



COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE FORRAGEIO DAS GARÇAS *Egretta caerulea* E *Egretta thula* NO ESTUÁRIO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, SUL DO BRASIL

Danila Syriani Veluza^{1*}, Juliana Rechetelo², Emygdio Leite de Araújo Monteiro-Filho^{1,3} & Luiz Augusto Macedo Mestre^{1,4}

¹ Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Zoologia, CP 19020, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100, Jardim das Américas, CEP 81531-980, Curitiba, PR, Brasil.

² Instituto Federal de Santa Catarina, Av. Hugo Schlosser, 605, Jardim Maluche, CEP 88354-300, Brusque, SC, Brasil.

³ Instituto de Pesquisa Cananéia, Av. Nina, nº 423, Retiro das Caravelas, CEP 11990-000, Cananéia, SP, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral, Rua Jaguariaíva, Tv. Caiobá, 512, CEP 83260-000, Matinhos, PR, Brasil.

Email: danilaveluza@gmail.com (*corresponding author); jurechetelo@gmail.com, elamf@ufpr.br; luiz.mestre@gmail.com.

Resumo: A eficiência de forrageio das aves, resultado do balanço entre consumo e gasto de energia, pode variar conforme condições locais. A eficiência de forrageio foi comparada entre *Egretta thula* (adulto N = 11) e *Egretta caerulea* (adulto N = 62 e jovem N = 17) no estuário da cidade de Paranaguá, Paraná, Brasil. Em 14 h de observações divididas em sessões de 2 minutos por indivíduo, foram registrados locais de forrageio (lodo ou águas rasas), número de passos, bicadas totais e bicadas bem-sucedidas, e calculadas taxas de sucesso, esforço energético e eficiência de captura. Em águas rasas *E. thula* foi mais eficiente que *E. caerulea*. Não houve diferença para *E. thula* entre os ambientes, enquanto adultos de *E. caerulea* foram mais eficientes que os jovens, com maior eficiência no lodo do que em águas rasas. Diferenças na eficiência de forrageio entre as espécies podem ter relação com o tipo de forrageio entre elas dependendo da localidade.

Palavras-chave: aves; forrageamento; manguezal; Pelecaniformes.

COMPARISON OF EGRETTA CAERULEA AND EGRETTA THULA FORAGING EFFICIENCY IN ESTUARY OF PARANAGUÁ, PARANÁ, SOUTHERN BRAZIL: The foraging efficiency of birds may vary according to local conditions as a result of the balance between energy consumption and expenditure. The foraging efficiency of *Egretta thula* (adults n=11) and *Egretta caerulea* (adults n=69 and juveniles n= 17) was compared in Paranaguá city estuary, in Paraná, Brazil. In 14 hours of observation divided into 2 minutes sessions per individual, were recorded foraging site (mud or shallow water), number of steps, total peckings and successful peckings, and were calculated the success rates, energy effort and capture efficiency. In shallow water *E. thula* was more efficient than *E. caerulea*. There was no intraspecific differences in *E. thula* regarding environments. Adults of *E. caerulea* were more efficient than juveniles, with greater efficiency in mud than in shallow waters environments. Differences in foraging efficiency between species may be related to the type of foraging according to feeding location.

Keywords: birds; foraging; mangrove; Pelecaniformes.

A Teoria do Forrageamento Ótimo postula que os animais tomam decisões sobre os locais de alimentação, tempo de forrageio e seleção de presas de forma a maximizar sua ingestão de energia, avaliando os custos da estratégia a ser adotada, sendo a eficiência de forrageio o resultado do balanço entre quantidade de energia obtida e gasta na obtenção de alimento (MacArthur & Pianka 1966). Dessa forma, cada animal teria desenvolvido estratégias específicas ajustadas ao ambiente em que forrageia e à morfologia de cada espécie de acordo com a seleção natural, de forma a maximizar sua eficiência de forrageio e seu subsequente sucesso reprodutivo (Ydenberg *et al.* 2007).

As aves forrageiam sistematicamente variando as técnicas empregadas para evitar buscas aleatórias e ineficientes, maximizando a obtenção de energia (Rodgers 1983), as quais refletem na eficiência de captura, no tamanho médio das presas capturadas e na seleção do microhabitat de forrageio (Renken *et al.* 2016), variando conforme fatores bióticos, como a morfologia de cada espécie e disponibilidade de presas, e fatores abióticos, como profundidade da água e tipo de substrato (Harper & Maccarone 2018, Lantz *et al.* 2010). Em nove espécies de garça foram registrados mais de 30 métodos de forrageio conforme diferenças interespecíficas como tamanho corporal, sociabilidade e hábitos alimentares (Kelly *et al.* 2003).

A garça-branca-pequena (*Egretta thula*) (Pelecaniformes, Ardeidae) é uma espécie predadora oportunista, que se alimenta de presas aquáticas, incluindo pequenos peixes e invertebrados (Martínez-Vilalta *et al.* 2019). Apesar de possuir grande variedade de técnicas de forrageio, esta espécie parece utilizar principalmente técnicas mais ativas de procura que envolvem caminhadas, perseguindo e subjulgando suas presas (Kelly *et al.* 2003). A garça-azul (*Egretta caerulea*) (Pelecaniformes, Ardeidae) possui uma dieta mais ampla, composta por peixes, anfíbios, crustáceos e insetos, variando conforme a disponibilidade das presas no local (Gianuca *et al.* 2012). O método de forrageio desta espécie envolve caminhadas lentas e contínuas no local de forrageio (Kelly *et al.* 2003).

Neste estudo foi comparada a eficiência de forrageio de *E. thula* e *E. caerulea* em micro-

ambientes com lodo ou com águas rasas, em três áreas de baixios no estuário do município de Paranaguá, litoral do Estado do Paraná. Além disso, também foi comparada a eficiência de forrageio entre indivíduos adultos e jovens de *E. caerulea*. A eficiência de forrageio destas espécies pode estar relacionada aos seus métodos de captura de presas, como também à idade e ao micro-ambiente em que estão forrageando. É sugerida como hipótese que a eficiência de *E. thula* seja superior em águas rasas, pois seu método de forrageio mais ativo seria mais adequado nesse tipo de ambiente onde as presas são mais ativas por conseguirem nadar (Nefla & Noura 2016). Da mesma forma, a eficiência de *E. caerulea* deve ser maior forrageando diretamente sobre o lodo, pois a espécie utiliza métodos de forrageio menos ativos que *E. thula* e são mais frequentes e abundantes em lamaçais estuarinos (Gianuca *et al.* 2012). Nesta comparação, ainda sugerimos que os adultos têm maior eficiência que os jovens por terem mais experiência nas táticas de captura (Recher & Recher 1969).

Este estudo foi realizado no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) (25° 16' e 25° 34' S, 48° 17' e 48° 42' W), localizado no litoral norte do Estado do Paraná, Brasil, composto por 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 e 136 km² de área de baixios (Noernberg *et al.* 2006). Três pontos amostrais foram selecionados ao longo da Baía de Paranaguá, com condições ambientais semelhantes, com maior facilidade de acesso e com baixios expostos em períodos de maré (Figura 1). No ponto 1 (25° 30' 13.3" S e 48° 31' 53.2" W) localiza-se o trapiche do santuário do Rocio, bastante utilizado para atracamento de embarcações de pesca. 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. Entre esses pontos se encontra o terminal de contêineres de Paranaguá. O ponto 3 (25° 31' 40.3" S e 48° 30' 37.3" W), mais distante, está situado ao lado de uma pequena marina e próxima à área urbanizada.

As amostragens foram realizadas entre maio e setembro de 2019, durante maré baixa entre 06 h e 11 h e apenas em dias não chuvosos. O esforço

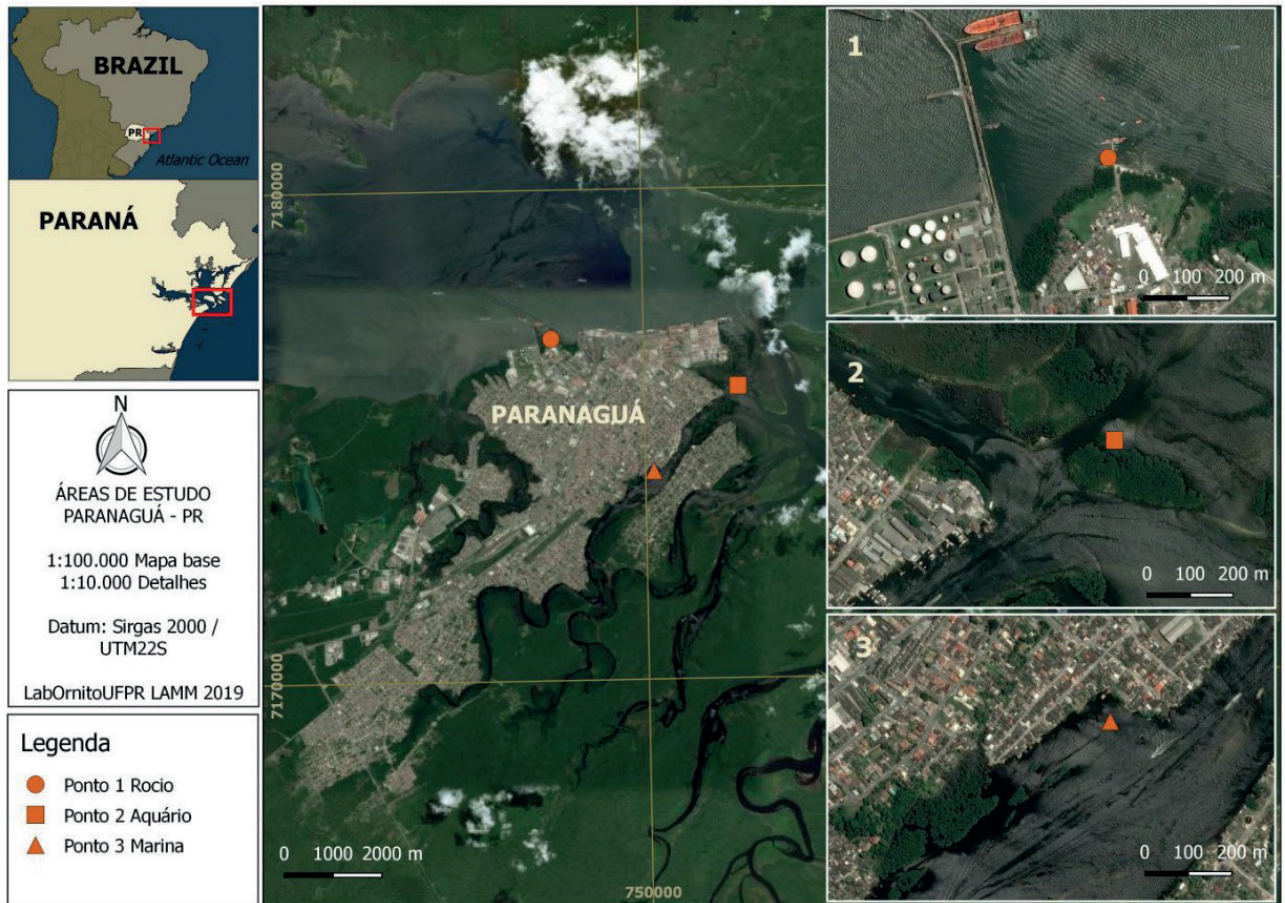


Figura 1. Mapa do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), sul do Brasil. Os pontos 1, 2 e 3 correspondem aos locais escolhidos para observação. 1: Rocio, ao lado do porto de Paranaguá; 2 e 3: Rio Itiberê (Fonte: Adaptado BingMaps).

Figure 1. Map of the Paranaguá Estuarine Complex (CEP), southern Brazil. Points 1, 2 and 3 are observation points. 1: Rocio, next to the Paranaguá port; 2 and 3: Itiberê River (Source: Adapted BingMaps).

amostral por local foi de cinco dias de amostragem no ponto 1, quatro dias no ponto 2 e dois dias no ponto 3. As observações e contagens foram realizadas com auxílio de uma luneta (Bushnell®) e binóculos (Vortex®, 8,5 x 32). As observações tinham duração máxima de duas horas por dia de forma a reduzir a probabilidade de recontagem (Harper & Maccarone 2018).

Em cada baixio foi estabelecido um ponto fixo de observação e a partir dele um raio de 100m onde foram feitas sessões de observação de dois minutos em indivíduos foco escolhidos aleatoriamente. Nestas sessões individuais foi registrada a espécie, a faixa etária para *E. caerulea* (adulto ou jovem), o número de passos, número de bicadas e número de bicadas bem-sucedidas (Hamza & Selmi 2016). Se no tempo de observação o indivíduo voava e não se distanciava para além do raio de 100m a contagem continuava, caso contrário era interrompida e descartada. Também

foi registrado se o indivíduo estava forrageando na área seca do baixio, onde o lamaçal fica exposto, denominado neste estudo como ambiente de lodo, ou com os pés e/ou pernas na água rasa, em substratos submersos mais nas bordas do baixio.

A eficiência de forrageio foi considerada através de três taxas calculadas com base nas contagens: 1) Taxa de sucesso (número de bicadas bem-sucedidas pelo número de bicadas totais), 2) Taxa de esforço energético (número de bicadas totais pelo número de passos) e 3) Taxa de eficiência de captura (número de bicadas bem-sucedidas dividido pelo número de passos) (Hamza & Selmi 2016). Foi incluída a variável “passos” no cálculo, porque uma mesma taxa de sucesso para espécies diferentes não necessariamente significa mesma eficiência; enquanto uma pode forragear parada, a outra pode aplicar métodos mais ativos, gastando mais energia perseguindo as presas (Maccarone & Brzorad 2007).

As taxas de forrageio foram consideradas independentes para cada unidade amostral de dois minutos e os indivíduos amostrados tiveram dados individuais e independentes de cada uma delas. Assim, cada indivíduo amostrado foi considerado como uma amostra independente. Para cada taxa foi calculada a média, o desvio padrão e a amplitude dos dados (Tabela S1), e realizado o teste *t* de Welch com significância de $p < 0,05$ (Tabela S2). Esse teste não assume igualdade de variâncias e é aplicado para amostras não-pareadas, sendo insensível a tamanhos amostrais diferentes. As espécies, a idade ou o ambiente foram considerados fatores fixos (dois níveis cada um) e as taxas de forrageio foram as variáveis respostas para testar as potenciais diferenças. Todas as análises foram realizadas no ambiente R (R Core Team 2015, versão 3.6.1).

Ao todo foram realizados 10 dias de campo, 14 horas de observação totalizando 90 indivíduos observados nas três localidades, sendo 15 % *E. thula* (N = 11) e 85 % *E. caerulea* (N = 79). Os adultos representaram 78 % (N = 62) das amostras de *E. caerulea* e 22 % (N = 17) eram jovens. Não foi observada diferença significativa entre as espécies quando as taxas foram comparadas independentes do ambiente (taxas de sucesso: $t = -0,93$; $p = 0,37$; esforço energético: $t = -1,04$, $p = 0,32$; e eficiência de captura: $t = -1,43$, $p = 0,18$; Figura S1). No entanto, considerando o ambiente nas comparações, *E. thula* e *E. caerulea* apresentaram diferenças significativas na eficiência de forrageio.

Embora ambas as espécies usem ambiente de águas rasas para forragear quando as presas são abundantes (Gawlik 2002), nesse ambiente *E. thula* apresentou maior taxa de sucesso que *E. caerulea* ($t = -3,09$, $p = 0,03$; Figura 2). Esse resultado pode estar relacionado a *E. thula* empregar principalmente métodos mais ativos de captura no seu forrageio, tendo assim uma vantagem nas áreas com água rasa onde as presas apresentam maior velocidade (Nefla & Noura 2016, Kelly *et al.* 2003). Para as outras taxas não foram registradas diferenças significativas (esforço energético: $t = 0,35$, $p = 0,73$; eficiência de captura na água: $t = -1,49$, $p = 0,24$; Figura S2).

As espécies foram igualmente eficientes no lodo, uma vez que não foram observadas diferenças para as taxas nessa comparação (taxas de sucesso: $t = 0,07$, $p = 0,95$; esforço energético: $t = -1,39$, $p = 0,26$;

eficiência de captura: $t = -2,11$, $p = 0,12$; Figura S3). Da mesma forma, *E. thula* também não apresentou diferenças nas taxas comparando seu forrageio no lodo e na água (taxas de sucesso: $t = 0,39$, $p = 0,71$; esforço energético: $t = -1,48$, $p = 0,23$; eficiência de captura: $t = -2,4028$, $p = 0,08$; Figura S4). Possivelmente outras variáveis físicas e biológicas locais como interação social, época de reprodução e, principalmente, disponibilidade de presa, tenham maior efeito na eficiência e, conseqüentemente, nas decisões de forrageio da espécie (Maccarone & Brzorad 2005, Gawlik 2002).

Na comparação entre ambientes para *E. caerulea*, no lodo a espécie apresentou maior número de bicadas ($t = -2,84$, $p = 0,0063$), bicadas bem-sucedidas ($t = -3,62$, $p = 0,0006$) e maior taxa de sucesso ($t = -3,01$, $p = 0,004$) e eficiência de captura ($t = -3,76$, $p = 0,0004$) que na água (Figura 3) e não apresentou diferenças no número de passos ($t = 0,57$, $p = 0,57$) e esforço energético ($t = -0,16$, $p = 0,87$; Figura S5). Da mesma forma que na comparação entre as espécies na água, este

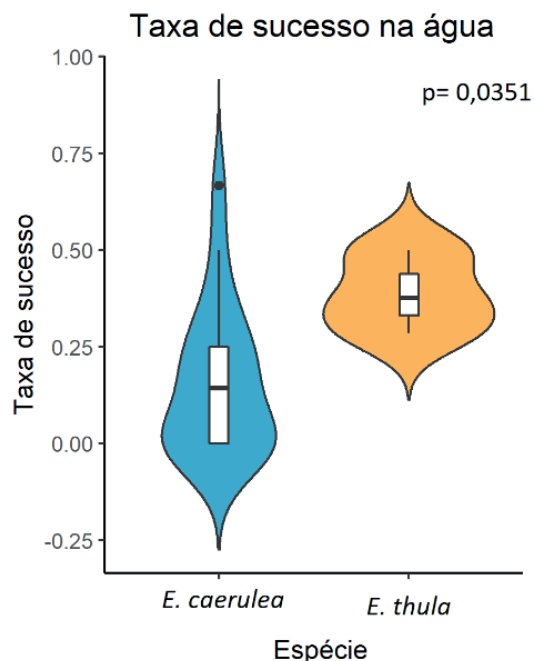


Figura 2. Comparação entre taxa de sucesso de *Egretta thula* e *Egretta caerulea* forrageando na água. Neste ambiente, *E. thula* apresentou taxa de sucesso significativamente maior ($p < 0,05$) que *E. caerulea*.

Figure 2. Comparison between success rate of *Egretta thula* and *Egretta caerulea* foraging in water. In this environment, *E. thula* had significantly higher success rate ($p < 0.05$) than *E. caerulea*.

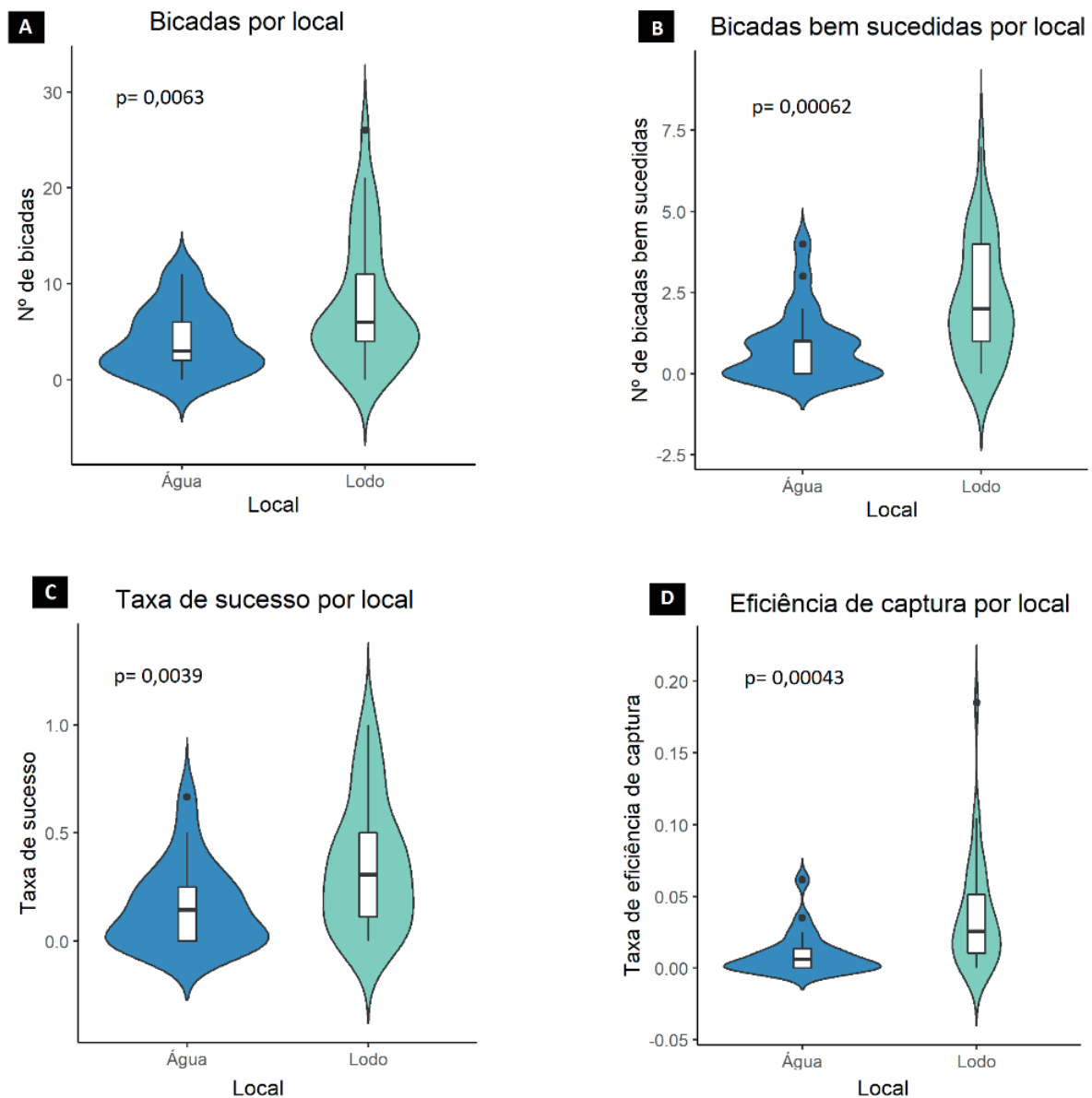


Figura 3. Comparação entre *Egretta caerulea* forrageando na água e no lodo em relação ao (A) Número de bicadas; (B) Número de bicadas bem-sucedidas; (C) Taxa de sucesso e (D) Eficiência de captura. Para essas quatro taxas, *E. caerulea* apresentou valores significativamente maiores no lodo que na água ($p < 0,05$).

Figure 3. Comparison between *Egretta caerulea* foraging in water and mud in relation to (A) Number of pecks; (B) Number of successful pecks; (C) Success rate and (D) Capture efficiency. For these four rates, *E. caerulea* showed significantly higher values in sludge than in water ($p < 0.05$).

resultado corrobora a hipótese de relação entre método e eficiência de forrageio. *Egretta caerulea* apresenta um método de forrageio menos ativo, mais eficiente e adequado para forrageio em lamaçais, onde as presas apresentam menor velocidade. Destaca-se que outras variáveis precisam ser incluídas para análise dessa relação, principalmente a disponibilidade de presas. A diferença de eficiência de forrageio entre esses ambientes no CEP pode ser reflexo de um resultado local, dada a abundância de presas em

cada micro-ambiente da região. Gianuca *et al.* (2012) analisando a mesma espécie no estuário da Lagoa dos Patos, no Rio Grande do Sul, concluíram que *E. caerulea* forrageia principalmente em substratos estuarianos submersos, mais do que em lamaçais expostos, porque nenhuma das presas identificadas na análise da dieta dessas aves na região podiam ser encontradas fora da água. Os resultados do presente estudo apontam que a eficiência de forrageio de *E. caerulea* varia conforme o local, o que deve estar relacionado

ao seu método de captura de presa ser mais adequado para o ambiente de lodo, porém os indivíduos também devem considerar o tipo e a disponibilidade de alimento nesses ambientes nas suas decisões de forrageio.

Os jovens de *E. caerulea* apresentaram menor taxa de sucesso ($t = 2,37$, $p = 0,02$) e eficiência de captura ($t = 3,12$, $p = 0,003$) que os adultos (Figura 4), assim como mostrado por Recher & Recher (1969) que observaram que a idade também é um

fator que afeta a eficiência de forrageio devido ao processo de aprendizagem. Os jovens tendem a cometer erros com maior frequência quando o custo de forrageio para a espécie é baixo, pois aumentar sua ingestão de alimentos depende apenas em aumentar o número de bicadas totais por um determinado intervalo de tempo (Skórka & Wójcik 2008, Choi & Yoo 2011). Entretanto, mesmo o custo de forrageio para *E. caerulea* sendo baixo, os jovens não diferiram no número de bicadas

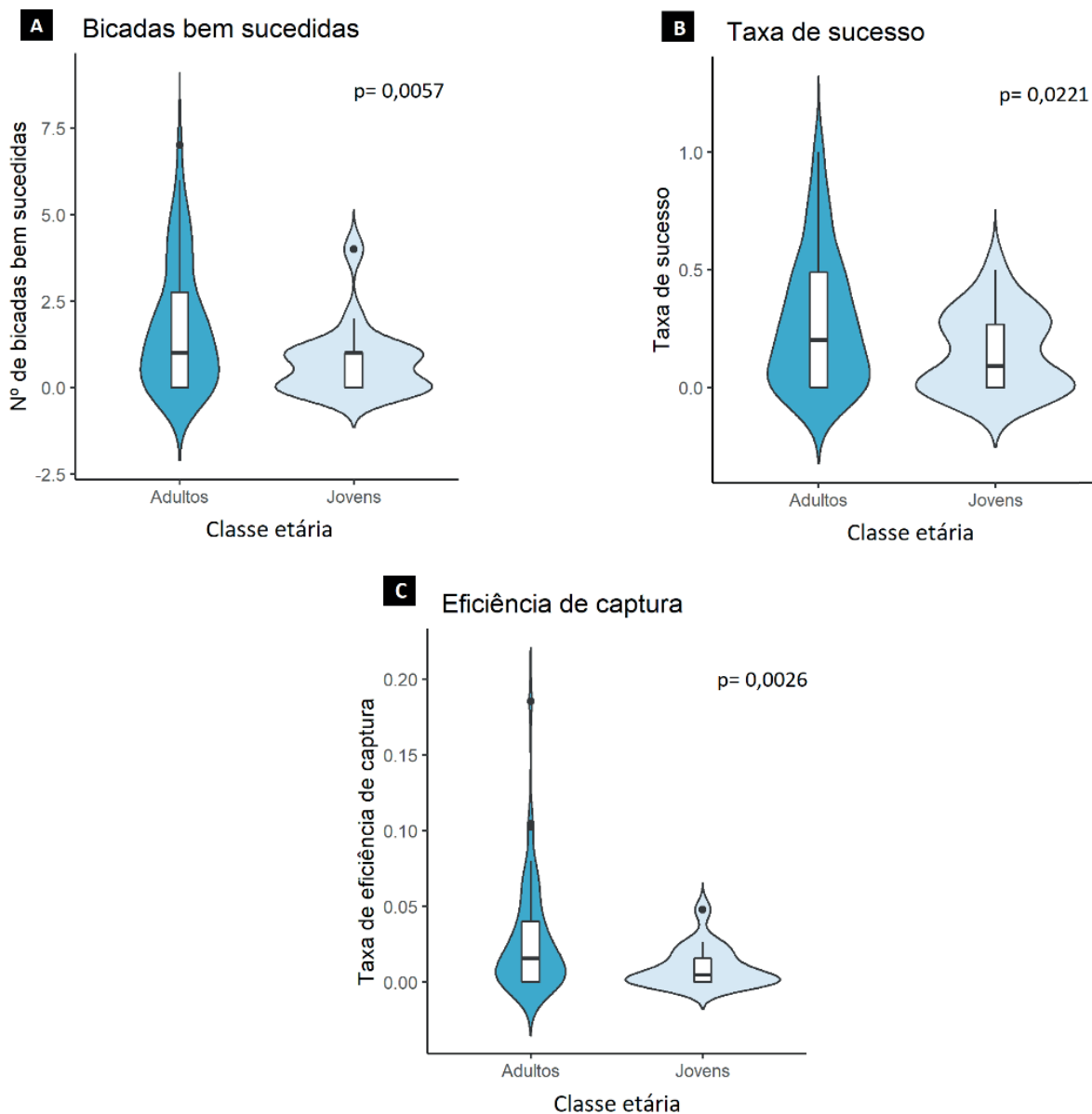


Figura 4. Comparação entre adultos e jovens de *Egretta caerulea* em relação ao (A) Número de bicadas bem-sucedidas; (B) Taxa de sucesso e (C) Eficiência de captura entre adultos. Para as três taxas, os indivíduos adultos apresentaram valores significativamente maiores ($p < 0,05$).

Figure 4. Comparison between adults and young of *Egretta caerulea* in relation to (A) Number of successful pecks; (B) Success rate and (C) Capture efficiency among adults. For the three rates, adult individuals had significantly higher values ($p < 0.05$).

($t = 1,101$, $p = 0,28$), número de passos ($t = -1,01$, $p = 0,32$) e na taxa de esforço energético ($t = 1,51$, $p = 0,13$; Figura S6). Os jovens ingerem alimento suficiente para sua sobrevivência, mesmo gastando mais energia e consumindo menos, e com o tempo suas exigências nutricionais aumentam junto com a melhora de suas habilidades de forrageio. Portanto, a idade e o período de aprendizagem por experiência, associado à melhora das condições físicas dos jovens, podem ser fatores importantes no aumento da eficiência de forrageio da espécie, como demonstrado para outras espécies de garça (Gwiazda *et al.* 2017).

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com nossas hipóteses de relação entre eficiência, método e local de forrageio ao apontar variações na eficiência de forrageio de *E. thula* e *E. caerulea* em comparações inter e intraespecíficas, conforme variações no local de forrageio e faixa etária. Sugere-se que estudos futuros incluam outras variáveis ambientais e espaciais nas análises, principalmente disponibilidade de alimento e tamanho das presas capturadas, avaliando como esses fatores também afetam a eficiência de forrageio das espécies e consequentemente nas suas decisões de forrageio. Dada a flexibilidade no comportamento de forrageio das aves, comparar a eficiência de forrageio entre espécies e relacionar as diferenças com o habitat é uma forma de entender como as espécies respondem ao ambiente e quais fatores influenciam nas suas decisões de forrageio.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Carolina Virga pela assistência e apoio na coleta dos dados, ao biólogo mestrando em ecologia, Júnyor Nadaline, pelo auxílio nas análises e à UFPR pelo suporte com os equipamentos de campo e estrutura, os quais viabilizaram o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Brzorad, J. N., Maccarone, A. D., & Conley, K. J. 2004. Foraging energetics of Great Egrets and Snowy Egrets. *Journal of Field Ornithology*, 75(3), 266–280. DOI: 10.1648/0273-8570-75.3.266
- Choi, Y. S., & Yoo, J. C. 2011. Factors affecting feeding activity of grey herons in a reservoir during the breeding season. *Journal of Ecology and Field Biology*, 34(4), 357–363. DOI: 10.5141/JEFB.2011.037
- Gawlik, D. E. 2002. The effects of prey availability on the numerical response of wading birds. *Ecological Monographs*, 72(3), 329–346. DOI: <https://doi.org/fnmtj5>
- Gianuca, D., Gianuca, A. T., & Vooren, C. M. 2012. Abundance, breeding and food of the Little Blue Heron *Egretta caerulea* (Aves, Ardeidae) in the Patos Lagoon estuary, a recently colonized area in southern Brazil. 102(1), 19–25. DOI: 10.1590/S0073-47212012000100003
- Gwiazda, R., Flis, A., Skórka, P., & Oles, W. 2017. Effect of age on the foraging behaviour of Grey Heron *Ardea cinerea* L., 1758 at a submontane dam reservoir in the post-breeding season. *Avian Biology Research*, 10(2), 76–83. DOI: 10.3184/175815617X14878495436442
- Hamza, F., & Selmi, S. 2016. Co-occurrence and commensal feeding between Little Egrets *Egretta garzetta* and Eurasian Spoonbills *Platalea leucorodia*. *Bird Study*, 63(4), 509–515. DOI: 10.1080/00063657.2016.1238035
- Harper, A. C., & Maccarone, A. D. 2018. Comparisons of foraging behavior and energetics by Great Egrets (*Ardea alba*) and Snowy Egrets (*Egretta thula*) across three microhabitats. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 121(1–2), 179–185. DOI: 10.1660/062.121.0222
- Kelly, J. F., Gawlik, D. E., & Kieckbusch, D. K. 2003. An updated account of wading bird foraging behavior. *The Wilson Bulletin*, 115(1), 105–107. DOI: 10.1676/02-053
- Lantz, S. M., Gawlik, D. E., & Cook, M. I. 2010. The effects of water depth and submerged aquatic vegetation on the selection of foraging habitat and foraging success of wading birds. *The Condor*, 112(3), 460–469. DOI: 10.1525/cond.2010.090167
- MacArthur, R. H., & Pianka, E. R. 1966. On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist*, 100(916), 603–609. DOI: 10.1086/282454
- Maccarone, A. D., & Brzorad, J. N. 2007. Foraging behavior and energetics of Great Egrets and Snowy Egrets at interior rivers and weirs. *Journal of Field Ornithology*, 78(4), 411–419. DOI: 10.1111/j.1557-9263.2007.00133.x

- Maccarone, A. D., & Brzorad, J. N. 2005. Foraging microhabitat selection by wading birds in a tidal estuary, with implications for conservation. *Waterbirds*, 28(3), 383–391. DOI: <https://doi.org/bxvrnt>
- Martínez-Vilalta, A., Motis, A. & Kirwan, G.M. 2019. 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. Retrieved from <https://www.hbw.com/node/52693>.
- Nefla, A., & Nourira, S. 2016. Environmental factors affecting the foraging behavior of herons in Ichkeul National Park, Tunisia. *Waterbirds*, 39(1), 99–103. DOI: 10.1675/063.039.0112
- Noernberg, M., Lautert, L., Araújo, A., Marone, E., Angelotti, R., Netto, J., & Krug, L. 2006. Remote sensing and GIS integration for modelling the Paranaguá estuarine complex -Brazil. *Journal of Coastal Research*, 39(SI), 1627–1631.
- R Core Team. 2015. *R: A Language and Environment for Statistical Computing (Version 3.6.1)*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.r-project.org>.
- Recher, H. F., & Recher, J. A. 1969. Comparative foraging efficiency of adult and immature little blue herons (*Florida caerulea*). *Animal Behaviour*, 17(PART 2), 320–322. DOI: 10.1016/0003-3472(69)90017-7
- Renken, R. C., Thompson, J. A., & Maccarone, A. D. 2016. Factors affecting foraging microhabitat selection by Wading Birds at an artificial weir. *Waterbirds*, 39(4), 422–425. DOI: 10.1675/063.039.0413
- Rodgers, J. A. 1983. Foraging behavior of seven species of herons in Tampa Bay, Florida. *Colonial Waterbirds*, 6(1983), 11. DOI: 10.2307/1520962
- Skórka, P., & Wójcik, J. D. 2008. Habitat utilisation, feeding tactics and age related feeding efficiency in the Caspian Gull *Larus cachinnans*. *Journal of Ornithology*, 149(1), 31–39. DOI: 10.1007/s10336-007-0208-3
- Ydenberg R.C., Brown J.S. & Stephens, D.W. 2007. Foraging, an overview. In: Stephens, D., Brown, J. & Ydenberg, R. (Eds.). *Foraging behavior and ecology*. pp. 1–28. Chicago: University of Chicago Press.

Material Suplementar:

Tabela S1. Amplitude, média (\bar{x}) 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.

Table S1. Amplitude, mean (\bar{x}) and standard deviation (σ) of field measured data (steps, pecks and successful pecks) and calculated foraging rates (success rate, energy effort and capture efficiency) for adult individuals of *E. thula* and *E. caerulea* in different foraging environments: water and mud.

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 ($p < 0,005$).

Table S2. Welch *t*-test result comparing *E. thula* and *E. caerulea* species while different field-measured variables (steps, pecks and successful pecks) and calculated foraging rates (success rate, energy effort and capture efficiency). Values with * are statistically significant values ($p < 0.005$).

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.

Figure S1. Comparison between adults and young of *Egretta caerulea* in relation to (A) Number of steps; (B) Number of pecks and (C) Energy Effort Rate. For the three rates, there was no significant difference ($p > 0.05$) according to the age of *E. caerulea*. The perimeter (in blue) displays the “probability density”

of the data, and in the middle a traditional boxplot where the rectangle represents the interquartile range (Q3-Q1), the line inside the rectangle represents the median (or second quartile), the stems represent the interval between the minimum and maximum value of the sample, excluding outliers, which are represented by the black dots on the graph.

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 hastes representam o intervalo entre o valor mínimo e máximo da amostra, excluindo os outliers, estes representados pelos pontos pretos do gráfico.

Figure S2. Adult comparison of *E. thula* and *E. caerulea* in relation to (A) Number of steps; (B) Number of pecks; (C) Number of successful pecks; (D) Success rate; (E) Energy Effort Rate and (F) Capture Efficiency Rate. There were no significant differences ($p > 0.05$) in the rates between the two species. The perimeter (in blue and orange) displays the “probability density” of the data, and in the middle a traditional boxplot where the rectangle represents the interquartile range (Q3-Q1), the line inside the rectangle represents the median (or second quartile).), the stems represent the interval between the minimum and maximum value of the sample, excluding the outlier, which are represented by the black dots on the graph.

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 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.

Figure S3. Adult comparison of *E. thula* and *E. caerulea* foraging in water in relation to (A) Number of steps; (B) Number of pecks; (C) Number of successful pecks; (D) Energy effort rate and (E) Capture efficiency rate. For these five rates, there were no significant differences ($p > 0.05$) between the two species. The perimeter (in blue and orange) displays the “probability density” of the data, and in the middle a traditional boxplot where the rectangle represents the interquartile range (Q3-Q1), the line inside the rectangle represents the median (or second quartile), the stems represent the interval between the minimum and maximum values of the sample, excluding outliers, which are represented by the black dots on the graph.

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.

Figure S4. Adult comparison of *E. thula* and *E. caerulea* foraging in mud in relation to (A) Number of steps; (B) Number of pecks; (C) Number of successful pecks; (D) Success rate; (E) Energy Effort Rate and (F) Capture Efficiency Rate. For neither rate there were significant differences ($p > 0.05$) between the two species. The perimeter (in blue and orange) displays the “probability density” of the data, and in the middle a traditional boxplot where the rectangle represents the interquartile range (Q3-Q1), the line inside the rectangle represents the median (or second quartile), the stems represent the interval

between the minimum and maximum values of the sample, excluding outliers, which are represented by the black dots on the graph.

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, a diferença 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.

Figure S5. Comparison between *E. caerulea* foraging in water and mud in relation to (A) Number of steps and (B) Energy effort. For these two rates, differences between sites were not significant ($p > 0.05$). The perimeter (in blue) displays the “probability density” of the data, and in the middle a traditional boxplot where the rectangle represents the interquartile range (Q3-Q1), the line inside the rectangle represents the median (or second quartile), the stems represent the interval between the minimum and maximum value of the sample, excluding outliers, which are represented by the black dots on the graph.

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.

Figure S6. Comparison between *E. thula* foraging in water and mud in relation to (A) Number of steps;

(B) Number of pecks; (C) Number of successful pecks; (D) Success rate; (E) Energy Effort Rate and (F) Capture Efficiency Rate. There were no significant differences ($p > 0.05$) for *E. thula* according to locations. The perimeter (in orange) displays the “probability density” of the data, and in the middle a traditional boxplot where the rectangle represents the interquartile range (Q3-Q1), the line inside the rectangle represents the median (or second quartile), the stems represent the interval between the minimum and maximum value of the sample, excluding outliers, which are represented by black dots on the graph.

Submitted: 15 January 2020

Accepted: 24 August 2020

Published on line: 11 September 2020

Associate Editor: Leandro Hohl