quanto a sua eficiência, em áreas do município de Paranaguá (PR). Para tanto foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar e comparar a eficiência de forrageio de *E. thula* e *E. caerulea* em diferentes pontos de baixio do CEP;
- Avaliar e comparar eficiência de forrageio de *E. thula* e *E. caeruleana* água e no lodo;
- Avaliar e comparar a eficiência de forrageio entre indivíduos adultos e jovens de *E. caerulea* em diferentes pontos de baixio do CEP.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TEORIA DO FORRAGEAMENTO ÓTIMO (TFO) E SUAS PREMISSAS

Para garantir sua sobrevivência e reprodução, os animais precisam manter um nível de energia utilizável pelas suas células. A alimentação é o meio pelo qual esses organismos obtêm esse recurso. Nos predadores, a alimentação envolve ações como a de encontrar, capturar, subjugar e engolir a presa e esse conjunto de comportamentos é chamado de “forrageamento” (POUGH et al. 2008). Ao forragear, os animais precisam tomar decisões baseadas na quantidade de energia envolvida na atividade. Para obter energia, no caso o consumo da presa, este organismo precisará gastar energia, portanto, essas decisões precisam ser tomadas em termos de custo e benefício energético.

Essa relação custo-benefício que envolve a evolução do comportamento alimentar é uma teoria proposta em 1966, pelos ecólogos Robert MacArthur e Eric

Pianka, chamada de Teoria do Forrageamento Ótimo (TFO). Decisões que resultam em maiores benefícios que custos são decisões “ótimas”. Segundo essa teoria, animais que tomam decisões ótimas foram selecionados pela seleção natural, tornando-se altamente adaptados na aquisição de recursos, aumentando sua aptidão que é refletida pelo seu sucesso reprodutivo (CHARNOV, 1976).

Segundo Pyke (1984), a TFO possui cinco premissas. A primeira é de que a contribuição de cada ser vivo para sua próxima geração depende do seu comportamento enquanto forrageia e essa contribuição pode ser medida geneticamente. Predadores com maior eficiência de forrageio e que otimizam sua obtenção de energia, maximizam sua aptidão e contribuem com mais genes para as gerações futuras (KAHILAINEN & LEHTONEN, 2003). Sendo assim, a TFO é simplesmente uma extensão da teoria da evolução de Darwin.

Para qualquer modelo que se propõe a descrever a atuação da seleção natural, existe o pressuposto de que as características pela qual o modelo trata são herdáveis (PYKE, 1984). A segunda premissa da TFO é de que o comportamento de forrageio deve possuir um componente herdável, ou seja, os filhos de um animal que possui uma estratégia de forrageio específica tendem a adotar essa mesma estratégia. Desta forma, a TFO se aplica tanto para comportamentos de forrageio aprendidos como para comportamentos inatos.

À medida que evolui, o comportamento de forrageio será cada vez mais qualificado pelas características que melhoram aptidões individuais. Portanto, TFO também pressupõe que não há uma seleção de grupo suficientemente forte atuando no comportamento de forrageio. Dada essas duas primeiras premissas, se aplica uma terceira premissa de que a relação entre o comportamento de forrageio e a aptidão é conhecida, sendo que essa relação envolve uma escala de tempo (PYKE, 1984).

A quarta premissa, que na verdade envolve duas questões, é de que o comportamento de forrageio evolui sem restrições genéticas, mas com restrições funcionais oriundas de características físicas e morfológicas do indivíduo. A ligação gênica (ou *linkage*), por exemplo, é um processo que ocorre naturalmente e que pode impedir até certo ponto a taxa de evolução, porque genes ligados fisicamente no cromossomo são transmitidos juntos durante a meiose (SMITH, 1978). Sendo

assim, a TFO pressupõe que eventualmente surgem mutações que contornam essas ligações. Por outro lado, presume-se que as morfologias e propriedades físicas dos animais sejam conhecidas, por meio de determinações realísticas, e evolutivamente fixas.

Por fim, a quinta, e última premissa da TFO segundo Pyke (1984), é que o comportamento de forrageio evolui mais rápido que a mudança de outras variáveis envolvidas no processo. Por isso supõe-se que os animais forrageiam de maneira “ótima”, com indivíduos forrageando de maneira muito próxima (ou seja, estatisticamente indiferente) do máximo de sua aptidão.

A partir da elaboração da TFO, foram sendo realizados estudos que desenvolveram modelos corroborando ou não com as premissas da teoria. Chaves e Alves (2010) conceberam, com levantamento bibliográfico, um breve panorama dos estudos desenvolvidos até o ano 2009 que envolviam forrageamento ótimo em aves. Os artigos encontrados foram divididos em categorias conforme as abordagens adotadas, sendo elas: i) dieta; ii) escolha da área de forrageio; iii) mudança de área de forrageio; iv) forrageamento na presença de predadores e competidores; (v) distância entre a área de forrageio e de nidificação; e (vi) estratégia de forrageamento.

Essas abordagens consistem em, basicamente, diversas maneiras de estudar as variáveis que influenciam na eficiência de forrageio, que por sua vez irão influenciar na maximização, ou não, da obtenção de energia (KAHILAINEN & LEHTONEN, 2003). Os estudos que envolvem dieta buscam, em geral, caracterizar o tipo de presas capturadas em relação à quantidade de biomassa e calorias, assim como comportamentos e estratégias dos predadores como a forma de captura e manipulação das presas, estudando sua facilidade de acordo com a duração do forrageamento (BRZORAD, MACCARONE; CONLEY, 2004).

Os estudos que abordam escolha da área de alimentação e em que momento partir dessa área tem relação com a seleção e uso de habitat para forrageamento. Essas abordagens se aproximam da TFO à medida que decisões de forrageio são influenciadas por fatores bióticos e abióticos do ambiente (RECKEN, THOMPSON & MACCARONE 2016). Essas decisões podem, por exemplo, levar em consideração a disponibilidade de presas do local que envolvem sua facilidade de detecção e valor

energético, assim como a presença de competidores e predadores (MACCARONE E BZOARD, 2005). Em relação à presença de competidores, as aves em geral preferem deixar de capturar uma presa, se a sua captura lhe confere riscos de ser predada. Sendo assim, conforme TFO, nessas situações as espécies tendem a capturar menos presas, ou preferem capturar presas menores para que alcancem a otimização energética, mesmo que essa decisão resulte em mudanças na sua taxa de energia (GAUVIN & GIRALDEAU, 2004)

Em garças, além das variáveis já citadas, foi demonstrado que a seleção de habitat para forrageio é também influenciada por fatores como: interação social, distância da colônia, profundidade da água, proximidade da vegetação e a fase reprodutiva da ave (MORALEZ-SILVA et al., 2010). O balanço entre os benefícios e os custos que envolvem esses fatores é que determina quais locais de forrageio são ótimos, assim como qual a estratégia a ser adotada (HARPER & MACCARONE, 2018). Em época reprodutiva existem ainda mais variáveis influenciando no processo de maximização de energia, como a distância entre os ninhos e as manchas de alimentação e a energia gasta na viagem (KREBS, 1974).

Por fim, o processo de maximização de energia também difere conforme estratégias de forrageio adotadas (BRZORAD, MACCARONE; CONLEY, 2004). Os forrageadores ativos em geral gastam mais energia que os sedentários, uma vez que estes capturam presas em sua maioria sedentárias, de difícil detecção e não apresentam tanta variedade na dieta. Em contrapartida, forrageadores ativos capturam mais presas, obtendo mais energia e também possuem uma dieta mais ampla, se alimentando de diferentes tipos de presas (HUEY & PIANKA, 1981).

É visto que múltiplos fatores, tanto bióticos como abióticos, podem influenciar no comportamento de forrageamento das aves. Com base nisso, os estudos sobre esse tema buscam de certa forma medir essas variáveis e analisar sua relação com a eficiência de forrageio e maximização de energia. Entretanto, como analisado por Chaves e Alves (2010), muitos desses estudos violam as premissas da TFO ao testar suas hipóteses. Além disso, o comportamento de forrageio ótimo pode não existir na natureza, visto que para isso seria necessária uma quantidade de tempo infinita para o comportamento se converter ao ótimo, assumindo que é um comportamento aprendido (PIERCE & OLLASON, 1987)

No mundo real os modelos são sempre imperfeitos. Apesar das críticas, a TFO ainda assim fornece informações essenciais em pesquisas, como a predição de um possível desempenho ótimo e potencialidades em termos de metas para pesquisas futuras.

2.4 ESTUÁRIOS E AS AVES PELECANIFORMES

Estuário é um corpo d'água costeiro, semifechado, que se estende até o limite de influência da maré, onde a água do mar proveniente de conexões com o mar aberto ou qualquer outro corpo costeiro d'água salina, é diluída com a água doce proveniente da drenagem continental (PERILLO, 1989; DYER, 1997). Estuários são, portanto, espaços de acomodação em costas transgressivas e ocorrem quando a taxa de elevação do nível relativo do mar excede a taxa de sedimentação. Nesses locais é favorecido o desenvolvimento de ambientes como manguezais e marismas, os quais apresentam uma grande riqueza faunística e florística, desempenhando assim um importante papel ecológico para diversas espécies (LESSA, 2005).

Apesar de serem ambientes ecologicamente estáveis e caracterizados por sua alta produtividade, estuários são fisicamente variáveis com parâmetros ambientais oscilando vertical e horizontalmente (YAÑEZ-ARANCÍBIA, 1986). Variações sazonais, e também entre o dia e a noite, em seus parâmetros ambientais como temperatura, salinidade e maré, resultam em mudanças na produtividade primária e, conseqüentemente, na composição ictiofaunística do local (IGNÁCIO, 2008). A grande abundância de larvas de peixes e fauna bentônica nesses locais se torna um atrativo às aves que transitam entre o mar e a região costeira, utilizando os estuários como áreas de alimentação, nidificação, dormitório e local de descanso em períodos migratórios (MANOEL & BRANCO & BARBIERI, 2011).

Dentro da comunidade de aves que habitam os estuários, as aves da ordem Pelecaniformes são importantes componentes desse ecossistema aquático devido a sua alta demanda energética e populações localmente grandes (KUSHLAN, 1981). Contudo, estas aves são bastante sensíveis a essas mudanças ambientais. Dentre os fatores que alguns estudos apontam estar correlacionados com a distribuição de espécies de Pelecaniformes e no uso de habitats pelas mesmas estão as variações

no nível hidrométrico (profundidade), hora do dia e disponibilidade de alimento (GIMENES, 2005; RECKEN & THOMPSON & MACCARONE, 2016). A disponibilidade de alimento, por sua vez, está interligada com outras variáveis como pH, concentração de amônia e nitrato, já que estas interferem na qualidade da água. Altas concentrações do íon amônia podem influenciar fortemente a dinâmica do oxigênio dissolvido no meio o que, por sua vez, influencia sobre a comunidade de peixes. Valores de amônia não ionizada acima de 0,20 mg/L já são suficientes para induzir toxicidade crônica (PEREIRA & MERCANTE, 2018).

Além de diferir no uso de habitat e distribuição, as aves Pelecaniformes apresentam diferenças interespecíficas em relação ao seu tamanho corporal, sociabilidade e hábitos alimentares que refletem em diversas estratégias de forrageio ao grupo (KUSHLAN, 1981). Essa flexibilidade pode ser uma tentativa de equilibrar custos e ganhos em termos de energia, de acordo com a teoria do forrageamento ótimo (HARPER, 2018).

De acordo com Recken, Thompson & Maccarone (2016), espécies de aves aquáticas em geral, que habitam o mesmo local, diferem entre si em termos de eficiência de captura de presa, tamanho médio da presa e uso de habitat. Em estudos anteriores foi demonstrado que *Egretta thula* e *Ardea alba* apesar de ocuparem nichos de forrageio semelhantes, apresentam diferenças morfológicas que refletem em diferenças no comportamento e estratégias de forrageio (BRZORAD; MACCARONE & CONLEY, 2004).

2.4.1 AS ESPÉCIES DE GARÇA *Egretta thula* E *Egretta caerulea*

As espécies *Egretta thula* (Molina, 1782) e *Egretta caerulea* (Linnaeus, 1758), focos do presente estudo, são aves da família Ardeidae, ordem Pelecaniformes. *Egretta thula*, conhecida como garça-branca-pequena, possui, quando adulta, aproximadamente 54 cm, coloração branca, olhos, íris, dedos e base do tarso amarelos, e o restante do tarso e bico pretos. Já o imaturo se diferencia por apresentar as pernas e os pés amarelo-esverdeados. Os feixes de plumas brancas alongadas na nuca, peito e dorso se tornam ainda mais evidentes nos machos em períodos reprodutivos. Frequenta tanto ambientes de água doce, como de água

salobra, forrageando em bandos ou aos pares e comumente junto com outras aves aquáticas. Ocorre em todo Brasil e na maior parte das Américas, até o sul do Canadá. As garças brancas se reproduzem na primavera, formando ninhais em árvores em regiões de banhados (SICK, 2005; MARTÍNEZ-VILALTA, MOTIS & KIRWAN, 2019).

A garça-azul, *E. caerulea*, quando adulta, possui aproximadamente 60 cm, com coloração cinza azulada e tons violeta no pescoço e cabeça. Possui bico, tarso e dedos escuros. Quando imaturos, possuem coloração branca e na transição gradual entre jovem e adulto, que em geral tem duração de um ano, apresenta padrão de coloração malhado (SICK, 2005). São usualmente observadas sozinhas ou em casais em manguezais, praias lodosas e em águas interiores de vegetação. Podem ser encontradas em bancos de lama intermareais e é a garça mais adaptada a exploração dos lamaçais da vazante, capturando peixes, crustáceos, moluscos e anelídeos. No Brasil, *E. caerulea* é mais frequente em estuários, sendo os manguezais o único local conhecido de reprodução dessa espécie no país (OLMOS & SILVA E SILVA, 2002). Sua distribuição se estende por todo o litoral brasileiro, sendo também encontrada no pantanal do Mato Grosso do Sul. Ocorre também do sul do Canadá ao Peru e Colômbia, sendo rara na Argentina e Uruguai (SICK, 2005; MARTÍNEZ-VILALTA, MOTIS & KIRWAN, 2019).

Ambas as espécies são piscívoras não nadadoras, possuem tamanho, comportamentos e alimentação aparentemente similares entretanto diferem em suas estratégias de forrageio (PIMENTA, DRUMMOND & LIMA, 2007). A garça-branca-pequena é uma espécie predadora oportunista que se alimenta de várias presas aquáticas, incluindo pequenos peixes e invertebrados (SICK, 2005). Possui alta plasticidade em termos de técnica de forrageamento, a maioria delas técnicas ativas. Geralmente, sua estratégia consiste em andar continuamente por águas rasas e ficar parada em pé até que a presa fique visível (NEFLA & NOUIRA, 2016). Contudo, também é conhecida por aproveitar oportunidades providas por outras aves, cuja agitação causa distúrbio das presas, facilitando a visualização e captura das mesmas (GIMENES & ANJOS, 2007). Já a garça-azul, *E. caerulea*, é frequente em lamaçais estuarinos, sendo considerada a espécie de garça melhor adaptada para

forragear neste local, capturando peixes, crustáceos, moluscos e vermes nesses bancos de lama (GIANUCA et al., 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em áreas de estuário do município de Paranaguá. O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) (entre 25°16' e 25°34' S e 48°17' e 48°42' W; Figura 1), localizado no litoral norte do Estado do Paraná. É um estuário de planície costeira com três canais (Galheta, do Norte e do Superagui) que o conectam com o oceano, com uma área de 551,8 km² de superfície líquida e 136 km² de área de baixios (NOERNBERG et al., 2004). As marés apresentam regime semidiurno, onde ocorrem duas preamares e duas baixa-mares em um dia lunar. Durante as marés, as alturas variam desde 1,7m na embocadura da baía até aproximadamente 2,7m em Antonina (APPA/PLANAVE, 2018).

O Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá apresenta profundidade média de 5,4 m, com volume total de água de 14.109 m³ (LANA & LOPES & MACHADO, 2000; NOERNBERG et al., 2004). A região se encontra sobre o domínio climático temperado subquente e super-úmido, com temperaturas médias variando entre 15 e 18°C. Os meses de verão correspondem ao período de maior incidência de eventos pluviométricos, principalmente janeiro e fevereiro, sendo o período de inverno mais seco, principalmente agosto. A temperatura média anual para a região de Paranaguá é 21,4°C (APPA/PLANAVE, 2018).

O CEP é composto por dois eixos de orientação: o eixo norte-sul, denominado Baía das Laranjeiras, com 30 km de extensão; e o eixo leste-oeste, denominado Baía de Paranaguá com 56 km de extensão e onde será desenvolvido a pesquisa em questão. A Baía de Paranaguá estende-se da ilha do Teixeira até a ilha das Cobras e o setor de desembocaduras engloba as duas conexões do CEP com o Oceano Atlântico, onde encontram-se os canais navegáveis ao porto de Paranaguá (LAMOUR et al., 2004). As embarcações mais comuns nos portos de Paranaguá e Antonina são navios graneleiros, navios cargueiros até 20.000 toneladas, navios

frigoríficos de 5.000 até 7.000 toneladas, navios *full* contêineres que atendem o Terminal de Contêineres de Paranaguá, navios tanque para transportar óleos vegetais e produtos inflamáveis, dentre outros (APPA/PLANAVE, 2018). Além de navios, transitam pela região embarcações menores de pescadores e lanchas particulares. Em relação aos teores de matéria orgânica, as porcentagens na baía de Paranaguá, junto à margem norte da baía, variam entre 10 e 25% reduzindo essas quantidades na área próxima ao cais do porto de Paranaguá para valores próximos a 5% (LAMOUR et al., 2004).

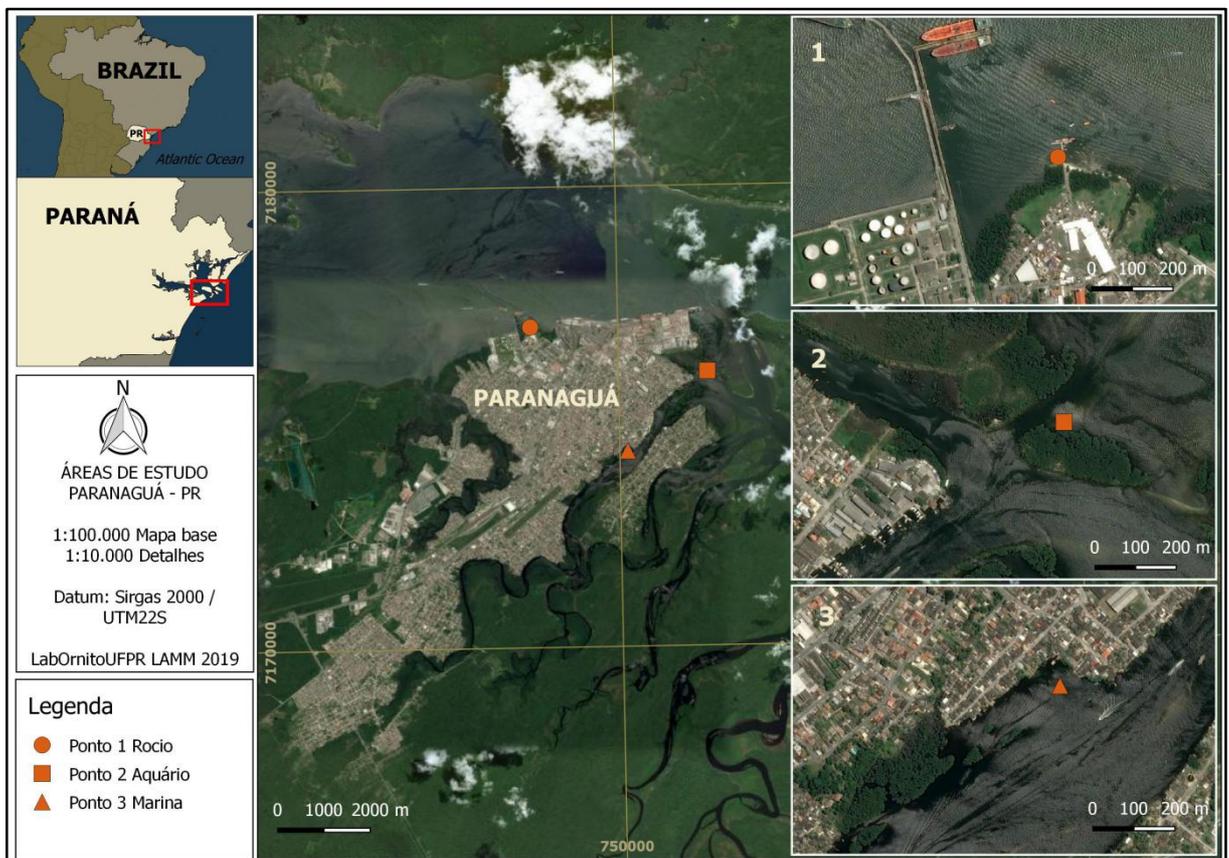


Figura 1. Mapa do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Os pontos 1, 2 e 3 correspondem aos locais escolhidos para observação. 1: Rocío, ao lado do porto de Paranaguá; 2 e 3: Rio Itiberê (Fonte: Adaptado BingMaps).

Foram selecionados três pontos de observação ao longo da planície costeira da Baía de Paranaguá que em períodos de baixa maré deixam exposto baixios que costumam ser utilizados por aves para forragear (Figura 1). Para a escolha dos baixios, foram selecionadas áreas que apresentassem alguma diferença estrutural entre elas, como a trânsito de embarcações, proximidade ou não ao porto, e mais

para dentro ou para fora da baía. Além disso, também foi levada em consideração a facilidade de acesso ao local a partir da cidade. O ponto 1 (25°30'13.3" S e 48°31'53.2" W) é onde está localizado o trapiche do santuário do rocio, bastante utilizado por embarcações de pesca para atracar. O ponto 2 (25°30'44.4" S e 48°29'37.1" W) está situado ao lado de um canal que foi dragado para a passagem de embarcações de pesca e de lazer que são frequentes por ali. Entre o ponto 1 e o ponto 2 se encontra o terminal de contêineres de Paranaguá. Já o ponto 3 (25°31'40.3" S e 48°30'37.3" W) é mais afastado, situado ao lado de uma marina pequena e próxima de residências.

3.2 COLETA DE DADOS

As observações e coleta de dados foram realizadas entre maio e setembro de 2019. Foram totalizados 10 dias de campo, totalizando aproximadamente 14 horas de observação. As observações e contagens foram feitas com auxílio de uma luneta e de binóculos de aumento 8,5x32 (marca Vortex). Como o objetivo era avaliar a eficiência na atividade de forrageio das garças, as amostragens foram realizadas no período do dia em que a maré atingia o ponto mais baixo, deixando exposta uma área de baixio (MACCARONE & BRZORAD, 2005). As observações foram limitadas apenas para o período da manhã, entre 06h e 11h, de forma a evitar interferência de outras variáveis na nossa análise, neste caso a hora do dia (RECKEN & THOMPSON & MACCARONE, 2016).

As amostragens foram realizadas apenas em dias não chuvosos e em que a maré baixa ocorria no período da manhã, feitas nos locais em que as garças eram mais abundantes. Foram visitados cinco vezes o baixio 1, quatro vezes o baixio 2 e duas vezes o baixio 3 (Figura 1). Como não foi utilizado método para marcação dos indivíduos, as observações em cada baixio tiveram duração de no máximo 2 horas de forma a reduzir a probabilidade de contagem do mesmo indivíduo mais de uma vez (HARPER & MACCARONE, 2018).

Em cada baixio foi estabelecido um ponto fixo de observação e a partir dele determinado um raio de 100m para condução das observações. Para avaliar a eficiência na atividade de forrageio de *E. thula* e *E. caerulea*, foram feitas sessões de

observação de 2 minutos em indivíduos escolhidos aleatoriamente na área de estudo. Nestas sessões individuais foi registrado o número de passos, número de bicadas e número de bicadas bem sucedidas, conforme determinado por Hamza & Selmi (2016). Se nesses 2 minutos de observação, o indivíduo saía voando e não se distanciava para além do raio de 100 m, a contagem continuava para esse mesmo indivíduo. Nos casos contrários, a contagem era interrompida e descartada. Também foi registrada a posição do indivíduo focal no baixio, se estava forrageando em ambiente de lodo ou com os pés e/ou pernas na água rasa. Além de diferenciar as espécies, no caso de *E. caerulea* também foi diferenciado se era um indivíduo jovem ou adulto.

Com base na contagem do número de passos, número de bicadas totais e número de bicadas bem sucedidas foram calculadas as seguintes taxas: Taxa de sucesso (Número de bicadas bem sucedidas dividido pelo número de bicadas totais), Taxa de esforço energético (Número de bicadas totais dividido pelo número de passos) e Taxa de Eficiência de captura (Número de bicadas bem sucedidas dividido pelo número de passos) (HAMZA, 2016).

3.3 ANÁLISES

Para analisar a eficiência no forrageio foram feitas comparações, para cada indivíduo focal, em relação às taxas já mencionadas: I) Número de passos; II) Número de bicadas totais; III) Número de bicadas bem sucedidas; IV) Taxa de sucesso (Número de bicadas bem sucedidas por bicadas totais); V) Taxa de esforço energético (Número de bicadas totais por passos); VI) Eficiência de captura (Número de bicadas bem sucedidas por passos).

Essas taxas de forrageio foram consideradas independentes para cada unidade amostral de 2 minutos e os indivíduos amostrados tiveram dados individuais e independentes de cada uma delas. Assim, cada indivíduo amostrado foi utilizado como uma amostra independente. Utilizando a plataforma R (R CORE TEAM, 2017), para cada uma das taxas foram calculadas a média, o desvio padrão e a amplitude dos dados, e em seguida foi realizado o teste t de Welch. Esse teste não assume igualdade de variâncias e, por conseguinte, é insensível a variâncias diferentes para

todos os tamanhos amostrais. A significância estatística foi considerada quando $p < 0,05$.

Com as taxas de forrageio (número de passos, número de bicadas totais, número de bicadas bem sucedidas, taxa de sucesso, taxa de esforço energético e taxa de eficiência de captura) sendo as variáveis respostas e as espécies, a idade ou o ambiente (água rasa ou lodo) sendo os fatores, foram realizadas as seguintes comparações:

- 1) *E. caerulea* Adulto x *E. caerulea* Jovem: taxa de forrageio ~ idade
- 2) *E. caerulea* x *E. thula*: taxa de forrageio ~ espécie
- 3) *E. caerulea* na água x *E. thula* na água: taxas de forrageio ~ espécie
- 4) *E. caerulea* na água x *E. thula* no lodo: taxas de forrageio ~ espécie
- 5) *E. thula* na água x *E. thula* no lodo: taxas de forrageio ~ local
- 6) *E. thula* na água x *E. thula* no lodo: taxas de forrageio ~ local

4 RESULTADOS

Foram observados 90 indivíduos nas três localidades em 14 horas de observação. Deste total foi observada uma proporção média de aproximadamente 85% de *E. caerulea* (n= 79) e 15% de *E. thula* (n= 11). Aproximadamente 78% (n=62) das amostras de *E. caerulea* eram de indivíduos adultos e 22% (n=17) eram jovens da espécie.

Tabela 1. Amplitude (*range*), média (μ) e desvio padrão (σ) dos dados medidos em campo (passos, bicadas e bicadas bem sucedidas) e das taxas de forrageamento calculadas (taxa de sucesso, de esforço energético e de eficiência de captura) para os indivíduos adultos de *E. thula* e *E. caerulea*. Os dados estatísticos das espécies por ambiente se encontram no Material Suplementar – Tabela 1.

	<i>E. thula</i>		<i>E. caerulea</i> (adulto)		<i>E. caerulea</i> (jovem)	
	Amplitude	$\bar{x} \pm \sigma$	Amplitude	$\bar{x} \pm \sigma$	Amplitude	$\bar{x} \pm \sigma$
Passos	12-153	77,73 \pm 50,89	0-170	75,6 \pm 40,58	38-213	88,53 \pm 48,18
Bicadas	0-24	9,27 \pm 7,89	0-26	6,29 \pm 5,79	1-15	4,94 \pm 4,04
Bicadas bem sucedidas	0-8	2,73 \pm 2,37	0-7	1,74 \pm 1,77	0-4	0,76 \pm 1,03
Taxa de sucesso	0-1	0,37 \pm 0,29	0-1	0,28 \pm 0,27	0-0,5	0,15 \pm 0,17
Taxa de esforço energético	0-1,33	0,22 \pm 0,38	0-1	0,1 \pm 0,14	0,01-0,18	0,06 \pm 0,05
Taxa de eficiência de captura	0-0,18	0,05 \pm 0,06	0-0,19	0,03 \pm 0,03	0-0,05	0,01 \pm 0,01

Com os dados de *E. caerulea*, observou-se que o número de bicadas bem sucedidas, a taxa de sucesso e a taxa de eficiência de captura foram significativamente maiores ($p < 0,05$) nos adultos quando comparado com os jovens da mesma espécie (Figura 2). Porém, apesar da média do número de passos dos jovens ter dado um valor maior que dos adultos, não foi observada diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) para essa variável (ver Material Suplementar – Figura S1).

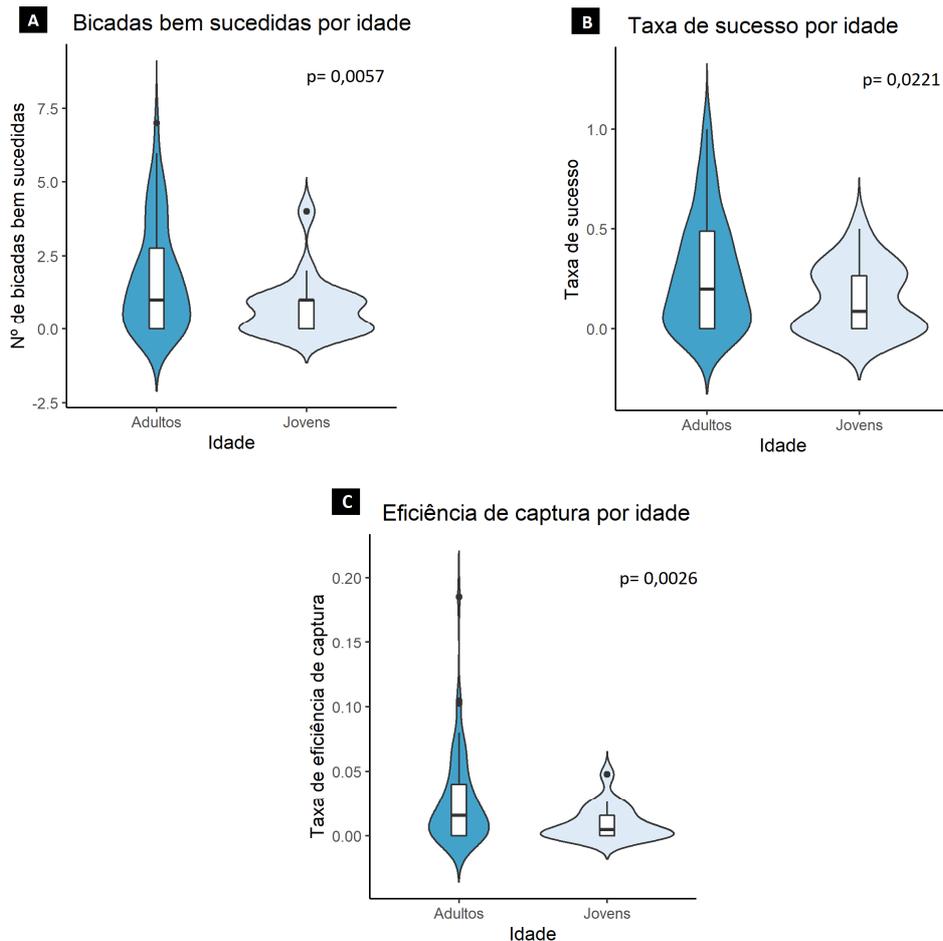


Figura 2. Comparação entre adultos e jovens de *Egretta caerulea* em relação ao (A) Número de bicadas bem sucedidas; (B) Taxa de sucesso e (C) Eficiência de captura entre adultos. Para as três taxas, os indivíduos adultos apresentaram valores significativamente maiores ($p < 0,05$). O perímetro (em azul) exhibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartil (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo os *outliers*, estes representados pelos pontos pretos do gráfico.

Havendo diferenças significativas entre adultos e jovens de *E. caerulea*, foram utilizados apenas os dados dos indivíduos adultos para seguir as comparações com *E. thula*. Não houve diferença significativa entre as espécies para nenhuma das taxas (Ver Material Suplementar – Figura S2). Entretanto, incluindo as informações do ambiente de forrageio (água ou lodo) nas comparações, as análises mostraram que na água, *E. thula* apresentou maior taxa de sucesso que *E. caerulea* (Figura 3). Já no lodo, apesar de *E. thula* ter apresentado médias maiores, não houve diferença significativa entre as duas espécies (Ver Material Suplementar – Figura S4).

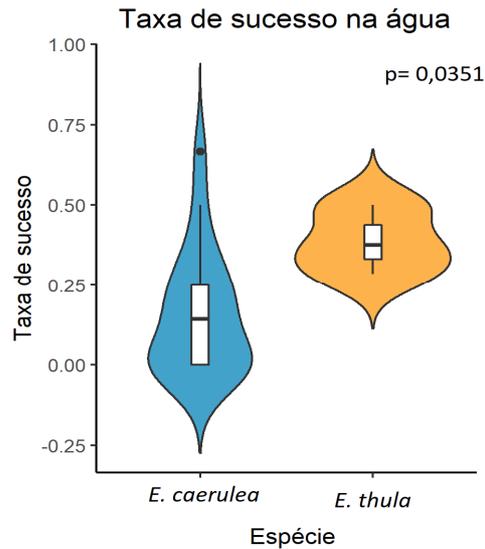


Figura 3. Comparação entre *E. thula* e *E. caerulea* em relação a taxa de sucesso das mesmas quando forrageando na água. *Egretta thula* na água apresentou taxa de sucesso significativamente maior ($p < 0,05$) que *E. caerulea* também na água. O perímetro (em azul e em laranja) exibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartil (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo o *outlier*, este representado pelo ponto preto no gráfico.

Fazendo comparações dentro da mesma espécie, o número de bicadas, o número de bicadas bem sucedidas, a taxa de sucesso e a taxa de eficiência de captura de *E. caerulea* adulta é significativamente maior no lodo que na água (Figura 4). Já *E. thula* não apresentou diferenças significativas na comparação com ela mesma por ambiente (Ver material suplementar – Figura S6).

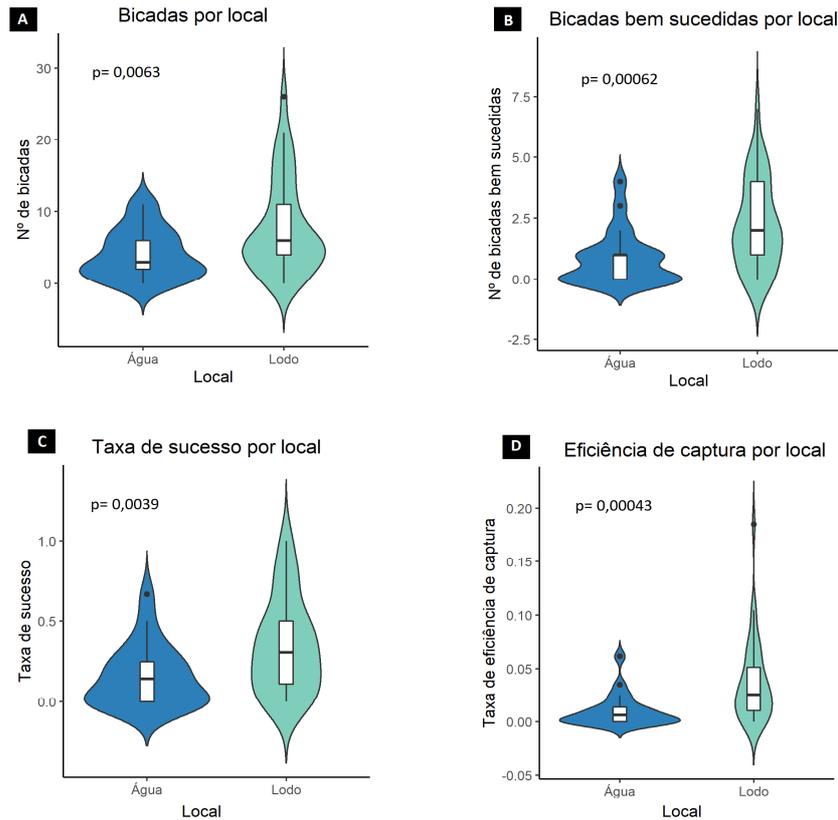


Figura 4. Comparação entre *E. caerulea* forrageando na água e no lodo em relação ao (A) Número de bicadas; (B) Número de bicadas bem sucedidas; (C) Taxa de sucesso e (D) Eficiência de captura. Para essas quatro taxas, *E. caerulea* apresentou valores significativamente maiores no lodo que na água ($p < 0,05$). O perímetro (em azul) exibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartil (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo os *outliers*, estes representados pelos pontos pretos no gráfico.

5 DISCUSSÃO

As taxas de forrageio em adultos e jovens de *E. caerulea* são significativamente diferentes. Apesar de não apresentarem diferença no número de bicadas totais, os jovens foram registrados com menor número de bicadas bem sucedidas. Isto é, apesar do número de tentativas de captura serem semelhantes, os jovens cometeram mais erros que os adultos, resultando em um menor (número de bicadas bem sucedidas por bicadas totais) foi menor nos jovens. Esses resultados condizem com os de Recher & Recher (1969), que compararam a eficiência de captura de jovens e adultos da *E. caerulea* na costa leste da América do Norte também em termos de taxa de sucesso e captura de alimento por minuto.

Diferenças na eficiência de forrageio entre jovens e adultos também já foram registradas para outras espécies de garças. Em um estudo no sul da Polônia, Gwiazdaa et al. (2017) verificaram que os jovens de *Ardea cinerea* apresentaram menor taxa de captura, mas atacaram três vezes mais que os adultos. Isso ocorre porque o custo de forrageio para essa espécie é baixo, já que envolve só caminhar. Nestes casos, os jovens tendem a cometer erros com maior frequência, porque aumentar sua ingestão de alimentos depende apenas em aumentar sua velocidade de forrageio, isto é, o número de bicadas totais por um determinado intervalo de tempo (CHOI & YOO, 2011; SKÓRKA & WÓJCIK, 2008). Já quando o custo do forrageio é alto, envolvendo voos, por exemplo, as aves tentam aumentar sua eficiência diminuindo o número de erros, como uma tentativa de equilibrar custos e ganhos em termos de energia, de acordo com a Teoria do Forrageamento Ótimo (HARPER, 2018).

Entretanto, o nosso estudo mostrou que os jovens de *E. caerulea*, apesar de também apresentarem custo de forrageio baixo, atacam as presas na mesma proporção que os adultos. Apesar da estratégia de forrageio de *E. caerulea* ser considerada de baixo custo, pode ser que seu ganho não seja tão alto e por isso um simples aumento na velocidade de busca pode não ser rentável nesse caso devido à alta perda de energia por falha (SKÓRKA, 2007). Além disso, os jovens apresentaram também menor taxa de eficiência de captura, que é a relação entre bicadas bem sucedidas e passos, sendo que o número de passos não diferiu entre as classes etárias. Os jovens gastam a mesma energia que os adultos e ingerem menos alimento.

Como os jovens não compensam seu erro bicando mais, podemos considerar que estes ficam mais tempo forrageando, porém o tempo de forrageio é limitado pela maré que quando sobe acima de determinado nível torna a área indisponível para essas aves. Podemos assim supor que apesar de errarem mais que os adultos, *E. caerulea* jovens, apesar de errarem mais que os adultos, ainda ingerem alimento suficiente para sua sobrevivência. Com o tempo, suas exigências nutricionais aumentam, assim como suas habilidades de forrageio, podendo então a idade e a experiência serem considerados fatores importantes no acesso a comida, como já demonstrado para outras espécies (GWIAZDAA et al., 2017; RIOTTE-LAMBERT &

HENRI WEIMERSKIRCH, 2013). Com base nessas constatações, sugere-se a possibilidade de repetição deste estudo em diferentes épocas do ano e com diferentes idades para analisar esse contínuo processo de aprendizagem. Com esta continuidade também seria possível desenvolver análises como as de Lescroël *et al.* (2019), que mostram a amplitude do efeito, ou seja, o quanto a variável idade explica as diferenças na eficiência de forrageio e quais seriam as outras possíveis variáveis que também influenciam no comportamento.

Tanto *E. thula* como *E. caerulea* usam ambiente de águas rasas para forragear quando as presas são abundantes (GAWLIK, 2002). Nesse tipo de ambiente, *E. thula* apresentou maior taxa de sucesso que *E. caerulea*. Tal resultado condiz com o que esperávamos, uma vez que *E. thula* possui maior repertório de métodos ativos de captura de presas e o aumento da profundidade da água, até certo nível, promove o uso desse tipo de comportamento nessa espécie (MARTÍNEZ-VILALTA, MOTIS & KIRWAN, 2019). Além disso, de acordo com Gawlik (2002), apesar de possuírem dietas similares, *E. caerulea* captura peixes maiores que *E. thula*. Dessa forma, nossos resultados sugerem que para compensar seu menor ganho energético *E. thula* dá mais bicadas bem sucedidas em relação ao seu número total de bicadas, o que chamamos de taxa de sucesso.

Resultados semelhantes foram obtidos ao comparar *E. thula* com *A. alba*. Como *E. thula* apresenta pernas e bicos mais curtos que a impedem de explorar águas mais profundas em busca de peixes maiores, ela necessita capturar mais peixes por unidade de tempo para conseguir se manter e reproduzir. Assim, *E. thula* apresenta também maior taxa de captura se comparada a *A. alba* (BRZORAD, MACCARONE; CONLEY, 2004).

Rodgers (1983) e Kent (1987) sugerem ainda que *E. thula* faz suas decisões de forrageio baseada no taxa de sucesso das mesmas no ambiente, sendo influenciada por vários fatores físicos e biológicos do local, como interação social, nível da água, fase da época de reprodução e disponibilidade de presa (MORALEZ-SILVA *et al.*, 2010). Quando comparada as taxa de forrageio de *E. thula* em águas rasas e no lodo, a mesma não apresentou diferenças significativas, sugerindo que o sua seleção de habitat para forrageio independe do ambiente ser de água ou lodo.

Neste caso, provavelmente existem outras variáveis físicas e biológicas influenciando suas decisões.

Como na água as presas apresentam maior velocidade e como *E. thula* apresenta um tipo de forrageamento mais ativo, indo atrás de suas presas, esperávamos que apresentasse maior número de passos por minuto na água que no lodo. Em um estudo realizado em Nova Jersey (EUA), *E. thula* apresentou diferença na velocidade de forrageio em determinado período do ano relacionada ao tipo de presa disponível. A diminuição na velocidade de forrageio foi associada à maior abundância de camarão, uma vez que camarões não sustentam a mesma velocidade de natação que peixes (BRZORAD & MACCARONE & CONLEY, 2004). Entretanto, nossas análises mostraram que, no CEP, não houve diferenças significativas no número de passos de *E. thula* na água e no lodo. Com base na teoria do forrageamento ótimo, tais resultados sugerem que ao se mover mais na água, mais energia é necessária e, portanto teria que compensar com maior taxa de sucesso, o que não foi o caso. Na verdade, parece haver uma relação inversa entre taxa de sucesso no forrageio e velocidade de forrageio em *E. thula*, porque parar para engolir diminui a velocidade de forrageio (BRZORAD, 2004).

Já para *E. caerulea*, apesar de capturar peixes maiores, sua maior eficiência foi no lodo, o que era esperado já que é mais bem adaptada para forrageio em lamaçais (GIANUCA et al., 2008). Apesar de sua ampla variedade de presas, *E. thula* dá mais bicadas e mais bicadas bem sucedidas no lodo, apresentando maior taxa de sucesso e maior taxa de eficiência de captura nesse ambiente. Se os animais tomam decisões de forrageio de forma a maximizar sua eficiência, conforme a TFO, era de se esperar encontrar mais indivíduos de uma espécie em ambiente em que a mesma é mais eficiente.

Nossas observações sugerem que *E. caerulea* era mais abundante no lodo que na água, e mais abundante também se comparada a *E. thula*, mas outras variáveis precisariam ser analisadas neste caso, como a abundância de presas. Segundo Gawlik (2002), *E. thula* responde mais a densidade de presas e quando essa densidade está baixa procura outro lugar para forragear. O bico mais grosso em *E. caerulea* permite que os indivíduos dessa espécie capturem uma maior variedade de presas, portanto possui mais recursos alimentares em qualquer habitat

se comparado a *E. thula* que possui um bico mais fino e uma dieta mais restrita. Tal hipótese condiz com os resultados de Recken, Thompson e Maccarone (2016) os quais apontaram que disponibilidade de alimento, assim como variações no nível hidrométrico e hora do dia, pode estar correlacionada com a distribuição de espécies de Pelecaniformes.

Em estudo realizado no litoral norte do Estado de São Paulo, Mancini et al. (2018) observaram que tanto *E. thula* como *E. caerulea* eram mais abundantes em áreas com maior cobertura de manguezal. No local caracterizado por extensa área de praia, com costão rochoso e sem manguezal, *E. caerulea* se mostrou ausente. Entretanto, dentre as cinco áreas estudadas, a área sem manguezal foi o segundo local com maior abundância de *E. thula*. Essa diferença em relação ao uso de habitat pode ser uma explicação para a maior abundância de indivíduos de *E. caerulea* no CEP. Enquanto que *E. caerulea* apenas muda o ambiente de forrageio da água para o lodo, *E. thula* pode ter procurado outros ambientes para forragear com maior disponibilidade de presas, como o de praia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficiência de forrageio discutida neste estudo teve como base diferentes taxas calculadas através da contagem em campo do número de passos, número de bicadas e número e bicadas bem sucedidas, sendo elas: taxa de sucesso, taxa de eficiência de captura e taxa de esforço energético. Nossos resultados sugerem que essas taxas de *E. thula* e *E. caerulea* podem variar tanto em comparações intra como interespecíficas. De acordo com a TFO, as espécies buscam sempre maximizar seus ganhos energéticos tomando decisões que levam em conta os custos e benefícios da atividade. As espécies foram mais abundantes e eficientes em locais em que sua estratégia de forrageio se mostra mais adequadas.

Sugere-se estudos futuros que avaliem também se outras variáveis ambientais e espaciais, como disponibilidade de alimento e trânsito de embarcações, influenciam nas estratégias de forrageio das espécies quanto a sua eficiência. Além disso, enfatiza-se a importância de estudos mais aprofundados comparando a riqueza e a abundância das espécies de Pelecaniformes nas áreas do CEP.

REFERÊNCIAS

- ANTAS, P.T.Z. Pantanal – Guia de Aves, 2ªed. Rio de Janeiro: SESC Pantanal - Estação ecológica, 2009.
- APPA/PLANAVE. RIMA - Relatório de Impacto Ambiental. Obras de Ampliação do Cais de Acostagem Porto de Paranaguá. Planave, 2018.
- BRZORAD, J. N.; MACCARONE, A. D. Activity patterns of snowy egrets (*Egretta thula*) and Great Egrets (*Ardea alba*): A seasonal comparison. *Waterbirds*. n.36, p. 11-19. 2013.
- BRZORAD, J. N.; MACCARONE, A. D.; CONLEY, D K. Foraging energetics of Great Egrets and Snowy Egrets. *Journal of Field Ornithology* 75:266–280. 2004.
- CHARNOV, E. L. Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoret. Popul. Biol.* 9, 129–136. 1976.
- HAVES, FG.; ALVES, MAS. Teoria do Forrageamento Ótimo: premissas e críticas em estudos com aves. *Oecologia Australis*, vol. 14, no. 2, p. 369-380. 2010.
- CHOI, Y,S.; YOO, Y.C. Factors affecting feeding activity of grey herons in a reservoir during the breeding season. *J. Ecol. Environ.*, 34, 357–363. 2011
- CUSTER, T.W.; OSBORN, R.G.; STOUT, W.F. Distribution, species abundance, and nesting-site use of Atlantic-Coast colonies of herons and their allies. *Auk*, n. 97, p. 591-600,1980.
- DYER, K.R. Estuaries: A Physical Introduction. 2. ed. *Chichester: Wiley*, n. 195. 1997.
- GAUVIN, S. & GIRALDEAU, L. Nutmeg manikins (*Lonchurapunctulata*) reduce their feeding rates in response to simulated competition. *Behavioural Ecology*, 139: 150-156. 2004
- GIANUCA, D.; QUINTELA, F. M.; BARROS, J. A.; GOMES-JR, A. & GIANUCA, N. M. Ocorrência regular da garça-azul *Egretta caerulea* (Ciconiiformes, Ardeidae) no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*.n. 3, p. :328-334. 2008.
- GIMENES, M.R. *Estudos ecológicos dos Ciconiiformes (Aves) nos habitats de forrageamento da planície alagável do alto rio Paraná, Brasil*. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR, 2005.
- GIMENES, M. R; ANJOS, L. Influence of lagoons size and prey availability on the wading birds (Ciconiiformes) in the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Braz. arch. biol. technol.*, Curitiba , v. 49, n. 3, p. 463-473, 2006 .

GIMENES, M.R. & ANJOS, L. Variação sazonal na sociabilidade de forrageamento das garças *Ardea alba* (Linnaeus, 1758) e *Egretta thula* (Molina, 1782) (Aves: Ciconiiformes) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, n. 15, p. 409-416, 2007.

GWIAZDA, R.; FLIS, A.; SKÓRKA, P.; OLEŚ, W. Effect of age on the foraging behaviour of Grey Heron *Ardeacinerea* L., 1758 at a submontane dam reservoir in the postbreeding season. *Avian biology research*. 10. 2017.

HARPER MACCARONE 2018

HAMZA, F.; SELMI, S. Co-occurrence and commensal feeding between Little Egrets (*Egretta garzetta*) and Eurasian Spoonbills (*Platalea leucorodia*). *Bird Study*, n. 63, p. 509–515, 2016.

HUEY, R.B.; PIANKA, E.R. Ecological consequences of foraging mode. *Ecology*, 62: 991-999. 1981.

IGNÁCIO, J. M. *Mudança sazonal e entre o dia e a noite nas características da ictiofauna do infralitoral raso do Maciel, Baía de Paranaguá, Paraná*. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) - Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2008.

KAHILAINEN, K.; H. LEHTONEN. Piscivory and prey selection of four predator species in a whitefish dominated subarctic lake. *J. Fish Biol.* 63(3):659-672. 2003.

KENT, D. M. Effects of varying behavior and habitat on the striking efficiency of egrets. *Colonial Waterbirds*, 10: 115-119. 1987.

KREBS, J. R. Colonial nesting and social feeding as strategies for exploiting food resources in great blue heron (*Ardea herodias*). *Behaviour* 51, 99 – 134. 1974.

KUSHLAN, J. A. Resource use strategies of wading birds. *Wilson Bull.*, Lawrence, v. 93, n. 2, p. 145-163, 1981.

KUSHLAN, J. A. 1978. Feeding ecology of wading birds. Pp. 249-297 in *Wading Birds* (A. Sprunt IV, J. C. Ogden, & S. Winckler, Eds.). *Natl. Audubon Soc. Res. Rept.* n. 7, 1978.

LAMOUR, M. R.; SOARES, C. R.; CARRILHO, J. C. Mapas de parâmetros texturais de sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá-PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 55, p. 77-82, 2004.

LANA, P. C.; MARONE, E.; LOPES, R.M.; MACHADO, E.C. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: *Ecological Studies, Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, n. 144, p. 131-145., 2000.

LESCROËL, A., BALLARD, G., MASSARO, M. et al. Evidence of age-related improvement in the foraging efficiency of Adélie penguins. *Sci Rep* 9, 3375. 2019.

LESSA G,C. Baías Brasileiras: grandes estuários em uma costa regressiva? *Simp. Baías, 10^o Cong. ABEQUA*, Guarapari-ES, Anais, 2005.

MACCARONE, A. D.; BRZORAD, J. N. Foraging patterns by breeding egrets at coastal and interior locations. *Waterbirds*. n. 24, p. 1-7, 2002.

MACCARONE, A. D.; BRZORAD, J. N. Foraging microhabitat selection by wading birds in a tidal estuary, with implications for conservation. *Waterbirds*. n. 28, p. 383-391, 2005.

MANCINI, P.L., REIS-NETO, A., FISCHER, L.G., SILVEIRA, L.F., SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Differences in diversity and habitat use of avifauna in distinct mangrove areas in São Sebastião, São Paulo, Brazil. *Ocean Coast. Manage.* 2018.

MARCHETTI, K.; PRICE, T. Differences in the foraging of juvenile and adult birds: the importance of developmental constraints *Biol. Rev. Camb. Phil. Soc.* 64:51–70. 1989.

MARTÍNEZ-VILALTA, A., MOTIS, A. & KIRWAN, G.M. Little Blue Heron (*Egretta caerulea*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona, 2019. Disponível em: <https://www.hbw.com/node/52692>. Acessado em: 01/08/2019.

MARTÍNEZ-VILALTA, A., MOTIS, A. & KIRWAN, G.M. Snowy Egret (*Egretta thula*). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona, 2019. Disponível em: <https://www.hbw.com/node/52693> Acessado em: 01/08/2019.

MOORE, A. A.; A. M.; GREEN, M. C, HUFFMAN, D.G.; SIMPSON, T. R. Simpson "Green Herons (*Butorides virescens*) in an Urbanized Landscape: Does Recreational Disturbance Affect Foraging Behavior?," *The American Midland Naturalist*. n. 176, p. 222-233, 2016.

MORALEZ-SILVA, E; SILVA, FJL; MONTEIRO-FILHO, ELA. Unravelling feeding territoriality in the Little Blue Heron, *Egretta caerulea*, in Cananéia, Brazil. *Braz. J. Biol.*, São Carlos , v. 70, n. 2, p. 235-242, May, 2010 .

NASCA, P. B., GANDINI, P. A. AND FRERE, E. Caracterización de las asociaciones de alimentación multiespecíficas de aves marinas en la Ría Deseado, Hornero. n. 19 (1), p. 29-36, 2004.

NEFLA, A.; NOUIRA, S. Environmental factors affecting the foraging behavior of herons in Ichkeul National Park, Tunisia. *Waterbirds*, n.39, p. 99–103, 2016.

NOERNBERG, M. A.; LAUTERT, L. F. C.; ARAÚJO, A. D.; MARONE, E.; ANGELOTTI, R.; NETTO Jr., J. P. B.; KRUG, L. A. Remote Sensing and GIS Integration for Modeling the Paranaguá Estuarine Complex – Brazil. *Journal of Coastal Research*. Special Issue n. 39, 2004.

ODUM, E.P; BARRETT, G.W. *Fundamentos de Ecologia*, 5ª ed. São Paulo: Thomson Learning. 2007.

OLMOS, F.; SILVA E SILVA, R. Breeding biology of Little Blue Heron (*Egretta caerulea*) in Southeastern Brazil. *Ornitologia Neotropical*, n. 13, p. 17-30, 2002.

PEREIRA, L.; MERCANTE, C. Ammonia in fish breeding systems and its effects on the water quality - A review. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2018.

PERILLO, G. M. E. New geodynamic definition of estuaries. *Revista Geofísica*, n. 31, p. 281-287, 1989.

PIERCE, G.L. & OLLASON, J.G. Eight reasons why optimal foraging theory is a complete waste of time. *Oikos*, 49: 111-118. 1987.

PIMENTA, F. E.; DRUMMOND, J. C. P.; LIMA, A. C. Aves aquáticas da Lagoa da Pampulha: seleção de habitats e atividade diurna. *Lundiana*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 89-96, 2007.

POUGH, F.H, JANIS, C.M. & HEISER, J.B. *A vida dos vertebrados* (4 edição). Atheneu, São Paulo, 2008.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017.

RECHER, H. F.; RECHER, J. A., Comparative foraging efficiency of adult and immature Little Blue Herons (*Florida caerulea*), *Anim. Behav.* 17: 320–322. 1969.

RENKEN, R.C.; THOMPSON, J.A.; MACCARONE, A.D. Factors affecting foraging microhabitat selection by wading birds at an artificial weir. *Waterbirds*, n. 39, p. 422–425, 2016.

RICKLEFS, E. R. *A Economia da Natureza*, 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A, 2003.

RIOTTE-LAMBERT, L.; WEIMERSKIRCH, H. Do naive juvenile seabirds forage differently from adults? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280, 2013.

RODGERS, J. A. Foraging behavior of seven species of herons in Tampa Bay, Florida. *Colonial Waterbirds*, 6: 11-23. 1983.

STEPHENS, DW; BROWN, JS; YDENBERG, RC. Foraging: Behavior and Ecology. Chicago: University of Chicago Press, 2007.

SICK, H. *Ornitologia Brasileira*, 4^a ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira S.A, 2005.

SIGRIST, T. *Guia de Campo. Avis Brasilis Avifauna Brasileira – The Avis Brasilis Field Guide to the Birds of Brazil*, 1^a ed. Vinhedo: Editoraavisbrasilis, v. 1, p. 72-73, 2009.

SKÓRKA, P.; WÓJCIK, J.D. Habitat utilization, feeding tactics and age-related feeding efficiency in Caspian Gull *Larus cachinnans*. *J. Ornithol.*, 149, 31–39, 2008.

SMITH, M. J. Optimization theory in evolution. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 9:3 1-56, 1978.

YAÑEZ-ARANCÍBIA, A. *Ecología de la zona costera: análisis de siete tópicos*. México, D. F.: AGT, n. 200, 1986.

WIGGINS, D. A. Foraging Success and Aggression in Solitary and Group-Feeding Great Egrets (*Casmerodius Albus*). *Colonial Waterbirds*, v. 14, n. 2, p. 176-79, 1991.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1. Amplitude (*range*), média (μ) e desvio padrão (σ) dos dados medidos em campo (passos, bicadas e bicadas bem sucedidas) e das taxas de forrageamento calculadas (taxa de sucesso, de esforço energético e de eficiência de captura) para os indivíduos adultos de *E. thula* e *E. caerulea* nos diferentes ambientes de forrageio: água e lodo.

	<i>E. thula</i>				<i>E. caerulea</i> (adultos)			
	Água		Lodo		Água		Lodo	
	Amplitude	$\mu \pm \sigma$	Amplitude	$\mu \pm \sigma$	Amplitude	$\mu \pm \sigma$	Amplitude	$\mu \pm \sigma$
Passos	91-153	119 \pm 31,43	12-137	69,5 \pm 64,36	0-170	79,24 \pm 46,53	6-129	72,59 \pm 33,62
Bicadas	2-14	8,0 \pm 6,0	5-24	16 \pm 8,04	0-11	4,1 \pm 3,42	0-26	7,81 \pm 6,55
Bicadas bem sucedidas	1-4	2,67 \pm 1,53	2-8	4,5 \pm 2,65	0-4	0,86 \pm 1,11	0-7	2,24 \pm 1,80
Taxa de sucesso	0,29-0,5	0,39 \pm 0,11	0,12-0,6	0,34 \pm 0,21	0-0,67	0,16 \pm 0,19	0-1	0,35 \pm 0,29
Taxa de esforço energético	0,01-0,12	0,07 \pm 0,06	0,14-1,33	0,5 \pm 0,56	0-1	0,1 \pm 0,21	0-0,33	0,1 \pm 0,08
Taxa de eficiência de captura	0,01-0,04	0,02 \pm 0,02	0,04-0,18	0,11 \pm 0,07	0-0,06	0,01 \pm 0,02	0-0,19	0,04 \pm 0,04

Tabela S2. Resultado do teste *t* de Welch comparando as espécies *E. thula* e *E. caerulea* quanto as diferentes variáveis medidas em campo (passos, bicadas e bicadas bem sucedidas) e taxas de forrageamento calculadas (taxa de sucesso, de esforço energético e de eficiência de captura). Os valores com * são valores estatisticamente significativos ($p < 0,005$).

	<i>E. caerulea</i>				<i>E. thula</i>		<i>E. caerulea</i> x <i>E. thula</i>					
	Adulto x Jovem		Água x Lodo		Água x Lodo		-		Água		Lodo	
	<i>t</i>	p	<i>t</i>	p	<i>t</i>	p	<i>t</i>	p	<i>t</i>	p	<i>t</i>	p
Passos	-1,012	0,322	0,574	0,5695	1,339	0,2436	-0,131	0,8974	-1,912	0,1406	0,094	0,9301
Bicadas	1,101	0,278	-2,836	0,0063*	-1,507	0,1922	-1,198	0,2541	-1,101	0,3768	-1,967	0,1319
Bicadas bem sucedidas	2,901	0,0057*	-3,625	0,0006*	-1,153	0,3027	-1,315	0,213	-1,978	0,169	-1,664	0,186
Taxa de sucesso	2,375	0,0221*	-3,009	0,0039*	0,390	0,714	-0,928	0,3696	-3,092	0,0351*	0,066	0,9502
Taxa de esforço energético	1,509	0,1355	-0,165	0,8701	-1,484	0,2321	-1,043	0,3203	0,355	0,7279	-1,393	0,2576
Taxa de eficiência de captura	3,125	0,0026*	-3,756	0,0004*	-2,4028	0,0852	-1,4282	0,1808	-1,498	0,2458	-2,108	0,12

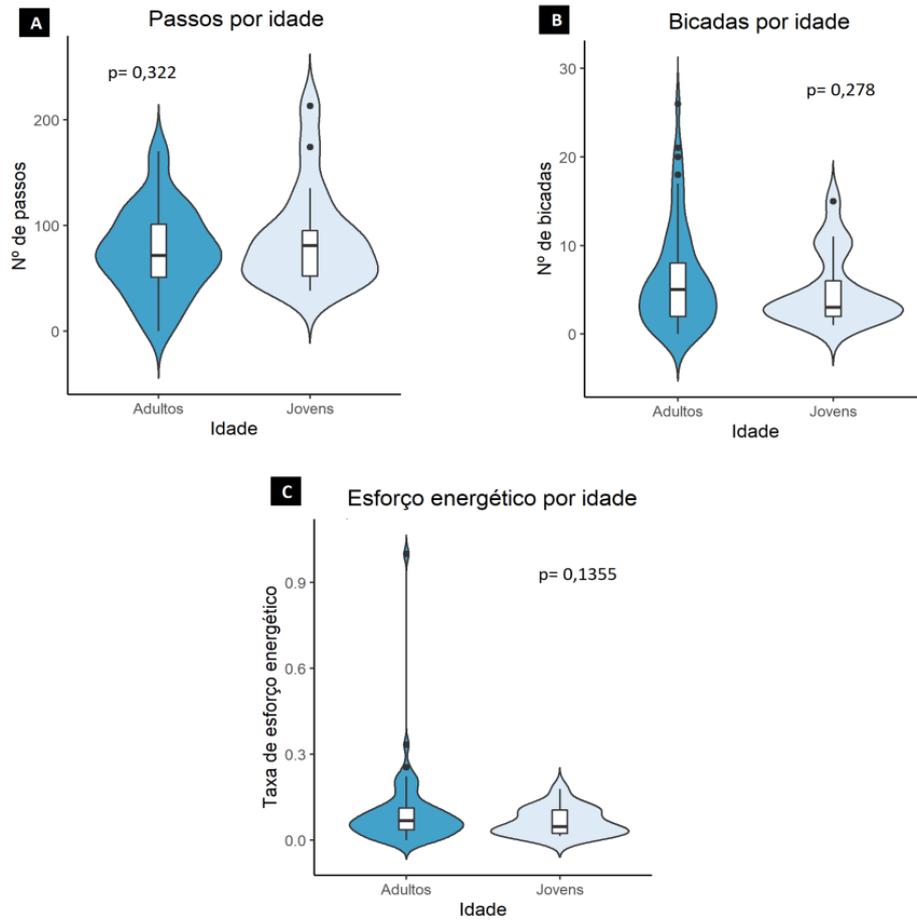


Figura S1. Comparação entre adultos e jovens de *Egretta caerulea* em relação ao (A) Número de passos; (B) Número de bicadas e (C) Taxa de Esforço Energético. Para as três taxas, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) conforme idade de *E. caerulea*. O perímetro (em azul) exibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartil (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo os *outliers*, estes representados pelos pontos pretos do gráfico.

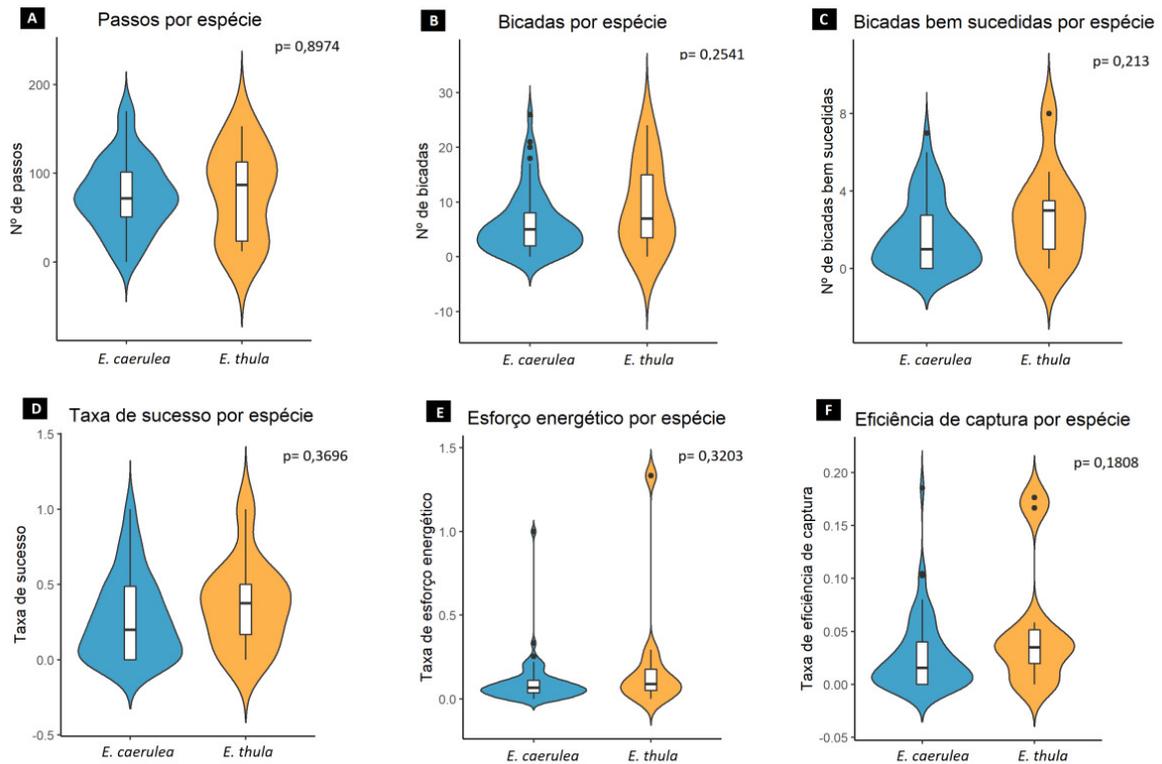


Figura S2. Comparação entre adultos de *E. thula* e *E. caerulea* em relação ao (A) Número de passos; (B) Número de bicadas; (C) Número de bicadas bem sucedidas; (D) Taxa de sucesso; (E) Taxa de esforço energético e (F) Taxa de eficiência de captura. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) nas taxas entre as duas espécies. O perímetro (em azul e em laranja) exibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartil (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastas representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo o *outlier*, este representado pelo ponto preto no gráfico.

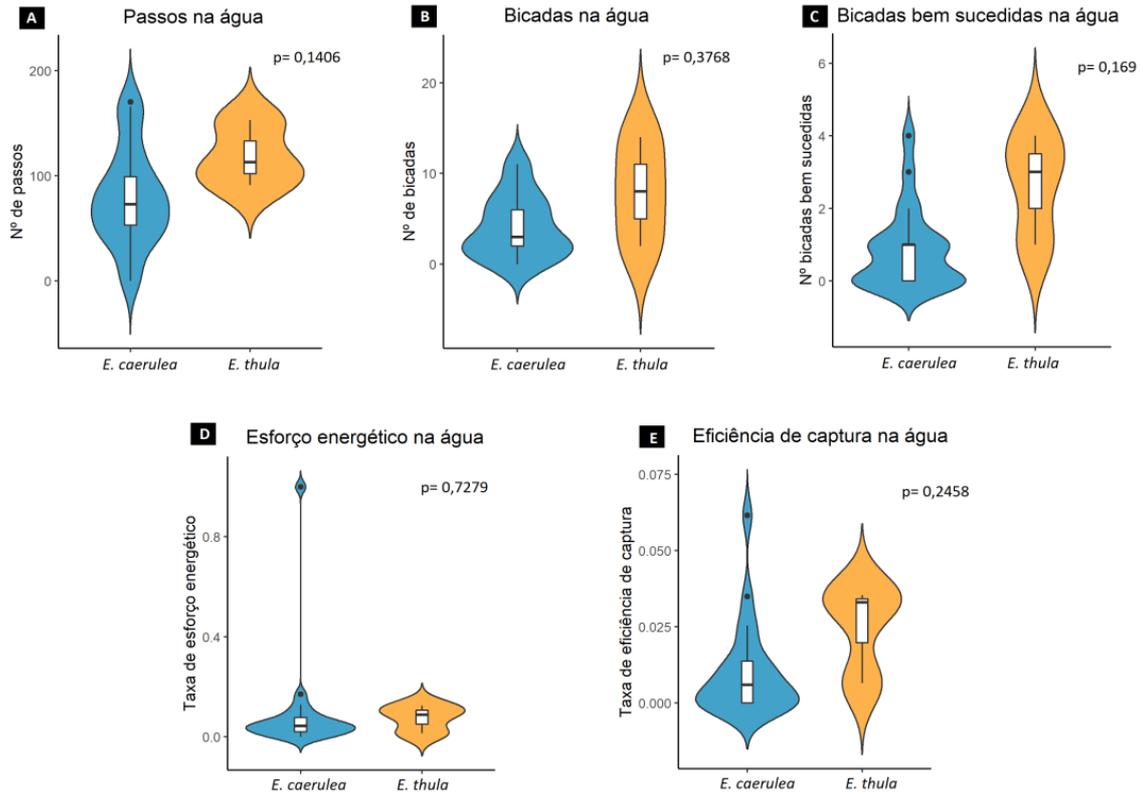


Figura S3. Comparação entre adultos de *E. thula* e *E. caerulea* forrageando na água em relação ao (A) Número de passos; (B) Número de bicadas; (C) Número de bicadas bem sucedidas; (D) Taxa de esforço energético e (E) Taxa de eficiência de captura. Para essas cinco taxas, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as duas espécies. O perímetro (em azul e em laranja) exibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartílico (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo os *outliers*, estes representados pelos pontos pretos no gráfico.

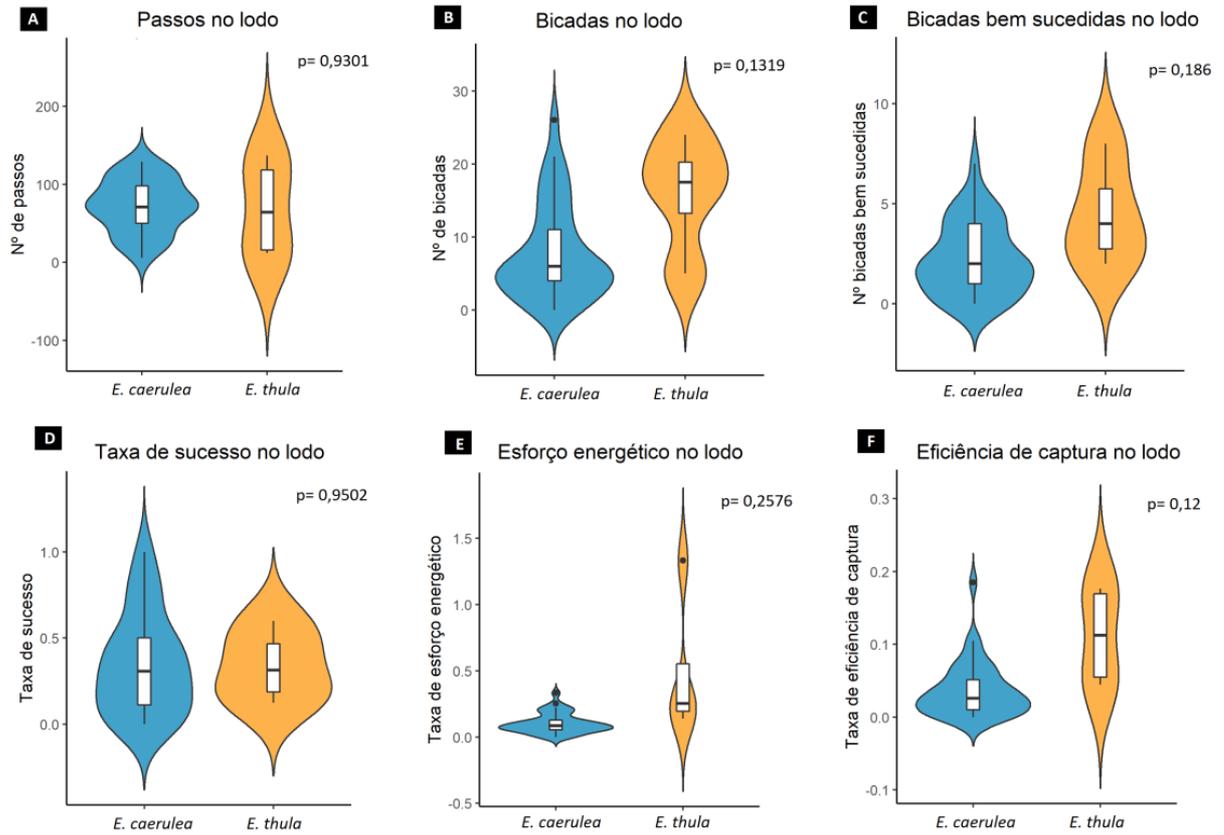


Figura S4. Comparação entre adultos de *E. thula* e *E. caerulea* forrageando no lodo em relação ao (A) Número de passos; (B) Número de bicadas; (C) Número de bicadas bem sucedidas; (D) Taxa de sucesso; (E) Taxa de esforço energético e (F) Taxa de eficiência de captura. Para nenhuma das taxas houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as duas espécies. O perímetro (em azul e em laranja) exibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartil (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo os *outliers*, estes representados pelos pontos pretos no gráfico.

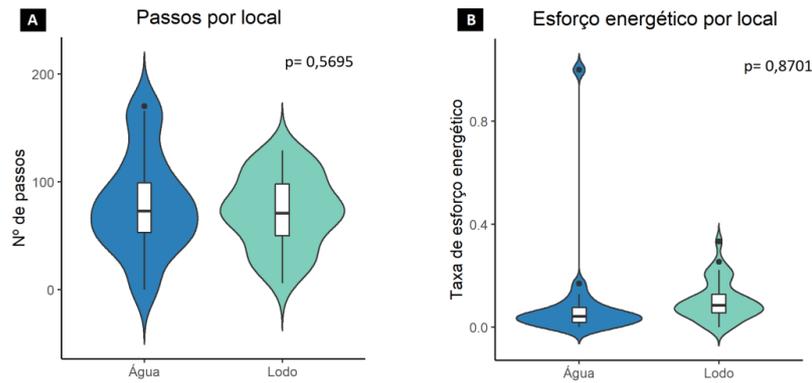


Figura S5. Comparação entre *E. caerulea* forrageando na água e no lodo em relação ao (A) Número de passos e (B) Esforço energético. Para essas duas taxas, as diferenças entre os locais não foi significativa ($p > 0,05$). O perímetro (em azul) exibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartil (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo os *outliers*, estes representados pelos pontos pretos no gráfico

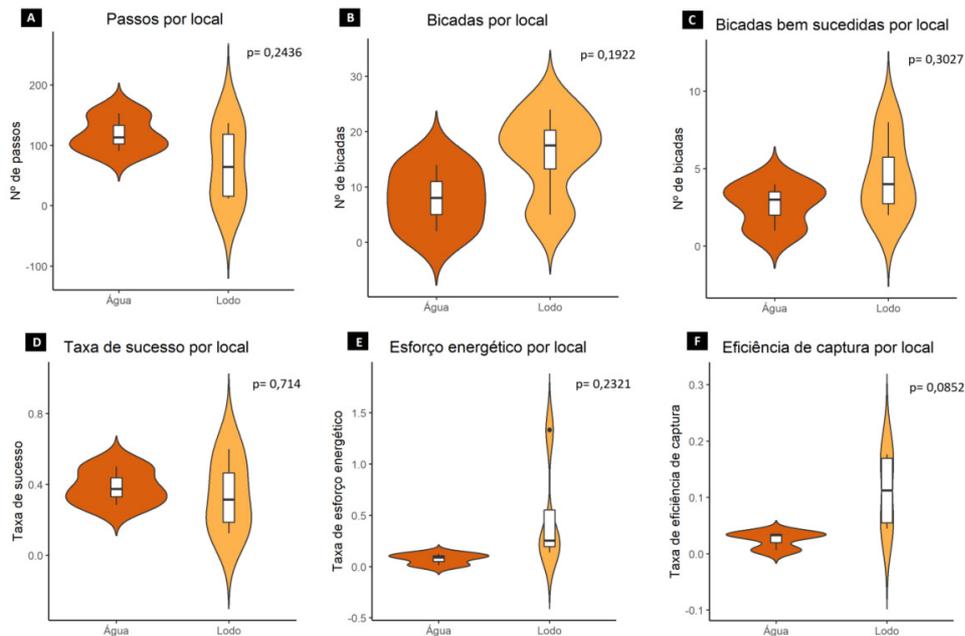


Figura S6. Comparação entre *E. thula* forrageando na água e no lodo em relação ao (A) Número de passos; (B) Número de bicadas; (C) Número de bicadas bem sucedidas; (D) Taxa de sucesso; (E) Taxa de esforço energético e (F) Taxa de eficiência de captura. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) para *E. thula* conforme os locais. O perímetro (em laranja) exibe a “densidade de probabilidade” dos dados, e no meio um boxplot tradicional onde o retângulo representa o intervalo interquartil (Q3-Q1), a linha dentro do retângulo representa a mediana (ou segundo quartil), as hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo os *outliers*, estes representados pelos pontos pretos no gráfico.