



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de
Ambientes Aquáticos Continentais



**Dispersão zoocórica de microalgas por vertebrados em áreas
úmidas neotropicais: *Bos taurus* Linnaeus, 1758 (Bovidae) e
Chauna torquata (Oken, 1816) (Anhimidae)**

Filipe Cambeiro Fatturi

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Maltchik Garcia
Coorientador: Dr. Pablo Santos Guimarães

2026



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de Ambientes
Aquáticos Continentais



Dispersão zoocórica de microalgas por vertebrados em áreas úmidas neotropicais: *Bos taurus* Linnaeus, 1758 (Mammalia) e *Chauna torquata* (Oken, 1816) (Aves)

Aluno: Filipe Cambeiro Fatturi

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Maltchik Garcia

Coorientador: Dr. Pablo Santos Guimarães

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Ficha Catalográfica

F254d Fatturi, Filipe Cambeiro.

Dispersão zoocórica de microalgas por vertebrados em áreas úmidas neotropicais: *Bos taurus* Linnaeus, 1758 (Mammalia) e *Chauna torquata* (Oken, 1816) (Aves) / Filipe Cambeiro Fatturi. – 2026.

106 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Rio Grande/RS, 2026.

Orientador: Dr. Leonardo Maltchik Garcia.

Coorientador: Dr. Pablo Santos Guimarães.

1. Áreas úmidas 2. Epizoocoria 3. Endozoocoria 4. Traços funcionais 5. Pampa I. Garcia, Leonardo Maltchik II. Guimarães, Pablo Santos III. Título.

CDU 639.3

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS – Nº 003/2026

Às 14:00h (quatorze horas) do dia 20 (vinte) do mês de fevereiro de 2026 (dois mil e vinte e seis), no Laboratório de Bioinformática do ICB e via Webconferência no endereço eletrônico: (<https://conferenciaweb.rnp.br/sala/bioinformatica-icb-furg>) reuniram-se docentes, discentes e comunidade em geral, para a defesa pública da Dissertação de Mestrado do acadêmico Filipe Cambeiro Fatturi. A Dissertação intitulada “**Dispersão zoocórica de microalgas por vertebrados em áreas úmidas neotropicais: *Bos taurus* Linnaeus, 1758 (Bovidae) e *Chauna torquata* (Oken, 1816) (Anhimidae)**” foi avaliada pela Banca Examinadora composta pelo Orientador: Prof^o Dr Leonardo Maltchik Garcia; Prof^o Dr. Danilo Giroldo (FURG/PPGBAC) e Prof^o Dr^a Marinês Garcia (UFRGS). Após a defesa e arguição pública, a Banca Examinadora reuniu-se, para deliberação final, e considerou o acadêmico **APROVADO**. Desta forma, o acadêmico concluiu mais um das etapas necessárias para a obtenção do grau de **MESTRE EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS**. Nada mais havendo a tratar, às 16:00h (dezesesseis horas) foi lavrada a presente ata, que lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora, pelo Acadêmico e pela Coordenadora do Curso.

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDO MALTCHIK GARCIA**
Data: 15/04/2026 13:11:00-0500
verifique em <https://validar.id.gov.br>

Prof^o Dr. Leonardo Maltchik Garcia

Documento assinado digitalmente
 **DANILO GIROLDO**
Data: 15/04/2026 21:24:54-0500
verifique em <https://validar.id.gov.br>

Prof^o Dr. Danilo Giroldo

Documento assinado digitalmente
 **MARINÊS GARCIA**
Data: 15/04/2026 08:43:44-0500
verifique em <https://validar.id.gov.br>

Prof^o Dr^a. Marinês Garcia

Documento assinado digitalmente
 **FILIPÊ CAMBEIRO FATTURI**
Data: 01/04/2026 09:54:45-0500
verifique em <https://validar.id.gov.br>

Filipe Cambeiro Fatturi

Documento assinado digitalmente
 **CAMILA DE MARTINEZ GASPAR MARTINS**
Data: 21/04/2026 13:15:00-0500
verifique em <https://validar.id.gov.br>

Prof^o Dr^a. Camila De Martinez Gaspar Martins
Coordenadora do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande (FURG), instituição pública que possibilita o acesso ao ensino superior de qualidade e oferece condições para a construção de trajetórias acadêmicas sólidas. Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais pelas oportunidades, aprendizados e experiências proporcionadas ao longo do mestrado, bem como à agência de fomento que, por meio da concessão de bolsa, tornou possível dedicar-me integralmente às atividades de pesquisa.

Agradeço ao meus orientadores, Leonardo Maltchik e Pablo Guimarães pela confiança depositada, pelas orientações, pelo incentivo constante e pelas contribuições científicas fundamentais para a realização deste trabalho e para minha formação como pesquisador. Estendo meus agradecimentos aos professores do programa, pela dedicação ao ensino e pela partilha de conhecimentos, e aos servidores, técnicos e trabalhadores terceirizados, cujo trabalho sustenta o funcionamento da universidade e viabiliza a pós-graduação.

Meus sinceros agradecimentos à equipe do Bloco 5 do Instituto de Ciências Biológicas da FURG, em especial ao Laboratório de Microalgas e ao Laboratório de Ecologia de Áreas Úmidas, espaços essenciais para minha formação científica. Agradeço aos colegas de laboratório pelas trocas de ideias, discussões, apoio cotidiano e companheirismo ao longo desta trajetória, assim como a todos que estiveram comigo em campo e em laboratório, contribuindo direta ou indiretamente para a obtenção dos dados e para o desenvolvimento desta dissertação. Agradeço aos membros da banca examinadora, titulares e suplentes, pela disponibilidade, leitura atenta e contribuições que certamente qualificaram este trabalho.

Agradeço, de forma muito especial, à toda minha família, verdadeiro alicerce da minha trajetória. Principalmente à minha mãe e aos meus avós, que sempre acreditaram em mim, incentivaram meus estudos e ofereceram apoio incondicional ao longo de toda a minha caminhada. Mesmo diante da distância e das dificuldades, nunca deixaram de estar presentes, tornando possível que eu persistisse e chegasse até aqui. O suporte de vocês moldou quem sou hoje e foi determinante para a construção deste trabalho.

À minha companheira, agradeço pelo companheirismo, paciência e apoio ao longo desta etapa, tornando os momentos difíceis mais leves e as conquistas ainda mais significativas. Aos meus amigos da minha cidade natal e aos que conheci ao longo da graduação e do mestrado, agradeço pelas conversas, risadas, trocas e presença, fundamentais para enfrentar esta fase com ânimo e confiança.

Reconheço que este trabalho é fruto de um esforço coletivo. A todos que, de alguma

forma, contribuíram para que esta etapa fosse concluída, deixo registrado meu sincero agradecimento.

RESUMO

A elevada diversidade biológica observada em áreas úmidas representa um desafio clássico para a ecologia, uma vez que a persistência das comunidades em áreas temporárias e espacialmente isoladas depende do fluxo contínuo de organismos e propágulos entre habitats na paisagem. Para microalgas, cuja mobilidade ativa é limitada, a dispersão passiva exerce papel central na colonização de novos ambientes, na recolonização após distúrbios e na manutenção da conectividade ecológica. Entre os mecanismos de dispersão, a zoocoria destaca-se por envolver o transporte mediado por animais, podendo ocorrer por epizoocoria (transporte externo) e endozoocoria (transporte via trato digestório), rotas que impõem filtros seletivos distintos aos organismos dispersos. Assim, o objetivo desta dissertação foi avaliar o papel de vertebrados com ecologias contrastantes, o gado bovino (*Bos taurus*) e uma espécie de ave aquática de grande porte (*Chauna torquata*), como vetores de dispersão zoocórica de microalgas em áreas úmidas neotropicais do sul do Brasil, integrando uma abordagem baseada em traços funcionais para interpretar padrões de riqueza, composição e seletividade no transporte. Para o estudo com bovinos, foram investigados dois sistemas de campo nativo com banhados e lagoas rasas inseridos em matriz campestre, onde foram amostrados ambientes aquáticos e indivíduos bovinos com livre acesso às áreas úmidas. As amostras foram processadas em laboratório para identificação taxonômica das microalgas e posterior agrupamento em categorias morfofuncionais. Os resultados evidenciaram que bovinos (*Bos taurus*) atuam como vetores eficientes de epizoocoria, transportando parcela expressiva da riqueza de microalgas registrada nos ambientes. Além disso, a composição transportada não refletiu de forma aleatória o conjunto disponível, sugerindo seletividade funcional, com maior representação de diatomáceas penadas e algas flageladas, associadas a traços de resistência, tolerância ao estresse e aderência. De maneira complementar, o estudo com *Chauna torquata* demonstrou o potencial de aves aquáticas como vetores multiescalares de dispersão, integrando rotas epizoocóricas e endozoocóricas, com implicações importantes para a conectividade regional entre áreas úmidas isoladas. Em conjunto, os achados reforçam que a zoocoria constitui um mecanismo ecológico fundamental para microalgas, operando não apenas como processo de conectividade espacial, mas também como filtro ecológico capaz de modular a estrutura funcional do conjunto disperso. Este trabalho amplia o conhecimento sobre dispersão de microalgas em áreas úmidas neotropicais e oferece subsídios para compreender como vertebrados associados a paisagens campestres contribuem para a manutenção da biodiversidade microscópica e para a resiliência de ecossistemas aquáticos fragmentados.

Palavras-chave: áreas úmidas; epizoocoria; endozoocoria; traços funcionais; Pampa.

ABSTRACT

The high biological diversity observed in wetlands represents a classic challenge in ecology, as the persistence of communities in temporary and spatially isolated habitats depends on the continuous flow of organisms and propagules across the landscape. For microalgae, whose active mobility is limited, passive dispersal plays a key role in the colonization of new environments, recolonization after disturbances, and the maintenance of ecological connectivity. Among dispersal mechanisms, zoochory stands out as it involves transport mediated by animals and may occur via ectozoochory (external transport) and endozoochory (transport through the digestive tract), pathways that impose distinct selective filters on dispersed organisms. Therefore, the aim of this dissertation was to assess the role of vertebrates with contrasting ecologies—cattle (*Bos taurus*) and a large waterbird (*Chauna torquata*)—as vectors of zoochorous microalgal dispersal in Neotropical wetlands of southern Brazil, integrating a functional trait-based approach to interpret patterns of richness, composition, and selectivity during transport. Results showed that cattle (*Bos taurus*) act as efficient ectozoochorous vectors, carrying a substantial fraction of the microalgal richness recorded in aquatic environments. In addition, the transported assemblage did not reflect the available pool at random, suggesting functional selectivity, with a higher representation of pennate diatoms and flagellated algae associated with traits related to structural resistance, stress tolerance, and adhesion. Complementarily, the study with *Chauna torquata* highlighted the potential of waterbirds as multiscale dispersal vectors by integrating ectozoochorous and endozoochorous pathways, with important implications for regional connectivity among isolated wetlands. Overall, the findings reinforce that zoochory constitutes a fundamental ecological mechanism for microalgae, operating not only as a process of spatial connectivity but also as an ecological filter capable of shaping the functional structure of the dispersed assemblage. This dissertation expands current knowledge on microalgal dispersal in Neotropical wetlands and provides insights into how vertebrates associated with grassland landscapes contribute to the maintenance of microscopic biodiversity and to the resilience of fragmented aquatic ecosystems.

Keywords: wetlands; ectozoochory; endozoochory; functional traits; Pampa.

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PPGBAC) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), está organizada em quatro segmentos: **1)** Introdução Geral, com conceitos, contextualização e caracterização dos vetores; **2)** Capítulo 1, sobre a dispersão epizoocórica de microalgas pelo gado bovino (*Bos taurus*) em áreas úmidas do sul do Brasil; **3)** Capítulo 2, abordando o potencial dispersivo de *Chauna torquata* (tachã) por rotas epizoocóricas e endozoocóricas; e **4)** Considerações finais, com integração dos resultados e perspectivas futuras. A Introdução Geral e as Considerações finais seguem as normas da ABNT, e o foco central do estudo é compreender como vertebrados com ecologias contrastantes contribuem para a conectividade entre ambientes aquáticos por meio da dispersão zoocórica de microalgas. Os capítulos 2 e 3 seguem as normas das revistas para as quais os artigos foram submetidos: Hydrobiologia e Freshwater Biology

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	.III
RESUMO	.IV
ABSTRACT	V
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 CATTLE DISPERSE MICROALGAE BY EPIZOOCHORY IN NEOTROPICAL WETLANDS	26
2.1 Introduction	28
2.2 Methods	30
2.2.1 Study Area	30
2.2.2 Sampling design	31
2.2.3 Data analysis	33
2.3 Results	34
2.4 Discussion	39
3 ZOOCHOROUS DISPERSAL OF MICROALGAE BY THE SOUTHERN SCREAMER (<i>Chauna torquata</i>) IN A NEOTROPICAL WETLAND	51
3.1 Introduction	53
3.2 Methods	56
3.2.1 Study area	56
3.2.2 Sampling design	56
3.2.3 Data analysis	58
3.3 Results	60
3.4 Discussion	66
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
5 ANEXOS.....	82

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Fig. 1. Relative abundance of morpho-functional groups of microalgae in the environment (A) and in cattle (B) from Neotropical wetlands.

Fig. 2. Species richness of morpho-functional groups of microalgae in the environment (A) and in cattle (B) from Neotropical wetlands.

Fig. 3. Bubble plot showing the association between algal functional groups (FA, UMF, CMA, UG, PD) in the environment and on cattle. The size of the bubbles represents the magnitude of the relationship, while the color gradient (blue to red) indicates the strength and direction of the values according to the scale on the right.

Fig. 4. Ordination diagram showing the strength of each functional group found during the epizoochorous dispersal process by cattle. Gray circles represent cows, plus signs represent microalgal species, and red arrows indicate functional groups.

CAPÍTULO 2

Figure 1. Microalgal richness variation among wetland (W), feathers (F) and toes (T) (n = 5 birds sampled) and feces (Endo) (n = 15) of southern screamers (*Chauna torquata*) in a southern Brazilian wetland.

Figure 2. PCoA plot showing the microalgal composition variation among wetland (W), feathers (F) and toes (T) (n = 5 birds sampled) and feces (Endo) (n = 15) of southern screamers (*Chauna torquata*) at Taim Ecological Station, in southern Brazil.

Figure 3. Proportion of microalgal taxa of five morpho-functional groups among wetland (W), feathers (F) and toes (T) (n = 5 birds sampled) and feces (Endo) (n = 15) of southern screamers (*Chauna torquata*) in a southern Brazilian wetland

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Table 1. Summary of the Multilevel Pattern Analysis showing the associations between microalgal taxa occurrence and specific combinations of study groups (wetland, feathers, toes and feces) of southern screamers (*Chauna torquata*) sampled in southern Brazil in 2025. Significance levels: $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$

CAPÍTULO 2

Table 1. Summary of the Multilevel Pattern Analysis showing the associations between microalgal taxa occurrence and specific combinations of study groups (wetland, feathers, toes and feces) of southern screamers (*Chauna torquata*) sampled in southern Brazil in 2025. Significance levels: $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$

INTRODUÇÃO GERAL

A dispersão biológica constitui um dos processos ecológicos centrais para a organização das comunidades, a manutenção da biodiversidade e a conectividade entre habitats na paisagem (KRISTIANSEN, 1996). Por meio da dispersão, organismos são capazes de colonizar novos ambientes, manter o fluxo gênico entre populações espacialmente isoladas e persistir frente a distúrbios ambientais e variações espaço-temporais nas condições ecológicas (REYNOLDS, 2006). A distribuição espacial das espécies não resulta apenas das condições ambientais locais, mas também da interação entre a capacidade de dispersão e adaptação dos organismos e a configuração espacial dos habitats disponíveis (SANTAMARÍA, 2002).

Em ecossistemas continentais, a heterogeneidade ambiental e a fragmentação espacial são características recorrentes, influenciando diretamente os processos de dispersão e colonização (SANTAMARÍA, 2002). Ecossistemas aquáticos rasos, lagoas isoladas e poças temporárias formam mosaicos dinâmicos, nos quais períodos de conexão hidrológica alternam-se com fases de isolamento físico (REYNOLDS, 2006). Nessas condições, a persistência das comunidades aquáticas depende não apenas da sobrevivência local, mas também da chegada contínua de propágulos provenientes de outras áreas, o que torna os mecanismos de dispersão particularmente relevantes (KRISTIANSEN, 1996).

Historicamente, os estudos sobre dispersão concentraram-se principalmente em plantas vasculares e organismos macroscópicos, com ênfase nos processos associados à movimentação de sementes, propágulos vegetativos e invertebrados entre habitats (SANTAMARÍA, 2002; SOOMERS et al., 2013). Nesse contexto, organismos microscópicos foram por muito tempo considerados amplamente dispersos, sob a premissa de que seu pequeno tamanho e alta abundância permitiriam uma distribuição praticamente ilimitada (KRISTIANSEN, 1996). Essa visão, entretanto, tem sido progressivamente questionada por estudos que demonstram padrões claros de limitação dispersiva, estruturação espacial e endemismo em comunidades microbianas aquáticas (ELLEGAARD; RIBEIRO, 2018).

Evidências recentes indicam que microrganismos aquáticos, incluindo microalgas, apresentam restrições dispersivas significativas, sendo a conectividade entre populações fortemente dependente de vetores físicos e biológicos (ELLEGAARD; RIBEIRO, 2018). A colonização de novos corpos d'água e a recuperação de comunidades após distúrbios ambientais não ocorrem de forma automática, mas dependem da chegada de propágulos viáveis capazes de

se estabelecer em condições ambientais adequadas (REYNOLDS, 2006). Assim, a dispersão assume papel determinante na estruturação temporal e espacial das comunidades aquáticas.

Entre os mecanismos de dispersão biológica, a zoocoria destaca-se por envolver o transporte passivo de organismos ou de seus propágulos mediado por animais durante seus deslocamentos na paisagem (SOOMERS et al., 2013). Esse processo ocorre quando propágulos são adquiridos pelo vetor em um ambiente e posteriormente depositados em outro, possibilitando a conexão entre habitats espacialmente descontínuos (COUGHLAN et al., 2017). A zoocoria tem sido amplamente documentada em ecossistemas continentais e reconhecida como mecanismo eficiente de redistribuição biológica, sobretudo em associação a vertebrados com elevada mobilidade ou contato frequente com múltiplos ambientes (GREEN et al., 2023).

Do ponto de vista mecanístico, a zoocoria pode ocorrer por duas vias principais, epizoocoria e endozoocoria, as quais diferem substancialmente quanto aos filtros impostos aos propágulos transportados (SOOMERS et al., 2013). A epizoocoria caracteriza-se pelo transporte externo de propágulos aderidos a superfícies corporais do vetor, como penas, pelagem, patas, cascos ou tegumento. Esse tipo de transporte é favorecido pelo contato direto do animal com o substrato, a vegetação ou superfícies úmidas, aumentando a probabilidade de adesão e retenção de partículas biológicas durante o deslocamento (SOOMERS et al., 2013; WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015).

A epizoocoria tem sido amplamente reconhecida como mecanismo eficiente de dispersão em escalas locais e regionais, especialmente quando os vetores realizam movimentos frequentes entre habitats próximos (COUGHLAN et al., 2017). O sucesso dessa via depende de fatores como o tempo de retenção dos propágulos, as características físicas das superfícies corporais do vetor e a resistência dos organismos às condições externas, incluindo dessecação e exposição à radiação solar (SOOMERS et al., 2013; GREEN et al., 2023). Dessa forma, a epizoocoria tende a refletir de maneira mais direta a oferta ambiental disponível no local de aquisição dos propágulos.

A endozoocoria, por sua vez, ocorre quando propágulos são ingeridos pelo vetor e transportados internamente ao longo do trato digestório, sendo posteriormente eliminados em novos ambientes, geralmente por meio das fezes (COUGHLAN et al., 2017). Essa via impõe filtros fisiológicos adicionais, associados a variações de pH, ação mecânica, atividade enzimática e tempo de trânsito intestinal, fatores que determinam a viabilidade dos propágulos após a passagem pelo sistema digestório (TESSON et al., 2018). Evidências experimentais indicam que propágulos de diferentes organismos aquáticos podem sobreviver à passagem pelo

trato digestório de aves, reforçando o papel da endozoocoria como via efetiva de dispersão entre corpos d'água. Assim, além de representar transporte, a endozoocoria atua como filtro fisiológico que seleciona propágulos capazes de resistir às condições digestivas (CHARALAMBIDOU; SANTAMARÍA, 2002). Em comparação à epizoocoria, a endozoocoria tende a selecionar subconjuntos mais restritos da comunidade ambiental, favorecendo organismos dotados de estruturas de resistência (ELLEGAARD; RIBEIRO, 2018). Embora tradicionalmente associada à dispersão de sementes e invertebrados, a endozoocoria tem sido reconhecida como via potencial para a dispersão de microrganismos aquáticos, incluindo microalgas, especialmente quando há ingestão incidental de material perifítico ou de macrófitas associadas a biofilmes (GREEN et al., 2023). Estudos experimentais e observacionais demonstram que estágios resistentes podem sobreviver à passagem pelo trato digestório de vertebrados, evidenciando que essa via pode contribuir de forma relevante para a redistribuição biológica em ambientes aquáticos fragmentados (TESSON et al., 2018; VAN LEEUWEN et al., 2012). Esse mecanismo amplia o potencial de conectividade entre áreas úmidas ao incorporar movimentos regulares das aves entre múltiplos habitats (VAN LEEUWEN et al., 2012).

A importância relativa da epizoocoria e da endozoocoria varia conforme o grupo de vetores envolvido, seus hábitos ecológicos e os padrões de uso do ambiente (REYNOLDS; CUMMING, 2016). Aves aquáticas são frequentemente destacadas como vetores centrais de zoocoria. Em razão de sua elevada mobilidade, do uso recorrente de múltiplos corpos d'água e do contato intenso com sedimentos e vegetação aquática durante atividades de forrageio, repouso e deslocamento (FIGUEROLA; GREEN, 2002; GREEN; FIGUEROLA, 2005; GREEN et al., 2023). Esses atributos favorecem tanto a aquisição externa de propágulos quanto a ingestão incidental de material biológico associado a superfícies aquáticas (WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015).

Mamíferos também podem desempenhar papel relevante na zoocoria, especialmente quando apresentam contato frequente com ambientes aquáticos durante atividades de dessedentação, forrageio ou deslocamento (HOFFMANN et al., 2024). Em paisagens campestres do sul do Brasil, bovídeos têm sido reconhecidos como vetores relevantes de dispersão biológica, reforçando seu potencial de atuar como conectores ecológicos em mosaicos com elevada densidade de áreas úmidas (PEREIRA et al., 2025). A presença de pelagem e superfícies corporais capazes de reter partículas úmidas favorece o transporte epizocórico, particularmente em ambientes rasos e marginais, onde o contato com sedimentos e biofilmes é

recorrente (ALBERT et al., 2015; HOFFMANN et al., 2024; WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015). Assim, a zoocoria deve ser compreendida como um processo multifacetado, no qual diferentes vertebrados contribuem de maneira complementar para a dispersão biológica, operando por vias distintas e impondo filtros específicos sobre os propágulos transportados (REYNOLDS; CUMMING, 2016; GREEN et al., 2023). Além disso, estudos de síntese demonstram que a dispersão mediada por ungulados atua como um filtro ecológico, no qual traços dos propágulos e características do vetor determinam a probabilidade de transporte e deposição, reforçando a natureza seletiva do processo zoocórico (ALBERT et al., 2015).

Em ecossistemas aquáticos continentais, os processos de dispersão assumem características particulares em função da configuração espacial e da dinâmica hidrológica desses ambientes. Áreas úmidas, lagoas rasas, poças efêmeras, banhados permanentes e temporários compõem mosaicos ambientais nos quais a conectividade varia ao longo do tempo, sendo fortemente influenciada por regimes de inundação, evaporação e variações sazonais do nível da água (JUNK et al., 2014). Essa dinâmica impõe restrições espaciais à dispersão de organismos aquáticos, tornando a chegada de propágulos provenientes de outros habitats um fator determinante para a persistência e a reestruturação das comunidades locais (REYNOLDS, 2006).

A fragmentação inerente às áreas úmidas é frequentemente intensificada por atividades antrópicas, como drenagens, construção de barramentos, compactação do solo e mudanças no uso da terra, especialmente em paisagens agrícolas e campestres (MALTCHIK et al., 2024). Nessas condições, a conectividade hidrológica natural entre corpos d'água pode ser reduzida ou interrompida, limitando a dispersão passiva mediada pela água e aumentando a dependência de vetores alternativos capazes de conectar ambientes aquáticos isolados (SANTAMARÍA, 2002). Assim, mecanismos biológicos de dispersão tornam-se particularmente relevantes em paisagens fragmentadas, onde a redistribuição de organismos aquáticos depende menos de eventos hidrológicos episódicos e mais de processos contínuos mediados por organismos móveis (SOOMERS et al., 2013).

Estas áreas também se caracterizam por elevada heterogeneidade ambiental em escalas espaciais reduzidas, resultante de gradientes de profundidade, hidroperíodo, disponibilidade de nutrientes e cobertura vegetal (JUNK et al., 2014). Essa heterogeneidade contribui para a elevada diversidade biológica desses ecossistemas, mas também impõe desafios à dispersão, uma vez que habitats potencialmente adequados podem permanecer inacessíveis por longos períodos devido ao isolamento físico (REYNOLDS, 2006). Nesses contextos, a dispersão

zoocórica pode atuar como mecanismo de compensação, promovendo a conexão funcional entre ambientes aquáticos que não estão hidrologicamente conectados de forma permanente (GREEN et al., 2023).

A relevância da zoocoria em áreas úmidas torna-se ainda mais evidente quando se considera a escala espacial dos deslocamentos realizados pelos vetores. Vertebrados que utilizam áreas úmidas para alimentação, descanso ou reprodução frequentemente se deslocam entre múltiplos corpos d'água ao longo de curtos intervalos temporais, criando oportunidades recorrentes para a aquisição e deposição de propágulos (GREEN; FIGUEROLA, 2005). Esses deslocamentos permitem que organismos aquáticos ultrapassem barreiras físicas impostas pela fragmentação da paisagem, conectando habitats que, de outra forma, permaneceriam isolados (SANTAMARÍA, 2002).

Em áreas úmidas rasas, o contato direto dos vetores com a água, sedimentos, macrófitas e biofilmes perifíticos favorece a incorporação de organismos microscópicos às superfícies corporais ou ao material ingerido durante a alimentação (WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015). A alternância entre ambientes aquáticos e terrestres, característica de muitos vertebrados associados a áreas úmidas, amplia ainda mais o potencial de dispersão zoocórica, ao permitir o transporte de propágulos entre habitats com diferentes condições físico-químicas e biológicas. Dessa forma, a zoocoria contribui não apenas para a conectividade espacial, mas também para a redistribuição de organismos ao longo de gradientes ambientais (COUGHLAN et al., 2017).

No contexto da dispersão, é importante reconhecer que diferentes vetores operam em escalas distintas e impõem filtros específicos aos propágulos transportados (REYNOLDS; CUMMING, 2016). Aves aquáticas, por exemplo, podem promover a redistribuição de organismos entre corpos d'água separados por dezenas ou centenas de quilômetros, enquanto mamíferos terrestres e semi-aquáticos tendem a atuar predominantemente em escalas locais, conectando ambientes próximos dentro de uma mesma paisagem (GREEN et al., 2023). Essa complementaridade entre vetores reforça a importância da zoocoria como processo multiescalar na manutenção da conectividade funcional de áreas úmidas.

A dispersão zoocórica também desempenha papel relevante na dinâmica temporal das comunidades aquáticas. Eventos de dessecação, eutrofização, distúrbios físicos ou alterações abruptas nas condições ambientais podem levar à perda local de espécies, tornando a recolonização dependente da chegada de propágulos viáveis provenientes de outros ambientes (REYNOLDS, 2006). Nesse sentido, a zoocoria pode atuar como mecanismo de resgate

ecológico, contribuindo para a recuperação da diversidade e da funcionalidade das comunidades após perturbações (SANTAMARÍA, 2002).

Apesar da crescente atenção dedicada à zoocoria, muitos estudos permanecem focados em grupos específicos de organismos ou em vetores isolados, limitando a compreensão integrada do processo (GREEN et al., 2023). Ainda são escassas as abordagens que consideram simultaneamente a heterogeneidade ambiental das áreas úmidas, a diversidade de vetores vertebrados e as diferentes vias de dispersão disponíveis (SOOMERS et al., 2013). Essa lacuna torna particularmente relevante a investigação de mecanismos de dispersão que integrem múltiplos vetores e escalas espaciais, contribuindo para uma compreensão mais abrangente da conectividade ecológica em ecossistemas aquáticos continentais.

As microalgas constituem um grupo extremamente diverso de organismos fotossintetizantes, distribuído amplamente em ambientes aquáticos continentais e responsável por parcela significativa da produção primária nesses ecossistemas (REYNOLDS, 2006). Esses organismos desempenham papel central na base das redes tróficas, na ciclagem de nutrientes e na regulação das propriedades físico-químicas da água, além de responderem rapidamente a variações ambientais, o que os torna importantes indicadores ecológicos (WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015). A ampla ocorrência das microalgas em diferentes tipos de habitats aquáticos reflete não apenas sua elevada diversidade taxonômica e funcional, mas também sua capacidade de persistir e se redistribuir em paisagens altamente heterogêneas (REYNOLDS, 2006).

Embora a locomoção ativa das microalgas seja limitada a curtas distâncias, em função do pequeno tamanho celular e da ausência de estruturas locomotoras eficientes para deslocamentos direcionais em larga escala, esses organismos apresentam elevada eficiência em processos de dispersão passiva (KRISTIANSEN, 1996). A redistribuição espacial das microalgas ocorre predominantemente por meio de vetores físicos e biológicos, permitindo que células, colônias ou propágulos resistentes alcancem novos ambientes e colonizem corpos d'água recém-formados ou perturbados (REYNOLDS, 2006). Dessa forma, a ampla distribuição geográfica das microalgas não deve ser interpretada como resultado de dispersão ativa, mas sim da eficácia de mecanismos passivos, que operam de maneira contínua e em múltiplas escalas espaciais (ELLEGAARD; RIBEIRO, 2018; FONTANETO, 2019).

A dispersão das microalgas ocorre predominantemente de forma passiva e é favorecida por um conjunto de características morfológicas, fisiológicas e ecológicas que aumentam a probabilidade de transporte e estabelecimento em novos habitats (LITCHMAN;

KLAUSMEIER, 2008). A produção de mucilagem, a formação de colônias ou filamentos, a presença de frústulas silicosas e a capacidade de formar estágios de resistência são exemplos de atributos que, embora não tenham evoluído primariamente para fins dispersivos, conferem vantagens importantes nesse contexto (KRUK et al., 2010; WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015). Esses traços ampliam a tolerância à dessecação, ao estresse mecânico e às variações ambientais, aumentando a probabilidade de sobrevivência durante o transporte.

Diferentes vetores podem mediar esse processo, incluindo o vento (anemocoria), a água (hidrocoria) e animais (zoocoria), que promovem o deslocamento de propágulos e células entre habitats por meio de mecanismos físicos e biológicos (KRISTIANSEN, 1996; PTATSCHECK et al., 2020). A eficiência dessas vias torna-se particularmente evidente em ambientes aquáticos rasos e temporários, onde a alternância entre períodos de inundação e dessecação impõe desafios à persistência local das populações (REYNOLDS, 2006). Nessas condições, o transporte entre habitats permite que microalgas se mantenham presentes na paisagem por meio da colonização recorrente de novos ambientes, compensando perdas locais e contribuindo para a estabilidade regional das comunidades (KRISTIANSEN, 1996). Assim, a dispersão mediada por vetores físicos e biológicos não representa uma limitação, mas uma estratégia central na ecologia das microalgas, sustentando sua ampla distribuição e diversidade. Estudos indicam que organismos microscópicos aquáticos podem apresentar múltiplos modos de dispersão, com predominância de vias passivas mediadas por vetores físicos e biológicos, ampliando a conectividade entre habitats em escalas locais e regionais (PTATSCHECK et al., 2020).

A interação entre microalgas e vetores biológicos destaca-se como componente-chave dessa estratégia dispersiva. A adesão a superfícies corporais de vertebrados, a ingestão incidental associada a material perifítico e a sobrevivência de propágulos durante o transporte permitem que microalgas ultrapassem barreiras espaciais impostas pela fragmentação da paisagem aquática (COUGHLAN et al., 2017; GREEN et al., 2023). Esses processos ocorrem de forma recorrente em áreas úmidas, onde o contato entre organismos aquáticos e vertebrados é frequente, ampliando o potencial de redistribuição biológica (WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015). Em áreas úmidas neotropicais, evidências empíricas também demonstram que aves aquáticas atuam como vetores relevantes na redistribuição de organismos associados a ecossistemas aquáticos, reforçando seu papel na conectividade biológica entre habitats (SILVA et al., 2021).

A eficiência da dispersão passiva das microalgas está, portanto, diretamente relacionada à combinação entre suas características funcionais e os atributos ecológicos dos vetores

envolvidos (LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008). Diferentes vias de dispersão e diferentes grupos de vetores favorecem subconjuntos específicos da comunidade microalgal, contribuindo para padrões observados de riqueza, composição e estrutura funcional em escalas locais e regionais (KRUK et al., 2010).

A abordagem baseada em traços funcionais oferece uma base conceitual robusta para compreender como microalgas se mantêm conectadas em paisagens fragmentadas e como processos zoocóricos influenciam a organização das comunidades aquáticas, ao permitir a interpretação das respostas ecológicas dos organismos a partir de características mensuráveis relacionadas ao seu desempenho, persistência e interação com o ambiente (Litchman; Klausmeier, 2008; Kruk et al., 2010; Coughlan et al., 2017; Green et al., 2023). Diferentemente de abordagens estritamente taxonômicas, essa perspectiva enfatiza atributos que influenciam diretamente processos ecológicos, como aquisição de recursos, tolerância a estresses e eficiência de dispersão, possibilitando comparações entre comunidades mesmo em contextos de elevada diversidade específica (Kruk et al., 2010).

No contexto da dispersão zoocórica, determinados traços funcionais das microalgas assumem papel central ao mediar a interação entre os propágulos e os vetores animais. A produção de mucilagem e de cápsulas extracelulares, amplamente documentada em diferentes grupos taxonômicos, aumenta a adesividade celular e favorece a fixação a superfícies biológicas, como penas, pelagem e tegumento (LIND et al., 1997). Além de facilitar a adesão, a mucilagem atua como proteção contra a dessecação e o estresse mecânico, ampliando a probabilidade de sobrevivência durante o transporte passivo fora do meio aquático (WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015).

A formação de colônias e filamentos representa outro traço funcional fortemente associado à eficiência dispersiva. Organismos coloniais e filamentosos apresentam maior área de contato com superfícies externas, o que aumenta a retenção mecânica durante o deslocamento do vetor (REYNOLDS, 2006). Esse efeito é potencializado quando colônias ou filamentos estão envolvidos por bainhas mucilaginosas, combinando maior aderência com proteção fisiológica (KRUK et al., 2010). O tamanho celular e a morfologia também influenciam a probabilidade de transporte, embora seus efeitos dependam da via de dispersão considerada. Células maiores ou alongadas apresentam maior chance de retenção externa devido ao aumento da área de contato, enquanto células muito pequenas podem ser removidas com maior facilidade por fricção ou escorrimento (REYNOLDS, 2006). Em contrapartida, em contextos de endozoocoria, propágulos de pequeno tamanho associados a paredes celulares espessas ou

estruturas de resistência podem apresentar maior probabilidade de sobreviver à passagem pelo trato digestório, evidenciando a atuação de filtros seletivos distintos entre as duas vias (TESSON et al., 2018).

Entre os grupos de microalgas, as diatomáceas ilustram de forma clara a importância dos traços funcionais para a dispersão zoocórica. A presença de frústulas silicosas confere elevada resistência mecânica e proteção contra variações ambientais, favorecendo a sobrevivência durante o transporte passivo (WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015). Além disso, muitas diatomáceas produzem polissacarídeos extracelulares que aumentam a adesividade às superfícies do vetor, o que explica sua recorrente representação entre os táxons dispersos por vertebrados em diferentes estudos (LIND et al., 1997; KRUK et al., 2010).

Embora estudos clássicos sobre dispersão tenham sido amplamente direcionados a plantas e invertebrados, mecanismos de dispersão também desempenham papel determinante para organismos microscópicos, como microalgas e outros microrganismos aquáticos (KRISTIANSEN, 1996; LEWIS; FLECHTNER, 2004). A capacidade de formar estágios de resistência, como cistos e esporos, constitui outro traço funcional de grande relevância para a dispersão passiva. Esses estágios apresentam metabolismo reduzido e elevada tolerância a condições extremas, incluindo dessecação prolongada, radiação solar intensa e condições adversas do trato digestório de vertebrados (KRISTIANSEN, 1996). A formação de cistos permite que microalgas persistam no tempo e no espaço, ampliando significativamente o potencial de dispersão por vias epizoocóricas e endozoocóricas (ELLEGAARD; RIBEIRO, 2018).

A integração desses traços funcionais sugere que a dispersão zoocórica de microalgas não ocorre de maneira aleatória, mas resulta de um processo seletivo no qual diferentes vetores e vias de transporte favorecem conjuntos específicos de características (LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008). Enquanto a epizocoria tende a privilegiar organismos com elevada capacidade de adesão e resistência à dessecação, a endozoocoria seleciona propágulos dotados de proteção estrutural e fisiológica capazes de tolerar as condições impostas pelo trato digestório (TESSON et al., 2018). Essa seletividade funcional contribui para explicar padrões recorrentes de composição e estrutura observados em comunidades dispersas por diferentes vetores (SOOMERS et al., 2013; GREEN et al., 2023).

Sob essa perspectiva, os traços funcionais das microalgas constituem o elo conceitual entre a oferta ambiental, os filtros impostos pelos vetores vertebrados e os padrões observados de dispersão, colonização e reorganização de comunidades em áreas úmidas (LITCHMAN;

KLAUSMEIER, 2008; REYNOLDS, 2006). A integração entre traços funcionais, vias de dispersão zoocórica e diferentes grupos de vertebrados permite compreender a zoocoria não apenas como um processo de transporte, mas como um mecanismo seletivo que estrutura a redistribuição de organismos aquáticos na paisagem, favorecendo subconjuntos funcionais em função do desempenho e da tolerância a estresses durante o transporte (KRUK et al., 2010; SOOMERS et al., 2013). Diferentes vetores impõem filtros específicos associados ao modo de aquisição dos propágulos, ao tempo de retenção e às condições enfrentadas durante o deslocamento, o que resulta em padrões contrastantes de riqueza, composição e estrutura funcional das comunidades dispersas (GREEN et al., 2023). Assim, a análise funcional permite compreender não apenas quais organismos são dispersos, mas por que determinados grupos apresentam maior sucesso dispersivo do que outros, fornecendo base teórica sólida para interpretar os processos zoocóricos investigados na presente dissertação (LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008; KRUK et al., 2010; TESSON et al., 2018).

Apesar do avanço recente no reconhecimento da zoocoria como mecanismo relevante de dispersão de organismos aquáticos, ainda persistem lacunas importantes na compreensão de como diferentes vertebrados contribuem para a redistribuição de microalgas em paisagens naturais e antrópicas. Grande parte dos estudos concentra-se em vetores específicos ou em uma única via de transporte, frequentemente priorizando aves aquáticas e a endozoocoria, o que limita a compreensão integrada do processo e dificulta comparações funcionais entre diferentes grupos de vertebrados (COUGHLAN et al., 2017; GREEN et al., 2023). Em particular, a epizoocoria mediada por mamíferos herbívoros permanece pouco explorada, especialmente em regiões neotropicais, apesar do contato recorrente desses animais com ambientes aquáticos rasos e marginais (HOFFMANN et al., 2024).

Adicionalmente, ainda são escassos os estudos que incorporam explicitamente a perspectiva funcional na análise da dispersão zoocórica de microalgas. Embora seja amplamente reconhecido que diferentes traços morfofuncionais influenciam a eficiência de dispersão e sobrevivência durante o transporte passivo, poucos trabalhos avaliam de forma integrada como esses traços interagem com as características ecológicas dos vetores e com as diferentes vias de zoocoria disponíveis (LITCHMAN; KLAUSMEIER, 2008; KRUK et al., 2010). Essa limitação restringe a compreensão dos filtros seletivos impostos ao longo do processo dispersivo e dos mecanismos subjacentes aos padrões observados de composição e estrutura funcional das comunidades dispersas.

No contexto das áreas úmidas neotropicais, essas lacunas tornam-se ainda mais evidentes. A elevada heterogeneidade ambiental, a fragmentação espacial e a intensa interação entre ambientes aquáticos e terrestres caracterizam esses ecossistemas, criando condições nas quais a dispersão zoocórica pode desempenhar papel central na manutenção da conectividade funcional e da diversidade biológica (MALTCHIK et al., 2024). Entretanto, a escassez de estudos empíricos conduzidos nessa região dificulta a generalização de padrões e limita a incorporação desses processos em abordagens mais amplas de manejo e conservação (SANTAMARÍA, 2002).

Diante desse cenário, torna-se necessário avançar na compreensão da zoocoria de microalgas a partir de abordagens integradoras que considerem simultaneamente diferentes vertebrados, diferentes tegumentos, múltiplas vias de dispersão e a diversidade de traços funcionais envolvidos. A análise entre vetores com processos contrastantes permite elucidar como processos locais e regionais de dispersão se complementam na estruturação das comunidades aquáticas, contribuindo para a conectividade entre habitats e para a resiliência dos ecossistemas frente a distúrbios ambientais (REYNOLDS; CUMMING, 2016; GREEN et al., 2023).

Mamíferos herbívoros interagem intensamente com ambientes aquáticos rasos durante dessedentação, forrageio e deslocamento e, em paisagens campestres do sul do Brasil, bovídeos têm sido reconhecidos como vetores relevantes de transporte de propágulos entre ambientes aquáticos e terrestres, atuando como conectores ecológicos em mosaicos com alta densidade de áreas úmidas (Hoffmann et al., 2024; Pereira et al., 2025). Essas interações favorecem predominantemente a epizoocoria, especialmente de microalgas com traços como produção de mucilagem, formação colonial ou filamentosa e frústulas resistentes, associados à aderência e à tolerância à dessecação (Lind et al., 1997; Kruk et al., 2010; Wehr; Sheath; Kociolek, 2015). A atuação dos bovídeos ocorre principalmente em escalas locais, promovendo redistribuição contínua de propágulos e manutenção da conectividade funcional onde a conectividade hidrológica é limitada ou sazonal (Reynolds; Cumming, 2016; Maltchik et al., 2024). Em contraste, aves aquáticas como *Chauna torquata* apresentam elevada mobilidade e ampliam a escala da dispersão zoocórica ao combinar epizoocoria e endozoocoria, impondo filtros funcionais distintos e ampliando a diversidade de propágulos potencialmente dispersos (Green; Figuerola, 2005; Coughlan et al., 2017; Tesson et al., 2018).

Os estudos desenvolvidos nesta dissertação investigam se diferentes vertebrados podem desempenhar papéis complementares na dispersão zoocórica de microalgas em áreas úmidas,

contribuindo para a conectividade ecológica por vias e filtros distintos (REYNOLDS; CUMMING, 2016; GREEN et al., 2023). No primeiro estudo, foi avaliado o potencial de mamíferos herbívoros como vetores de dispersão epizoocórica de microalgas em ambientes rasos e marginais, considerando que pelagem, cascos e superfícies corporais, que entram em contato com o meio aquático, podem atuar como substratos para a retenção de partículas úmidas e propágulos associados a sedimentos e biofilmes (HOFFMANN ET AL., 2024; PEREIRA ET AL., 2025). Já o segundo estudo, centrado em *Chauna torquata* (tachã), explora como aves aquáticas podem atuar simultaneamente como vetores de epizoocoria e endozoocoria, combinando aquisição externa e ingestão incidental de propágulos e, assim, ampliando o potencial de redistribuição entre ambientes conectados ou espacialmente isolados (GREEN; FIGUEROLA, 2005; COUGHLAN et al., 2017). Como a endozoocoria impõe filtros fisiológicos associados ao trato digestório e pode selecionar propágulos com maior tolerância ao estresse químico e mecânico, essa via tende a influenciar não apenas o alcance espacial do transporte, mas também a estrutura funcional do conjunto disperso (CHARALAMBIDOU; SANTAMARÍA, 2002; TESSON et al., 2018).

Sob essa perspectiva integradora, a zoocoria emerge como um processo ecológico central para a conectividade de ecossistemas aquáticos continentais, especialmente em paisagens fragmentadas ou com conectividade hidrológica sazonalmente reduzida, onde vetores biológicos podem conectar habitats aquáticos isolados e favorecer a recolonização após períodos de perturbação (SOOMERS et al., 2013; GREEN et al., 2023). Nesse contexto, a interação entre traços funcionais das microalgas, vias de dispersão e características ecológicas dos vetores estabelece filtros seletivos que determinam padrões observados de riqueza, composição e estrutura funcional das comunidades redistribuídas na paisagem (REYNOLDS, 2006; REYNOLDS; CUMMING, 2016). Assim, a análise conjunta desses elementos fornece o arcabouço conceitual necessário para interpretar os estudos empíricos apresentados nesta dissertação, os quais investigam, em capítulos independentes, a contribuição de bovídeos e de *Chauna torquata* para a dispersão de microalgas em áreas úmidas neotropicais (COUGHLAN et al., 2017; GREEN et al., 2023).

Nesse contexto, a presente dissertação articula dois estudos empíricos que investigam a dispersão zoocórica de microalgas por vertebrados em áreas úmidas neotropicais, integrando abordagens funcionais das algas. Ao avaliar a epizoocoria mediada por bovídeos e a epizoocoria e endozoocoria associadas à ave *Chauna torquata*, este trabalho busca ampliar a compreensão dos mecanismos e filtros envolvidos na dispersão passiva de microalgas, bem como do papel

complementar de diferentes vetores na conectividade de ecossistemas aquáticos continentais. Dessa forma, a dissertação contribui para o avanço do conhecimento sobre zoocoria de microalgas e fornece subsídios conceituais relevantes para a compreensão da dinâmica e da conservação de áreas úmidas em paisagens isoladas e fragmentadas.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, A. et al. Seed dispersal by ungulates as an ecological filter: a trait-based meta-analysis. *Oikos*, v. 124, n. 9, p. 1109–1120, 2015.
- CHARALAMBIDOU, I.; SANTAMARÍA, L. Waterbirds as endozoochorous dispersers of aquatic organisms: a review of experimental evidence. *Acta Oecologica*, v. 23, n. 3, p. 165–176, 2002.
- COUGHLAN, N. E. et al. Up, up and away: bird-mediated ectozoochorous dispersal between aquatic environments. *Freshwater Biology*, v. 62, p. 631–648, 2017.
- ELLEGAARD, M.; RIBEIRO, S. The long-term persistence of phytoplankton resting stages in aquatic “seed banks”. *Biological Reviews*, v. 93, n. 1, p. 166–183, 2018.
- FIGUEROLA, J.; GREEN, A. J. Dispersal of aquatic organisms by waterbirds: a review of past research and priorities for future studies. *Freshwater Biology*, v. 47, n. 3, p. 483–494, 2002.
- FONTANETO, Diego. Long-distance passive dispersal in microscopic aquatic animals. *Movement Ecology*, v. 7, n. 1, p. 1–10, 2019.
- GREEN, A. J.; FIGUEROLA, J. Recent advances in the study of long-distance dispersal of aquatic invertebrates via birds. *Diversity and Distributions*, v. 11, n. 2, p. 149–156, 2005.
- GREEN, A. J. et al. Dispersal of aquatic and terrestrial organisms by waterbirds: a review of current knowledge and future priorities. *Freshwater Biology*, v. 68, n. 2, p. 173–190, 2023.
- HOFFMANN, P. et al. Big rodents disperse small seeds and spores in Neotropical wetlands. *Journal of Ecology*, v. 112, n. 8, p. 1743–1757, 2024.

- JUNK, W. J. et al. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 24, n. 1, p. 5–22, 2014.
- KRISTIANSEN, J. *Biogeography of Freshwater Algae*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- KRUK, C. et al. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, v. 55, n. 3, p. 614–627, 2010.
- LEWIS, L. A.; FLECHTNER, V. R. Green algae and desert crusts: interactions of algal and microbial communities. *Journal of Phycology*, v. 40, n. 6, p. 1127–1137, 2004.
- LIND, J. L. et al. Substratum adhesion and gliding in a diatom are mediated by extracellular mucopolysaccharides. *Protist*, v. 148, n. 3-4, p. 243–251, 1997.
- LITCHMAN, E.; KLAUSMEIER, C. A. Trait-based community ecology of phytoplankton. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 39, p. 615–639, 2008.
- MALTCHIK, L. et al. Wetlands in the Campos Sulinos: diversity, functions, and threats. In: OVERBECK, G. E.; PILLAR, V. D. P.; MÜLLER, S. C.; BENCKE, G. A. (org.). *South Brazilian Grasslands: Ecology and Conservation of the Campos Sulinos*. Cham: Springer, 2024. p. 349–369.
- PEREIRA, M. J. et al. Cattle-mediated dispersal of aquatic and terrestrial seeds in the Pampa biome. *Journal of Applied Ecology*, v. 62, p. 777–789, 2025.
- PTATSCHECK, Christoph; TRAUNSPURGER, Walter. The ability to get everywhere: dispersal modes of free-living, aquatic nematodes. *Hydrobiologia*, v. 847, n. 17, p. 3519–3547, 2020.
- REYNOLDS, C.; CUMMING, G. S. Seed traits and bird species influence the dispersal parameters of wetland plants. *Freshwater Biology*, v. 61, n. 7, p. 1157–1170, 2016.
- REYNOLDS, C. S. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

SANTAMARÍA, L. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. *Acta Oecologica*, v. 23, n. 3, p. 137–154, 2002.

SILVA, G. G. et al. Invertebrate dispersal by waterbird species in neotropical wetlands. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, n. 1, e250280, 2021

SOOMERS, H. et al. Dispersal of aquatic plants by wildfowl: a review of the potential role of internal and external transport. *Freshwater Biology*, v. 58, n. 2, p. 258–273, 2013.

TESSON, S. V. M. et al. The potential for dispersal of microalgal resting cysts by migratory birds. *Journal of Phycology*, v. 54, n. 4, p. 518–528, 2018.

VAN LEEUWEN, C. H. A. et al. Gut travellers: internal dispersal of aquatic organisms by waterfowl. *Journal of Biogeography*, v. 39, n. 11, p. 2031–2040, 2012.

WEHR, J. D.; SHEATH, R. G.; KOCIOLEK, J. P. *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2015

CAPÍTULO 1

Manuscrito submetido para a revista Hydrobiologia.

Cattle disperse microalgae by epizoochory in Neotropical wetlands

Filipe Fatturi^a, Pablo Santos Guimarães^a, Milena Rosa Pereira^a, Cristina Stenert^a, Leonardo

Maltchik^{a,b*}

^a Federal University of Rio Grande (FURG), Graduate Program in Biology of Continental Aquatic Environments; Rio Grande, Brazil

^b Federal University of Santa Catarina (UFSC), Graduate Program Agroecology; Florianópolis, Brazil

*Corresponding author. E-mail: maltchikle@gmail.com

Abstract

The role of cattle in the epizoochorous dispersal of microalgae in Neotropical wetlands remains poorly understood. Here, we assessed the potential of cattle to transport algae externally in isolated wetlands surrounded by grassland matrices in southern Brazil. We examined whether the richness and composition of microalgae attached to cattle coats reflected those found in the environment and whether dispersal patterns were linked to algal functional traits. Sampling 62 cows from two dairy farms, we identified 105 algal species in the wetlands, 80 of which also occurred on the animals. Only three cows lacked algal taxa attached, while, overall, cattle carried approximately 43% of the species present in the environment. Pennate diatoms and flagellated algae were the most common morpho-functional groups on cow coats, suggesting that cattle mediate dispersal in a trait-selective manner. The substantial algal diversity detected on cows' legs indicates that livestock can enhance connectivity and gene flow among microalgal populations across isolated wetlands in grassland landscapes, ultimately supporting essential ecosystem processes for life on Earth.

Keywords: dairy cow, epizoochorous dispersal, functional traits, grassland, Pampa region, pond.

Introduction

Microalgae represent an exceptionally species-rich group of photosynthetic organisms, occurring in nearly all aquatic ecosystems worldwide—from lakes, rivers, and temporary ponds to marine environments (Kristiansen, 1996; Reynolds, 2006; Wehr et al., 2015). They play an essential role in primary production and constitute the base of aquatic food webs (Wehr et al., 2015). Despite their wide geographic distribution, microalgae possess very limited active mobility and are therefore dependent on vectors for colonizing new habitats and maintaining genetic connectivity among populations (Kristiansen, 1996; Reynolds, 2006).

Passive dispersal occurs when an entire organism or its propagule is transported by a vector (Green et al., 2023), such as wind (anemochory), water (hydrochory), or animals (zoochory) (Soomers et al., 2013). This mechanism is particularly important for species with low motility, including microalgae. In zoochory dispersal, organisms or their propagules can be transported externally on animals (feathers, paws, beaks - epizoochory) or internally through the digestive tract (endozoochory – Coughlan et al., 2017a; Silva et al., 2018, 2019, 2021; Hoffmann et al., 2025).

In wetlands, passive dispersal of seeds and dormant propagules has been extensively studied in waterbirds, especially Anatidae (Green et al., 2023; Navarro-Ramos et al., 2024), including in southern Brazil (Silva et al., 2021). More recently, however, research has revealed that semi-aquatic herbivorous mammals, such as capybaras and nutria, also disperse a wide range of aquatic plant propagules and seeds in southern Brazilian wetlands (Hoffmann et al., 2024), as do carnivores (Hoffmann et al., 2025). Pereira et al. (2025) further demonstrated that cattle disperse not only aquatic plants but also native and exotic terrestrial species from grassland matrices surrounding

wetlands. Yet, most of these studies have focused on endozoochory, and few studies analyze the role of epizoochory in wetland ecosystems.

Epizoochory dispersal has been documented in both wild and domestic animals (Bartuszevige & Endress, 2008; Eschtruth & Battles, 2009; Albert et al., 2015). Seeds and plants from temperate grasslands have been reported attached to the coats of deer (Boulanger et al., 2011), sheep (Manzano & Malo, 2006) and donkeys (Couvreur et al., 2005a). The dispersal potential of epizoochory is influenced by seed traits, coat structure, and the body location of attachment (Couvreur et al., 2005b; De Pablos & Peco, 2007; Schupp et al., 2010).

In the case of algae and microalgae, morpho-functional traits such as mucilage production, capsules, colony formation, cell size, and resistant cysts may facilitate colonization of new habitats via epizoochory (Reynolds, 2006; Litchman & Klausmeier, 2008; Kruk et al., 2010; Wehr et al., 2015). Colony formation in genera such as *Scenedesmus* and *Pediastrum* can enhance retention on structures like wet feathers or moist shells (Lürling & Van Donk, 2000; Kruk et al., 2010). The presence of mucilage in Chlorophyta and Bacillariophyta increases desiccation resistance and adhesion to animals (Lewis & Flechtner, 2004; Wehr et al., 2015), while cyst and spore formation confers greater tolerance to extreme environments (Kristiansen, 1996; Reynolds, 2006).

In this study, we investigate the potential for cattle to disperse algae via epizoochory in isolated wetlands embedded within grassland matrices in southern Brazil. We compare the richness and composition of microalgae adhered to cattle with those present in the surrounding environment and evaluate whether dispersal efficiency is related to algal functional traits. Cattle were chosen as a study model due to their economic importance in milk and meat production (Embrapa, 2019; IBGE, 2019; FAO,

2022). In 2020, global beef production reached approximately 50 million tonnes, with Brazil ranking second only to the United States (FAO, 2022). Livestock production is highly significant in southern Brazil (around 500,000 head of cattle), relying primarily on the natural pastures of the Pampa biome (Carvalho et al., 2009). Unlike pigs and poultry, which are predominantly raised in confinement, 95% of Brazilian cattle are pasture-raised (Embrapa, 2012), making them potentially important vectors of aquatic organism dispersal across natural grasslands. Grazing in the Pampa promotes grass dominance, reduces the diversity of prostrate species (Overbeck et al., 2015), and facilitates the dispersal of aquatic plants via endozoochory (Pereira et al., 2025), thereby providing key supporting ecosystem services.

We hypothesize that: (i) because cattle use wetlands in southern grasslands as resting and feeding areas (Bencke, 2009; Pillar & Lange, 2015), they act as vectors for microalgae dispersal through epizoochory; and (ii) colony-forming, filamentous, and mucilage-producing microalgae exhibit greater dispersal capacity via cattle than other algal groups. Ultimately, we expect that cattle contribute to supporting ecosystem services in wetlands embedded in the grassland matrices of the Pampa biome by functioning as vectors of aquatic biodiversity dispersal.

Methods

Study Area

The study was conducted in the district of Capão Seco, municipality of Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brazil, located on the coastal plain of the Pampa biome. This

region is characterized by extensive native grasslands with isolated permanent and intermittent ponds. The climate is humid subtropical, with a mean annual temperature of 18 °C, relative humidity around 80%, and annual precipitation ranging between 1000 and 1500 mm, evenly distributed throughout the year (Rio Grande do Sul, 2019). The ponds range in size from 0.4 to 1 ha, are shallow (maximum depth of ~50 cm), and isolated by a grassland matrix. Predominant soils are hydromorphic and of alluvial origin, favoring the formation of seasonal aquatic habitats. The aquatic vegetation includes submerged species such as *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. and *Utricularia foliosa* L., and floating species such as *Nymphoides indica* (L.) Kuntze. , *Azolla filiculoides* Lam., and *Salvinia minima* Baker. These habitats support planktonic and epiphytic microalgal communities, which play a key role in primary productivity and local biodiversity.

Sampling design

The study was carried out on two nearby dairy farms in the district of Capão Seco. On these properties, cattle are raised under an extensive system, at low density (fewer than one animal per hectare), moving freely between grazing areas and ponds for macrophyte consumption and drinking, thus promoting constant interactions between grassland and wetland habitats.

At each collection site, three types of samples were obtained: qualitative and quantitative samples from environment, and quali-quantitative samples from cattle. Sampling was conducted exclusively on sunny days between April and May of 2025, with no rainfall in the preceding days, to avoid interference with algal communities and ensure comparability among collections. Quantitative environment samples consisted of

subsurface water collected with a 50 mL tube at three points along the cattle's daily path. Qualitative environment samples were taken at the same points using a 20 µm plankton net. The concentrate was stored in two 50 mL tubes, one fixed and one live, to improve identification of taxa sensitive to preservatives. Sampling points were chosen to best represent the local phytoplankton community. In addition to water sampling, macrophytes were washed and suspended sediments were collected to include periphytic and benthic organisms potentially available for dispersal.

The study involved 62 dairy cows distributed across the two farms ($n = 30$ e $n = 32$). Quali-quantitative microalgae samples adhered to the cow coat were obtained during milking by washing the coat near the knee, a region with high contact with phytoplankton during animal movement and feeding. Washing was performed using a gentle jet of distilled water applied with a wash bottle, and the detached material was concentrated using an adapted funnel and stored in 50 mL tubes. The adapted funnel was made from recycled 2 L PET bottles: the upper half was cut and molded into a funnel shape, functional for animals of different sizes, species, and types of sampling. On the larger opening, a rounded half-moon cut was made to fit the animal's leg, ensuring efficient and comfortable collection. On the opposite side, a larger half-moon cut extended to the bottle's upper base, creating a wide opening to facilitate water jet handling during washing. At the smaller opening, a 50 mL centrifuge tube was attached to collect the sample without spillage. Between each collection, the funnel was rinsed with distilled water to prevent contamination. A total of four control samplings were performed. All samples were preserved with 4% (v/v) formaldehyde.

Quantitative analyses from environment (cells/mL) were performed in a sedimentation chamber using an inverted optical microscope (Zeiss Axio Vert. A1),

following the Utermöhl method (1958). For qualitative environment samples and qualitative cattle samples, two slides with coverslips were prepared for each sample and examined under a light optical microscope (Olympus CX21), with taxa identified to the lowest possible taxonomic level. Species identification was confirmed by consulting the AlgaeBase database (Guiry & Guiry, 2025), complemented with specialized identification guides and scientific literature relevant to microalgae observed in the study region. This integrated approach ensured taxonomic accuracy and standardized nomenclature, guaranteeing the reliability of results. Fieldwork was conducted in accordance with current Brazilian legislation, with permission from the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation—ICMBio/SISBIO (license no. 100550-1 and license no: 88630-3) and approval from the Ethics Committee CEUA/FURG (no. Pq005/2023).

Data Analysis

Microalgae species were grouped into five morpho-functional groups: 1) Pennate Diatoms (PD), 2) Unicellular Mixotrophic Flagellates (UMF), 3) Unicellular Green Algae (UG), 4) Filamentous Algae (FA), and 5) Colonial and Mucilaginous Colonial Algae (CMA), adapted from Salmaso & Padisák (2007) and Kruk et al. (2010). This classification was adopted to enhance the clarity of the analyses, thereby allowing the assessment of potential morphological patterns related to epizoochorous dispersal. Relative abundances of microalgae species within each morpho-functional group were calculated for environmental and cow data, based on cell density (cells/mL⁻¹) and number of individuals, respectively, divided by the total counts.

Generalized linear models (GLMs) were used to analyze differences in species

richness between functional groups sampled in the environment and on cow coats. Models were fitted with the distribution that did not show overdispersion (negative binomial distribution for richness observed on cows and Poisson distribution for richness observed in the environment). A chi-square test of association (contingency table) was applied to assess whether the frequency of species within each functional group differed between the environment and cows.

The relationship between functional groups and the variation in algal composition on cows was evaluated using redundancy analysis (RDA). In this analysis, the response matrix consisted of algal species composition based on presence–absence data for each sampling unit (cow), whereas the explanatory matrix consisted of functional groups, considering the species richness of each group in each sampling unit (cow). All analyses were performed in R version 4.4.0, using the packages *vegan*, *lme4*, *corrplot*, and *ggplot2* (R Development Core Team, 2025).

Results

A total of 105 algal species were recorded in the environment, and 80 species were on cow coats. Of the 105 species found in the environment, 44 were also adhered to cow coats, while 61 species were observed exclusively in the environment. Considering the combined algal richness in both environment and cows, a total of 138 species distributed across five divisions, and 30 families were recorded (Supplementary Table 1). Among the 62 sampled cows, only three individuals showed no algal taxa adhered to their coats. The most frequent species on cows were *Nitzschia palea* (64.5%), *Nitzschia filiformis*, (*Oscillatoria* sp. (27.4%), *Diadmesmis confervacea* (21%), *Aulacoseira italica* (19.4%),

Aulacoseira granulata (17.7%), *Pinnularia viridis* (14.5%), *Sellaphora pupula* (14.5%), *Euglena viridis* (12.9%), and *Pinnularia sudetica* (11.3%). The remaining 69 algal species occurred in less than 10% of the sampled cows (six or fewer individuals). Algal taxonomic richness per cow ranged from zero to 13 species, with eight individuals hosting between 10 and 13 species.

Regarding morpho-functional groups, species belonging to all five categories were observed both in the environment and on cow coats: 1) Unicellular Mixotrophic Flagellates (41 species), 2) Pennate Diatoms (43 species), 3) Unicellular Green Algae (17 species), 4) Colonial and Mucilaginous Colonial Algae (16 species), and 5) Filamentous Algae (21 species) (Supplementary Table 1). Functional richness (i.e., the number of functional groups) ranged from zero to five groups. Most cows (86.4%) hosted between one and three functional groups, while 13.6% hosted four or five groups.

The relative abundance of morpho-functional groups showed contrasting patterns between environmental and cattle samples. In environmental samples, unicellular mixotrophic flagellates (36.7%), filamentous algae (33.4%), and pennate diatoms (25.4%) were the predominant groups (Fig. 1a). In cow samples, pennate diatoms were dominant (59%), followed by filamentous algae (20.6%) and unicellular mixotrophic flagellates (14.6%) (Fig. 1b).

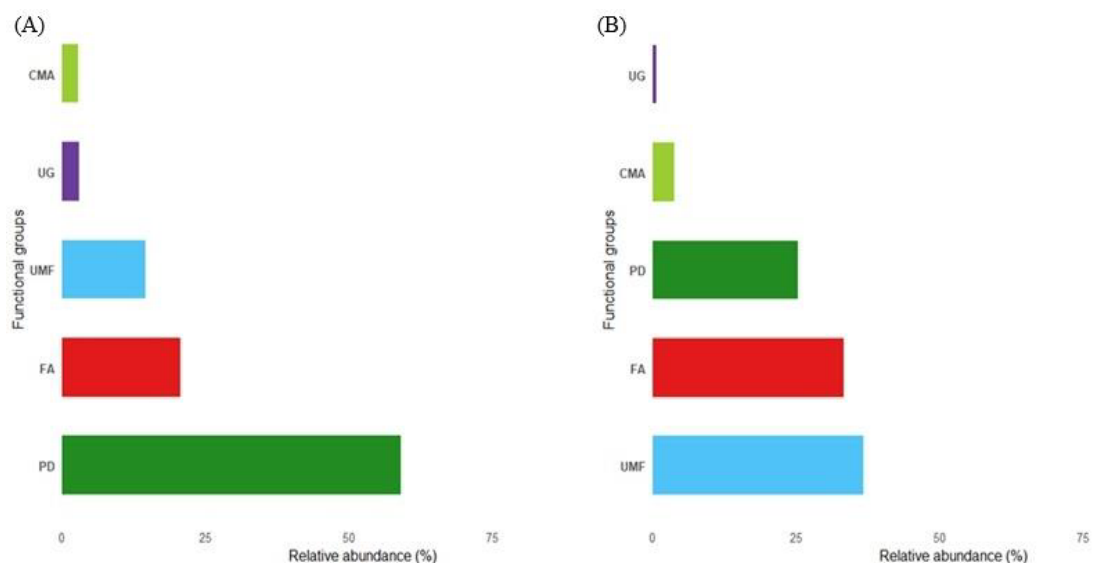


Fig. 1. Relative abundance of morpho-functional groups of microalgae in the environment (A) and in cattle (B) from Neotropical wetlands.

Species richness differed significantly among the five morpho-functional groups in the environment (GLM, $P = 0.004$; Fig. 2). The richness of colonial and mucilaginous colonial algae was lower than that of pennate diatoms, unicellular mixotrophic flagellates, and unicellular green algae ($P < 0.05$), and similar to that of filamentous algae ($P > 0.05$; Fig. 2a). Species richness also varied significantly among the five morpho-functional groups on cows (GLM, $P < 0.001$; Fig. 2b). Pennate diatoms exhibited greater richness than all other morpho-functional groups ($P < 0.05$). The richness of colonial and mucilaginous colonial algae and unicellular green algae was lower than that of filamentous algae and unicellular mixotrophic flagellates ($P < 0.05$). In contrast, richness did not differ significantly between filamentous algae and unicellular mixotrophic flagellates, nor between colonial and mucilaginous colonial algae and unicellular green algae ($P > 0.05$; Fig. 2b).

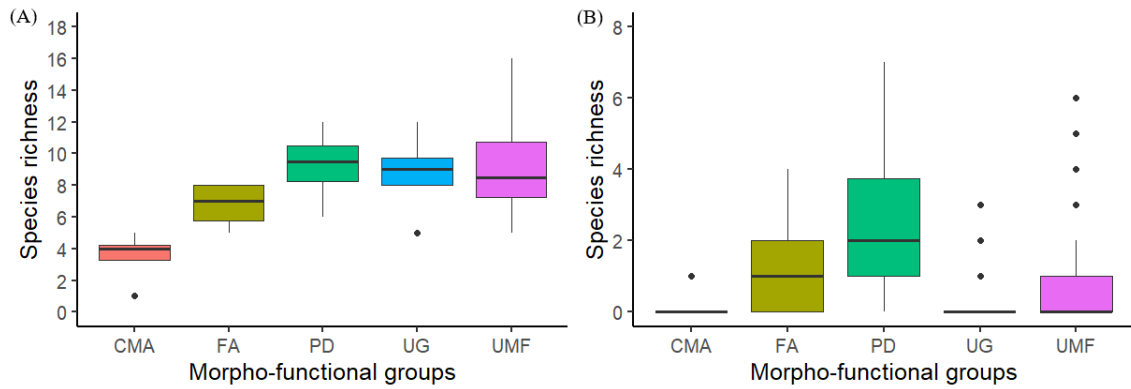


Fig. 2. Species richness of morpho-functional groups of microalgae in the environment (A) and in cattle (B) from Neotropical wetlands.

The proportion of species across the five morpho-functional groups differed between the environment and cows ($\chi^2 = 10.571$, $df = 4$, $P = 0.031$). While the proportion of species belonging to the filamentous algae, unicellular green algae, and colonial and mucilaginous colonial algae groups was higher in the environment, the proportion of species belonging to the pennate diatoms and unicellular mixotrophic flagellate groups was higher on cows (Fig. 3).

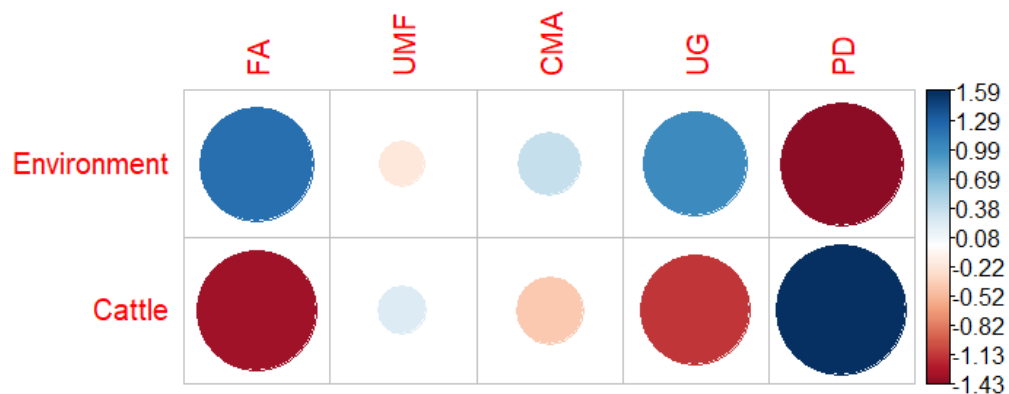


Fig. 3. Bubble plot showing the association between algal functional groups (FA, UMF, CMA, UG, PD) in the environment and on cattle. The size of the bubbles represents the

magnitude of the relationship, while the color gradient (blue to red) indicates the strength and direction of the values according to the scale on the right.

The first two axes of the Redundancy Analysis were significant ($P = 0.001$), representing a significant variation in the composition of algal species adhered to cattle coats (Fig. 4). Functional groups explained 24.1% of this variation in algal species composition ($R^2 = 0.241$), particularly filamentous algae, pennate diatoms, and unicellular mixotrophic flagellates (Fig. 4). The ordination diagram revealed that these three functional groups exhibited the greatest variation in richness among cows, contributing most strongly to the variation in algal species composition dispersed through epizoochory.

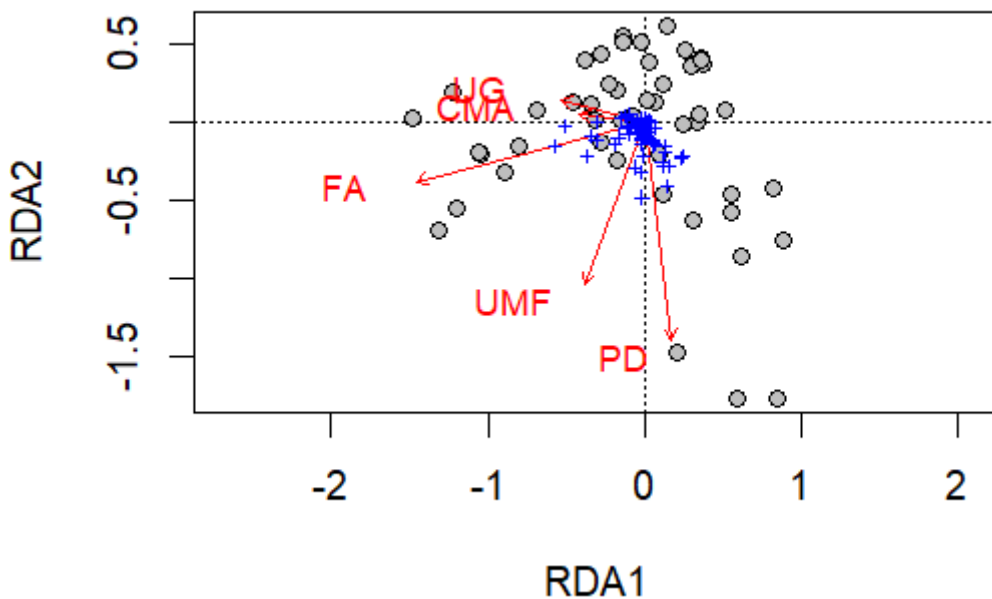


Fig. 4. Ordination diagram showing the strength of each functional group found during the epizoochorous dispersal process by cattle. Gray circles represent cows, plus signs represent microalgal species, and red arrows indicate functional groups.

Discussion

Epizoochorous dispersal has been studied in domestic animals (Albert et al., 2015), such as sheep (Freund et al., 2014; Rico et al., 2014), horses (Couvreur et al., 2005b), mules (Liehrmann et al., 2018), and cattle (Couvreur et al., 2005b; Whitacre & Call, 2006; De Pablos & Peco, 2007). However, most of these studies focused on the dispersal of seeds from terrestrial plants in temperate Northern Hemisphere grasslands, often with specific morphological structures (barbs and hooks) that facilitate attachment to animal fur. Studies addressing the dispersal of microalgae by wild and domestic mammals in native grasslands are rare or nonexistent, particularly in the Neotropical region (Burgin & Renshaw, 2008; Green et al., 2023).

Our results showed that cattle dispersed a wide diversity of wetland microalgae via epizoochory. This finding supports our first research hypothesis. A total of 70 microalgal species belonging to seven families and five morpho-functional groups were observed attached to the hind legs of the dairy cows. The cows moving freely between grazing areas and ponds for macrophyte consumption and drinking, thus promoting constant interactions between grassland and wetland habitats. Confinement occurred only in the late afternoon during milking, after which the cows were released back into the pasture. The high diversity of algae attached to the cow legs demonstrates that, in addition to providing provisioning services to humans (milk), they also contribute to gene flow among microalgal populations from different isolated wetlands within grassland matrices.

The dispersal potential of epizoochory is influenced by functional traits of the dispersed organism, coat structure, and the specific body location of attachment (Couvreur et al., 2005b; De Pablos & Peco, 2007; Schupp et al., 2010). Our study

analyzed only the cow hind legs, a body region with frequent contact with the surface water of wetlands during cattle grazing. Although the snout also makes contact with water surfaces during aquatic plant consumption and drinking, samples could not be collected because the dairy cows were fed meal supplements during milking.

Cattle dispersed via epizoochory approximately 43% of the microalgal species present in the environment. Pennate diatoms and flagellated algae were the most frequent and abundant morpho-functional groups in cow coat, despite not being the dominant groups in the environment. Among most frequent species on cows, only *Aulacoseira italica* and *Aulacoseira granulata* are considered planktonic. *Euglena viridis*, although not strictly attached to substrates, typically inhabits areas near sediments or organic matter accumulations. The remaining species, including pennate diatoms and filamentous cyanobacteria, are generally characterized by a periphytic lifestyle. This indicates that cow coats act as an environmental filter in microalgal dispersal. This finding contradicts our second hypothesis, which predicted that colonial mucilaginous microalgae would be favored in the epizoochorous process, since mucilage production is generally associated with enhanced adhesion to rough surfaces. The higher adherence of pennate diatoms may be explained by their siliceous frustules, which provide structural resistance and the capacity to secrete mucilage, facilitating attachment to substrates, including the rough and dense surface of cattle coat (Lind et al., 1997; Liehrmann et al., 2018). The greater adherence of flagellated algae may result from their elongated and mucilaginous sheaths, which promote adhesion to substrates even after mechanical stress or partial desiccation. Moreover, unicellular mixotrophic flagellates were the most abundant group in the environment, a factor that likely promoted their dispersal via cattle.

Despite the wide diversity of microalgae attached to cow coat, dispersal distance

is constrained by farm fences. This restriction limits the dispersal of aquatic organisms by cattle compared with birds, capybaras, and otters (Silva et al., 2021; Hoffmann et al., 2024, 2025). However, the high abundance of cattle in the region makes microalgal dispersal a frequent and recurrent process between ponds within farms, which may be advantageous for microalgae sensitive to desiccation. This pattern characterizes cattle as step-by-step dispersal vectors, gradually transporting microalgae across longer distances (Coughlan et al., 2017b).

The pattern observed here aligns with well-documented processes in plant epizoochory, where the animal integument not only transports but also selectively favors propagules with traits that enhance adhesion and resistance (Couvreur et al., 2005a, 2005b; Manzano & Malo, 2006; Liehrmann et al., 2018). In our analysis, traits such as siliceous frustules, mucilage secretion, filamentous body, or mixotrophy emerge as key determinants of persistence and dispersal. Thus, cattle fur is not merely a passive substrate but a functional filter shaping dispersal potential.

For future research, we suggest investigating other mammals that frequently interact with wetland systems, such as capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) and coypus (*Myocastor coypus*), to assess whether similar functional patterns occur across different integuments and fur types. Expanding research to broader spatial scales across different regions will help assess the extent to which wetland microalgal richness and abundance modulate this process. This will contribute to a better understanding of ecological connectivity among wetlands and the role of epizoochory in maintaining microalgal diversity in isolated landscapes.

Finally, our results demonstrate that epizoochorous dispersal success is determined not only by environmental availability but also by the interplay of species

richness, functional traits, and integument properties. Groups that combine these factors such as pennate diatoms and filamentous algae achieve greater dispersal success, whereas groups with limited diversity, even when possessing favorable traits, tend to be underrepresented. Thus, epizoochory emerges not as a merely passive transport mechanism but as a selective process that shapes the functional diversity of microalgae, thereby contributing to the maintenance and enhancement of ecological connectivity in isolated wetlands.

Acknowledgements

L.M. and C.S. hold Research Productivity Grants from CNPq [grant numbers 307455/2021-1 and 304735/2025-6]. CAPES granted a Master scholarship to F.F. and a PhD scholarship to M.R.P.

Author contributions

Filipe Fatturi was involved in Methodology, Formal Analysis, Writing - original draft, Writing

- review & editing. Pablo S. Guimarães contributed to Supervision, Methodology, Formal Analysis, Writing - original draft, Writing - review & editing. Milena R. Pereira helped in Writing - review & editing. Cristina Stenert contributed to Conceptualization, Formal Analysis, Funding acquisition, Writing - original draft, Writing - review & editing. Leonardo Maltchik was involved in Conceptualization, Funding acquisition, Project administration, Supervision, Writing - original draft, Writing - review & editing. All authors read and accepted the final manuscript.

Data availability

Data will be made available on request.

Declarations Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Compliance with Ethical Standards

Research involving Animals: The study was conducted in accordance with current Brazilian legislation, with permission from the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation—ICMBio/SISBIO (license no. 100550-1 and license no: 88630-3) and approval from the Ethics Committee CEUA/FURG (no. Pq005/2023).

Consent to Participate

This is not applicable

Consent to Publish

This is not applicable

References

Albert, A., E. Cosyns, J. Hansen, I. Lacourt, N. M. Schmidt, P. Poschlod, 2015. Seed dispersal by ungulates as an ecological filter: A trait-based meta-analysis. *Oikos* 124: 1109–1120. <https://doi.org/10.1111/oik.02512>

Bartuszevige, A. M. & B. A. Endress, 2008. Do ungulates facilitate native and exotic plant spread? Seed dispersal by cattle, elk and deer in northeastern Oregon. *Journal of Arid Environments* 72: 904–913. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.11.007>

Bencke, G. A., 2009. Diversidade e Conservação da Fauna dos Campos do Sul do Brasil. In Pillar, V. P., S. C. Müller, Z. M. S. Castilhos & A. V. A. Jacques (eds), *Campos Sulinos - Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade*. MMA, Brasília: 101–121.

Boulanger, V., C. Baltzinger, S. Saïd, P. Ballon, J. F. Picard & J. L. Dupouey, 2011. Deer-mediated expansion of a rare plant species. *Plant Ecology* 212: 307–314. <https://doi.org/10.1007/s11258-010-9823-9>

Burgin, S. & A. Renshaw, 2008. Epizoochory, algae and the Australian eastern long-necked turtle *Chelodina longicollis* (Shaw). *The American Midland Naturalist* 160: 61–68. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2008\)160\[61:EAATAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2008)160[61:EAATAE]2.0.CO;2)

Carvalho, P. C. F., D. T. Santos, E. N. Gonçalves, C. E. Pinto, F. P. Neves, J. K. Trindade, C. Bremm, J. C. Mezzalira, C. Nabinger & A. V. A. Jacques, 2009. Lotação animal em pastagens naturais: políticas, pesquisas, preservação e produtividade. In Pillar, V. P., S. C. Müller, Z. M. S. Castilhos & A. V. A. Jacques (eds), *Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade*. MMA, Brasília: 214–228.

Coughlan, N. E., C. H. Fernando, R. N. Cuthbert & A. Riccardi, 2017a. Zoochorous dispersal of freshwater bivalves: An overlooked vector in the spread of invasive species. *Freshwater Biology* 62: 1327–1344. <https://doi.org/10.1051/kmac/2017037>

Coughlan, N. E., T. C. Kelly & M. A. Jansen, 2017b. ‘Step by step’: high frequency short-distance epizoochorous dispersal of aquatic macrophytes. *Biological Invasions* 19: 625–634. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1293-0>

Couvreux, M., E. Cosyns, M. Hermy & M. Hoffmann, 2005a. Complementarity of epi- and endozoochory of plant seeds by free ranging donkeys. *Ecography* 28: 37–48.

<https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.04159.x>

Couvreux, M., K. Verheyen & M. Hermy, 2005b. Experimental assessment of plant seed retention times in fur of cattle and horse. *Flora* 200: 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2004.06.003>

De Pablos, I. & B. Peco, 2007. Diaspore morphology and the potential for attachment to animal coats in Mediterranean species: an experiment with sheep and cattle coats. *Seed Science Research* 17: 109–114. <https://doi.org/10.1017/S0960258507708097>

Embrapa, 2012. *Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira*. Embrapa, Brasília.

Embrapa, 2019. *Anuário Leite 2019: novos produtos e novas estratégias*. Texto Comunicação, São Paulo.

Eschtruth, A. K. & J. J. Battles, 2009. Acceleration of exotic plant invasion in a forested ecosystem by a generalist herbivore. *Conservation Biology* 23: 388–399. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01122.x>

FAO, 2022. *Dairy market review: emerging trends and outlook 2022*. FAO, Roma.

Freund, L., C. Eichberg, I. Retta & A. Schwabe, 2014. Seed addition via epizoochorous dispersal in restoration: An experimental approach mimicking the colonization of bare soil patches. *Applied Vegetation Science* 17: 74–85. <https://doi.org/10.1111/avsc.12052>

Green, A. J., A. Lovas-Kiss, C. Reynolds, E. Sebastián-González, G. G. Silva, C. H. A. van Leeuwen & D. M. Wilkinson, 2023. Dispersal of aquatic and terrestrial organisms by waterbirds: A review of current knowledge and future priorities. *Freshwater Biology* 68:

173–190. <https://doi.org/10.1111/fwb.14038>

Guiry, M. D. & G. M. Guiry, 2025. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, University of Galway. Retrieved from <https://www.algaebase.org/>.

Hoffmann, P. H. O., A. Adolfo, A. J. Green, C. Stenert, G. G. Silva, V. Weber & L. Maltchik, 2024. Big rodents disperse small seeds and spores in Neotropical wetlands. *Journal of Ecology* 112: 1743–1757. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14349>

Hoffmann, P. H. O., A. Adolfo, A. J. Green & L. Maltchik, 2025. Secondary dispersal of wetland plants by Neotropical otters. *Freshwater Biology* 70: e70013. <https://doi.org/10.1111/fwb.70013>

IBGE, 2019. *Abate de animais, aquisição de leite, couro e ovos – 2019*. IBGE, Rio de Janeiro.

Kristiansen, J., 1996. *Biogeography of freshwater algae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Kruk, C., V. L. M. Huszar, E. T. H. M. Peeters, S. Bonilla, L. Costa, M. Lüring, C. S. Reynolds & M. Scheffer, 2010. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology* 55: 614–627. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02298.x>

Lewis, L. A. & V. R. Flechtner, 2004. Cryptic species of *Scenedesmus* (Chlorophyta) from desert soil communities of western North America. *Journal of Phycology* 40: 1127–1137. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2004.03235.x>

Liehrmann, O., F. Jégoux, M. A. Guilbert, F. Isselin-Nondedeu, S. Saïd, Y. Locatelli &

C. Baltzinger, 2018. Epizoochorous dispersal by ungulates depends on fur, grooming and social interactions. *Ecology and Evolution* 8: 1582–1594.

<https://doi.org/10.1002/ece3.3768>

Lind, J. L., K. Heimann, E. A. Miller, C. van Vliet, N. J. Hoogenraad & R. Wetherbee, 1997. Substratum adhesion and gliding in a diatom are mediated by extracellular proteoglycans. *Planta* 203: 213–221. <https://doi.org/10.1007/s004250050184>

Litchman, E. & C. A. Klausmeier, 2008. Trait-based community ecology of phytoplankton. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 615–639.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173549>

Lürling, M. & E. Van Donk, 2000. Grazer-induced colony formation in *Scenedesmus*: are there costs to being colonial? *Oikos* 88: 111–118.

<https://doi.org/10.1034/j.16000706.2000.880113.x>

Manzano, P. & J. E. Malo, 2006. Extreme long-distance seed dispersal via sheep. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 244–248. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0244:ELSDVS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0244:ELSDVS]2.0.CO;2)

Navarro-Ramos, M. J., C. H. A. van Leeuwen, C. Olsson, J. Elmberg, J. Månsson, V. Martín-Vélez, A. Lovas-Kiss & A. J. Green, 2024. Seed dispersal between aquatic and agricultural habitats by greylag geese. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 359: 108741. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108741>

Overbeck, G. E., E. Vélez-Martin, F. R. Scarano, T. M. Lewinsohn, C. R. Fonseca, S. T. Meyer, S. C. Müller, P. Ceotto, L. Dadalt, G. Durigan, G. Ganade, M. M. Gossner, D. L. Guadagnin, K. Lorenzen, C. M. Jacobi, W. W. Weisser & V. D. Pillar, 2015. Conservation

in Brazil needs to include non-forest biomes. *Diversity and Distributions* 21: 1455–1460.

<https://doi.org/10.1111/ddi.12380>

Pereira, M. R., P. H. O. Hoffmann, A. Adolfo, D. A. Mendonça, S. M. Hefler, A. J. Green, L. Maltchik & C. Stenert, 2025. Epizootic dispersal of aquatic plants and algae by cattle in subtropical wetlands. *Biotropica* 57: e70043. <https://doi.org/10.1111/btp.70043>

Pillar, V. P. & O. Lange, 2015. *Os Campos do Sul*. Rede Campos Sulinos. UFRGS, Porto Alegre. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3873.3922>

R Development Core Team, 2025. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Retrieved from <https://www.R-project.org/>

Reynolds, C. S., 2006. *Ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.

Rico, Y., H. J. Boehmer & H. H. Wagner, 2014. Effect of rotational shepherding on demographic and genetic connectivity of Calcareous Grassland plants. *Conservation Biology* 28: 467–477. <https://doi.org/10.1111/cobi.12186>

Rio Grande do Sul, 2019. *Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul*. 4. ed. Secretaria do Planejamento, Orçamento e Gestão, Porto Alegre.

Salmaso, N. & J. Padisák, 2007. Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia* 578: 97–112. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0437-0>

Schupp, E. W., P. Jordano & J. M. Gómez, 2010. Seed dispersal effectiveness revisited:

a conceptual review. *New Phytologist* 188: 333–353. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03402.x>

Silva, G. G., A. J. Green, V. Weber, P. Hoffmann, A. Lovas-Kiss, C. Stenert & L. Maltchik, 2018. Whole angiosperms *Wolffia columbiana* disperse by gut passage through wildfowl in South America. *Biology Letters* 14: 20180703. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0703>

Silva, G. G., V. Weber, A. J. Green, P. Hoffmann, V. S. Silva, M. V. Volcan, L. E. K. Lanés, C. Stenert, M. Reichard & L. Maltchik, 2019. Killifish eggs can disperse via gut passage through waterfowl. *Ecology* 100: e02774. <https://doi.org/10.1002/ecy.2774>

Silva, G. G., A. J. Green, P. Hoffmann, V. Weber, C. Stenert, A. Lovas-Kiss & L. Maltchik, 2021. Seed dispersal by neotropical waterfowl depends on bird species and seasonality. *Freshwater Biology* 1: 78–88. <https://doi.org/10.1111/fwb.13615>

Soomers, H., D. J. Karssen, M. B. Soons, P. A. Verweij, J. T. A. Verhoeven & M. J. Wassen, 2013. Wind and water dispersal of wetland plants across fragmented landscapes. *Ecosystems* 16: 434–451. <https://doi.org/10.1007/s10021-012-9619-y>

Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1–38.

Wehr, J. D., R. G. Sheath & S. E. Kelley, 2015. Freshwater habitats of the world: Ecology and classification. In Wehr, J. D., R. G. Sheath & J. P. Kociolek (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. 2. ed. Academic Press, San Diego: 95–120.

Whitacre, M. K. & C. A. Call, 2006. Recovery and germinability of native seed fed to cattle. *Western North American Naturalist* 66: 121–128. [https://doi.org/10.3398/1527-0904\(2006\)66\[121:RAGONS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3398/1527-0904(2006)66[121:RAGONS]2.0.CO;2)

CAPÍTULO 2

Manuscrito submetido para a revista Freshwater Biology.

Avian-mediated microalgal dispersal in Neotropical wetlands: the case of the southern screamer (*Chauna torquata*)

Filipe Cambeiro Fatturi^{1,2}, Cíntia Negrine Fernandez^{1,3}, Pablo Santos Guimarães¹,
Cristina Stenert^{1,2}, Leandro Bugoni^{1,3} e Leonardo Maltchik^{1,2,4}

¹ Federal University of Rio Grande (FURG), Graduate Program in Biology of Continental Aquatic Environments; Rio Grande, Brazil

² National Institute for Science and Technology in Wetscapes (INCT-Wetscapes); Manaus, Brazil

³ Waterbirds and Sea Turtles Lab. Institute of Biological Sciences, Federal University of Rio Grande (FURG); Rio Grande, Brazil

⁴ Federal University of Santa Catarina (UFSC), Graduate Program Agroecology;
Florianópolis, Brazil

Correspondence: Leonardo Maltchik (maltchikleo@gmail.com);
ORCID ID:

<https://orcid.org/0000-0002-5321-7524>

Keywords: epizoochory, endozoochory, Pampas biome, Taim Ecological Station, waterbird dispersal

ABSTRACT

1. Dispersal refers to the movement of organisms among habitats across the landscape, and passive dispersal occurs when organisms or their propagules are transported by external vectors. Despite this relevance, the contribution of waterbirds to microalgal dispersal via epizoochory and endozoochory remains poorly documented. Here, we assessed the capacity of a large-bodied resident Neotropical waterbird, the southern screamer (*Chauna torquata*), to disperse microalgae through both epi- and endozoochory in wetland ecosystems.

2. The study was carried out in a Ramsar Site located in the southernmost region of Brazil. Microalgal samples were collected from a natural wetland as a reference and from two body regions (toes and feathers) of five adult individuals, as well as from 15 fresh fecal samples of the species. All samples were obtained in the same locality during the cold season.

3. A total of 92 microalgal taxa were recorded in the wetland, whereas 61 taxa (154 individuals) were detected on the toes, 44 taxa (93 individuals) on feathers, and 18 taxa (194 individuals) in feces. Microalgal richness differed among wetland, toes, feathers, and feces, with the highest richness observed in the wetland. Richness in toes and feathers exceeded that found in feces, while richness did not differ between toes and feathers. Pairwise comparisons indicated that fecal assemblages differed significantly in composition from those found in the wetland, toes, and feathers.

4. These results demonstrate that the southern screamer has a high potential to disperse microalgae through both epizoochory and endozoochory, although each pathway appears to operate under distinct selective filters.

5. Overall, this study underscores the ecological role of waterbirds in sustaining microalgal connectivity across wetland ecosystems.

Introduction

Microalgae comprise an extremely diverse group of organisms and play a key role in the primary production of continental wetlands (Reynolds 2006; Wehr et al. 2015). Although they are widely distributed geographically (van Gremberghe et al. 2011), the active mobility of microalgae is limited, and their colonization of new habitats, as well as gene flow among isolated populations, largely depends on dispersal vectors (Kristiansen 1996; Sassenhagen et al. 2015; Tesson et al. 2016, 2018).

Dispersal refers to the movement of organisms among habitats across the landscape, whereas passive dispersal occurs when organisms and/or their propagules are transported by external vectors. These vectors may be physical or biological, including wind (anemochory), water (hydrochory), and animals (zoochory) (Soomers et al. 2013; Green et al. 2022). Animal-mediated dispersal may occur via epizoochory, when propagules adhere to integument, fur, feathers, or beaks, or via endozoochory, when propagules are transported through the digestive tract. In South American wetlands, passive dispersal of seeds and aquatic invertebrates has been documented in waterbirds, capybaras, coypus, and otters (Coughlan et al. 2017; Silva et al. 2018; Green et al. 2023; Hoffmann et al. 2024, 2025; Navarro-Ramos et al. 2024).

In waterbirds, the relevance of dispersal through epizoochory and endozoochory may vary among species and according to propagule characteristics (Wehr et al. 2015; Mogles et al. 2018; Carbonell et al. 2021; Fernandez et al. 2021; Martín-Vélez et al. 2022; Almeida et al. 2025). However, comparative studies assessing the efficiency of higher plant and invertebrate dispersal via epi- and endozoochory have been conducted mainly in passerines (Brochet et al. 2010; Costa et al. 2014) and wild mammals (Albert et

al. 2015; Chuong et al. 2016; Martin et al. 2022; Tomowski et al. 2025). For waterbird-mediated seed dispersal, transport appears more frequent through endozoochory (Green et al. 2023). Nonetheless, information regarding the role of waterbirds in algal dispersal via epizoochory and endozoochory remains scarce (Proctor 1959; Schlichting 1960; Atkinson 1971; Green et al. 2023).

In the case of microalgae, morpho-functional traits may act as ecological filters, indicating which taxa are more likely to be dispersed by animal vectors. The analysis of *Diplosphaera chodatii* by Medwed et al. (2021) identified morpho-functional traits associated with adhesion and retention on biological substrates, as well as high resistance to desiccation. Traits such as mucilage and capsule production (e.g., *Nitzschia*, *Trachelomonas*), colony formation (e.g., *Scenedesmus*, *Pediastrum*), and resistant forms (cysts/spores) may increase the likelihood of external retention and gut passage, allowing susceptibility to epizoochory and endozoochory to be inferred (Reynolds 2006; Litchman and Klausmeier 2008; Kruk et al. 2010; Wehr et al. 2015). Adhesion to feathers and legs/feet may be enhanced by extracellular proteoglycans in diatoms (Lind et al. 1997), while mucilage may increase adherence and act as a buffer against desiccation (Lewis and Flechtner 2004; Wehr et al. 2015).

Here, we evaluated the ability of a Neotropical aquatic bird, the southern screamer (*Chauna torquata*), to disperse microalgae through both epizoochory and endozoochory in Neotropical wetlands. The southern screamer (as well as the three species of Anhimidae) is a South American endemic, abundant in the subtropical grasslands of southern Brazil (Fontana et al. 1994; Fernandez et al. 2021). Although belonging to the order Anseriformes, screamers lack interdigital membranes, but are capable of swimming when

under threat. Nests are constructed as floating platforms over water, usually within dense macrophyte stands, and chicks are nidifugous (Brady 2020). The southern screamer (hereafter screamer) exhibits a predominantly herbivorous diet, feeding largely on aquatic macrophytes such as *Eichhornia crassipes*, *Egeria densa*, *Hydrocotyle ranunculoides*, and *Myriophyllum aquaticum*, as well as on associated periphytic material (Pereyra 1942; Valle 1991). Foraging commonly occurs by grazing on macrophyte stands and along wetland margins, increasing contact of feet and plumage with biofilms and periphyton (Valle 1991; Fernandez et al. 2021). The species also makes extensive use of terrestrial habitats, often with water-clogged soils, where it grazes alongside cattle and sheep (Fernandez et al. 2021). In addition, screamers perform daily movements between roosting and foraging areas (Valle 1991).

The ecology and lifestyle of screamers suggest a strong potential for microalgal dispersal through both epi- and endozoochory. Frequent contact of feet and feathers with surface biofilms and with submerged and floating macrophytes may facilitate external transport of colonial, filamentous, and diatomaceous forms capable of adhesion and resistance to short periods of desiccation (Lind et al. 1997; Lewis and Flechtner 2004; Wehr et al. 2015). Likewise, ingestion of macrophytes hosting dense epiphytic communities (epiphyton) may promote the indirect intake of microalgae and resistant forms into the digestive tract, which can later be transported to other water bodies via excreta (Reynolds 2006; Brochet et al. 2010; Wehr et al. 2015). In this context, we tested the following hypotheses: 1. screamers disperse microalgae through both endozoochory and epizoochory; 2. microalgal richness dispersed by screamers is greater via epizoochory than via endozoochory; and 3. the taxonomic and functional composition of microalgae dispersed by

screamers differs between epi- and endozoochory.

Methods

Study area

The study was conducted at the Taim Ecological Station (ESEC Taim), a Ramsar Site located in the southernmost region of Brazil. ESEC Taim lies within the Pampas biome, approximately 500 km from Uruguay, and covers an area of 32,797 ha. The Pampas biome is a vast grassland formation extending across southern Brazil, Uruguay, and Argentina, historically exploited for cattle grazing and more recently for agriculture, which makes it a biome under severe threat. ESEC Taim encompasses a mosaic of isolated wetlands of varying sizes and hydrological regimes (permanent and intermittent). These habitats hold high ecological and hydrological importance, functioning as water retention zones, regulators of hydrological flows, providers of aquatic biodiversity support, and maintainers of regional ecological connectivity (Convention on Wetlands 2025). The climate is humid subtropical, with a mean annual temperature of 18 °C and annual precipitation ranging from 1,000 to 1,500 mm, evenly distributed throughout the year (Tomazelli et al. 2000). The vegetation is dominated by natural grasslands of the Pampas biome, associated with aquatic macrophyte communities.

Sampling design

Qualitative samples of microalgae were collected at three equidistant sampling points (300 m apart) within a permanent wetland inside ESEC Taim. At each sampling point, microalgae were collected using a 20 µm plankton net, manually towed at the subsurface

layer of the water column for 15 m. In addition, macrophytes were washed and the detached sediments were collected to include periphytic and benthic algae. All concentrated material was transferred into 50 mL tubes.

Quantitative samples of microalgae adhered to the body surface and contained in the feces of screamers were collected from different individuals during the cold season (between May and August 2025). Algae adhered to the birds' bodies were collected from two body regions of five different adult individuals: (i) the toes, which remain in direct contact with water and sediment during locomotion, and (ii) the ventral plumage (feathers), which frequently contacts the water surface and aquatic vegetation during resting and foraging activities. Microalgae were collected by gentle directed washing with distilled water jets applied using a wash bottle directly over the selected regions. The washing water was collected using adapted funnels made from 2 L PET bottles cut and molded into semicircular shapes to fit the anatomical contour of each sampled region. A 50 mL centrifuge tube was attached to the lower end of each funnel to collect the detached material. After each washing, all equipment was carefully rinsed with distilled water to avoid cross-contamination between individuals. Control samples (open 50 mL centrifuge tubes with distilled water) collected near each bird showed no microalgae, confirming that windborne contamination did not occur during sampling.

A total of 15 fresh fecal samples were collected along the wetland margin (within 30 m from the shore), at least 4 m apart from each other, to reduce the likelihood of sampling feces from the same individual, in places used as foraging or roosting sites by screamers. From each fecal sample, a subsample of approximately 1 g was taken, from which 0.1 g was diluted in 10 mL of water. From the initial 10 mL, a 1 mL aliquot was removed,

leaving 9 mL of sample. To this, 1 mL of neutral red solution (400 µg/L) was added, totaling 10 mL for viable cell staining.

Cell viability was assessed based on the integrity of the main structural components. Cells displaying an intact cell wall, well-preserved organelles, particularly the chloroplast, and cytoplasm were considered viable. Additionally, the cellular viability of microalgae in feces was assessed using the neutral red staining technique, which allows discrimination between live and dead cells based on cytoplasmic coloration (da Luz et al. 2016). This approach enabled the detection of potentially viable structures with colonization capacity after passage through the avian digestive tract. All samples were fixed in 4% (v/v) formaldehyde and stored at room temperature until analysis. The samples stained with neutral red were fixed two hours after exposure.

Microalgal richness was assessed in the wetland samples, and two slides (for qualitative and quantitative analysis) were prepared from the zoochorous samples (epi- and endozoochory) under an optical microscope (Olympus CX21). Taxonomic identification was carried out to the lowest possible level, based on specialized literature and the AlgaeBase database (Guiry and Guiry 2025). Fieldwork was conducted in accordance with current Brazilian legislation, with permission from the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation—ICMBio/SISBIO (License no. 88630-5) and approval from the Ethics Committee CEUA/FURG (No. Pq031/2024).

Data analysis

Microalgal taxa were grouped into five morpho-functional groups: 1) Pennate Diatoms (PD), 2) Unicellular Mixotrophic Flagellates (UMF), 3) Unicellular Green Algae

(UG), 4) Filamentous Algae (FA), and 5) Colonial and Mucilaginous Colonial Algae (CMA), adapted from Salmaso and Padisák (2007) and Kruk et al. (2010).

We used a generalized linear model (GLM) to evaluate the effect of treatment (wetland, toes, feathers, and feces) on total microalgal richness. Because algae from toes and feathers were sampled from the same individual, sample ID was included as a random effect in an additional generalized linear mixed-effects model (GLMM). As richness is a discrete variable, models were fitted using a negative binomial distribution with a log link function, after diagnostic tests indicated no overdispersion under this distribution. The full model (GLMM) was compared with the reduced model (GLM without the random effect) using a likelihood ratio test (LRT). When the test indicated a significant improvement in model fit ($p < 0.05$), the model including the random effect was retained; otherwise, the simpler GLM was preferred. Significant differences among treatment groups were examined using Tukey's post hoc test. In addition, a chi-square test of association (contingency table) was performed to assess whether the frequency of microalgal taxa within each functional group differed among the wetland, toes, feathers, and feces.

To assess variation in the microalgal composition among wetland, toes, feathers, and feces of screamers, we used principal coordinate analysis (PCoA) and permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) using the Jaccard distance matrix (presence-absence) and 999 permutations to validate the model significance. Permutations were constrained within individuals to account for the non-independence of paired samples (toes and feathers from the same bird), whereas independent samples (wetland and feces) were permuted freely within a common stratum. Homogeneity of multivariate dispersion among treatments was evaluated with the betadisper method from

the vegan package (Oksanen et al. 2024). Additionally, a multi-level pattern analysis (De Cáceres and Legendre 2009) was performed to identify associations between taxa occurrence and specific combinations of study groups. The statistical significance of each association was tested with 999 permutations, and taxa with $p < 0.05$ were considered significant indicators of a particular group or combinations of groups (wetland, toes, feathers, and feces). All statistical analyses were conducted in R v 4.4.0 (R Development Core Team 2024).

Results

Community structure and function

A total of 139 microalgal taxa were found in the study, of which 103 were identified to the species level and 36 to the genus level. The genera with the highest number of species were *Nitzschia* (17 species) and *Cosmarium* (11 species), followed by *Closterium*, *Navicula*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Staurodesmus*, and *Trachelomonas*, each represented by four species (Supplementary Table S1). Regarding morpho-functional groups, 38 taxa were classified as pennate diatoms (PD), 31 taxa as filamentous algae (FA), 30 taxa as colonial and mucilaginous colonial algae (CMA), 29 taxa as unicellular green algae (UG), and 11 taxa as unicellular mixotrophic flagellates (UMF) (Supplementary Table S1).

Wetland, epizoochory and endozoochory

From the total of 139 microalgal taxa recorded in this study, 92 were found in the wetland, 61 taxa and 154 individuals on the toes, 44 taxa and 93 individuals on the feathers, and 18 taxa and 194 individuals in the feces, totaling 441 viable individuals overall.

Among these, 44 taxa were exclusive to the wetland, 22 occurred only on the toes, 11 only on the feathers, and five were shared between toes and feathers. Of the 92 taxa recorded in the wetland, 16 taxa (17.4%) were also found on the toes, nine taxa (9.8%) on the feathers, and 14 taxa (15.2%) on both toes and feathers. Regarding endozoochory, six taxa were found exclusively in feces (*Coleochaete* sp., *Synechocystis* sp., *Gomphosphaeria* sp., *Microspora* sp., *Leptolyngbya* sp., and *Trachelomonas volvocina*), and three taxa were shared between feces and feathers (*Eutetramorus* sp., *Scenedesmus bijugatus*, and *Cosmarium laeve*). Among the taxa recorded in the wetland, five taxa (5.4%) were detected in feces, and four taxa (4.3%) occurred in both feces and feathers and/or toes. Two taxa accounted for 75.8% of all microalgal found in feces (*Pleurocapsa fuliginosa* and *Oedogonium* sp.). Three algal cysts were recorded, one of which belonged to *Oedogonium* sp.

Microalgal richness, and taxonomic and functional composition among wetland and waterbirds

Since the random effect did not significantly improve model fit ($\chi^2 = 1.125$, $p = 0.288$), the simpler GLM was selected. Microalgal richness differed among the wetland, toes, feathers, and feces, with the highest richness observed in the wetland (GLM, $\chi^2 = 120.59$, $df = 3$, $p < 0.001$). Richness on the toes and feathers was significantly higher than in the feces ($p < 0.05$), whereas no significant difference was found between toes and feathers of screamers ($p > 0.05$; Figure 1).

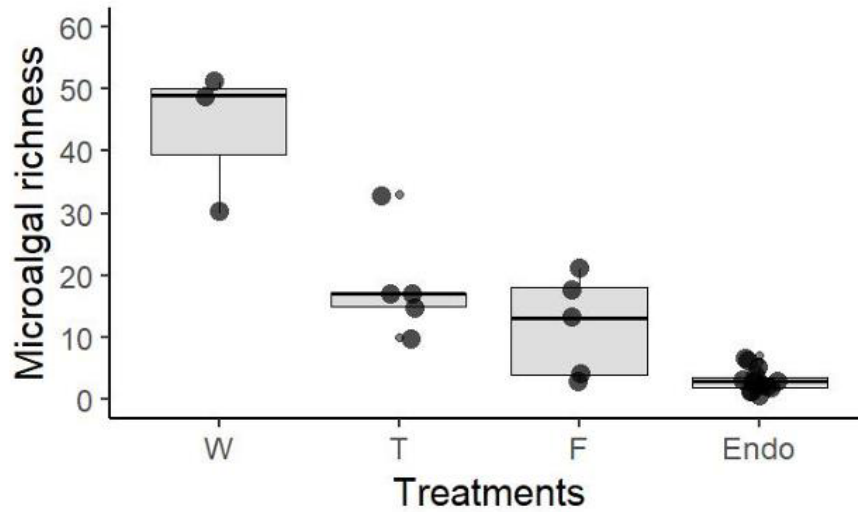


Figure 1. Microalgal richness variation among wetland (W), feathers (F) and toes (T) (n = 5 birds sampled) and feces (Endo) (n = 15) of southern screamers (*Chauna torquata*) in a southern Brazilian wetland.

The taxonomic composition of microalgal differed significantly among the wetland, toes, feathers, and feces ($R^2 = 0.358$, $F_{3,24} = 4.469$, $p < 0.001$) (Figure 2). This variation was not influenced by differences in within-group dispersion of beta diversity, as indicated by the Betadisper analysis ($F_{3,24} = 1.175$, $p = 0.334$). Pairwise comparisons revealed that the composition of microalgal found in feces differed significantly from that found in the wetland, toes, and feathers ($p < 0.05$). In contrast, the composition of microalgal observed on the toes and feathers was similar to each other and did not differ from that of the wetland ($p > 0.05$; Figure 2). Although 18 microalgal taxa were associated with a single group (wetland, toes, or feces), 11 taxa were linked to two groups (wetland + feathers, wetland + toes, or feathers + toes), and five taxa were associated with three groups (wetland + feathers + toes), as identified by the multilevel pattern analysis (Table 1).

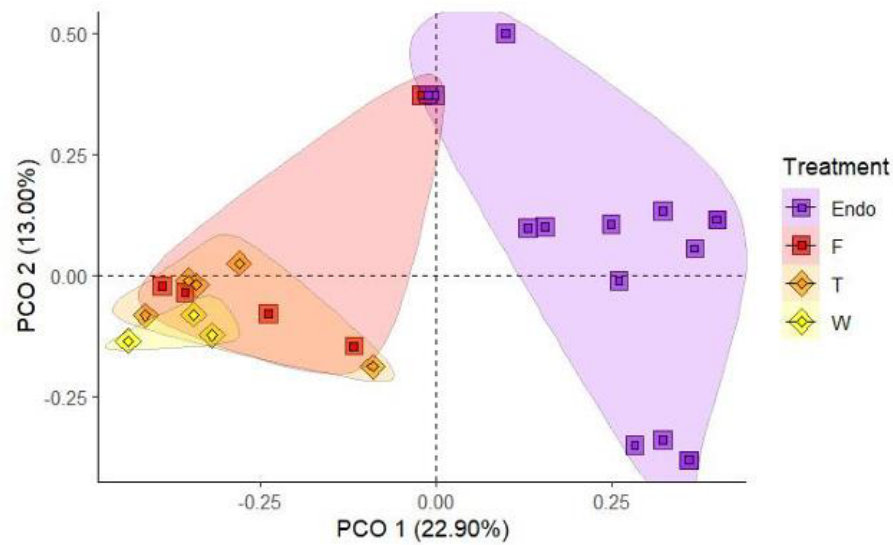


Figure 2. PCoA plot showing the microalgal composition variation among wetland (W), feathers (F) and toes (T) (n = 5 birds sampled) and feces (Endo) (n = 15) of southern screamers (*Chauna torquata*) at Taim Ecological Station, in southern Brazil

Table 1. Summary of the Multilevel Pattern Analysis showing the associations between microalgal taxa occurrence and specific combinations of study groups (wetland, feathers, toes and feces) of southern screamers (*Chauna torquata*) sampled in southern Brazil in 2025. Significance levels: $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$

Group	Microalgal taxa	IndVal statistic (stat)	p
Wetland	<i>Staurastrum manfeldtii</i>	0.866	0.003**
	<i>Merismopedia glauca</i>	0.816	0.010**
	<i>Zygnema</i> sp.	0.816	0.008**
	<i>Melosira</i> sp.	0.816	0.010**
	<i>Oscillatoria princeps</i>	0.816	0.010**
	<i>Nitzscha filiformis</i>	0.816	0.017*
	<i>Nitzschia gracilis</i>	0.816	0.010**
	<i>Euastrum</i> sp.	0.816	0.010**
	<i>Desmodesmus communis</i>	0.667	0.028*
	<i>Pediastrum duplex</i>	0.667	0.033*
	<i>Scenedesmus linearis</i>	0.667	0.028*
	<i>Geitlerinema</i> sp.	0.667	0.038*
	<i>Closterium parvulum</i>	0.667	0.033*
	<i>Cosmarium subtumidum</i>	0.667	0.035*
	<i>Cosmarium venustum</i>	0.667	0.033*
	<i>Euglena ehrenbergii</i>	0.667	0.028*
Feces	<i>Pleurocapsa</i> sp.	0.800	0.039*
Toes	<i>Eunotia sigmoidea</i>	0.894	0.001***
Wetland + Feathers	<i>Navicula</i> sp.	0.791	0.004**
	<i>Gonatozygon monotaenium</i>	0.632	0.039*
Wetland + Toes	<i>Aulacoseira granulata</i>	0.722	0.013*
	<i>Gyrossigma acuminatum</i>	0.722	0.014*
	<i>Pandorina morum</i>	0.707	0.008**
	<i>Pinnularia gibba</i>	0.707	0.013*
	<i>Nitzschia reversa</i>	0.707	0.010**
	<i>Hyalotheca</i> sp.	0.632	0.030*
	<i>Spirogyra</i> sp.	0.632	0.044*
	<i>Hantzschia amphioxys</i>	0.612	0.046*
Feathers + Toes	<i>Nitzschia filiformis</i>	0.707	0.009**
Wetland + Feathers + Toes	<i>Nitzschia palea</i>	0.832	0.001***
	<i>Oscillatoria</i> sp.	0.784	0.003**
	<i>Pinnularia sudetica</i>	0.734	0.005**
	<i>Anabaena</i> sp.	0.679	0.032*
	<i>Diadesmis confervaceae</i>	0.679	0.021*

The proportion of microalgal taxa across the five morpho-functional groups differed among wetland, toes, feathers and feces of screamers ($\chi^2 = 26.488$, $df = 12$, $p = 0.009$). While the proportion of taxa belonging to the colonial and mucilaginous colonial algae was higher in the feces, the proportion of taxa belonging to the pennate diatoms was higher on the toes. The proportion of unicellular mixotrophic flagellates and unicellular green algae taxa was higher in the wetland (Figure 3).

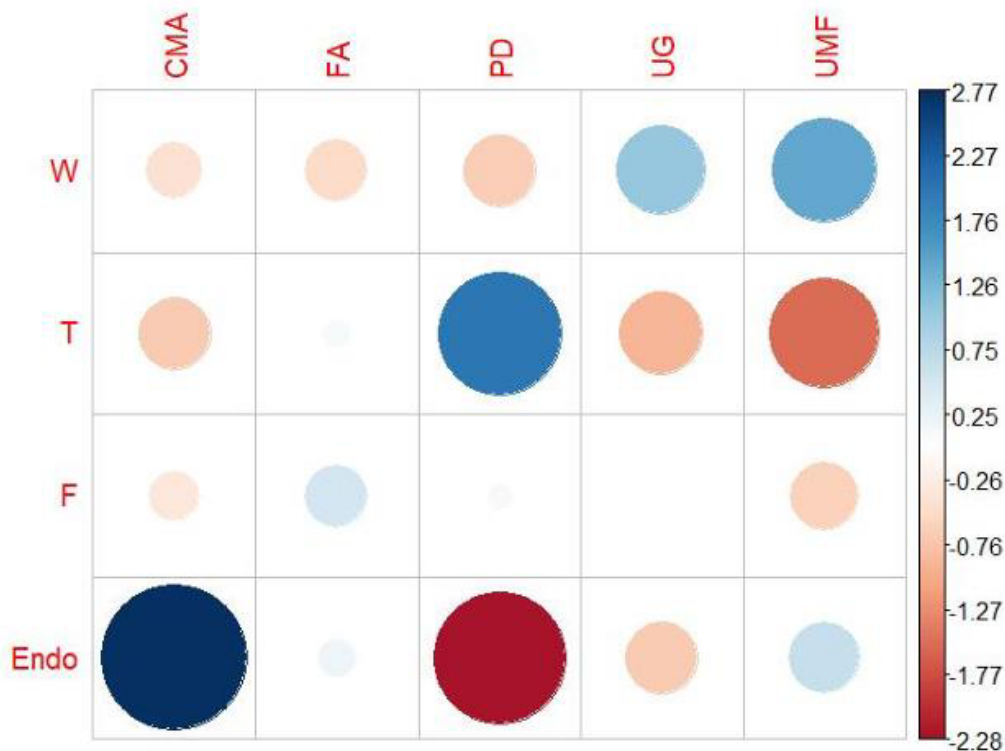


Figure 3. Proportion of microalgal taxa of five morpho-functional groups among wetland (W), feathers (F) and toes (T) ($n = 5$ birds sampled) and feces (Endo) ($n = 15$) of southern screamers (*Chauna torquata*) in a southern Brazilian wetland.

Discussion

Our study demonstrated that southern screamer has a strong potential to disperse microalgal via both epizoochory and endozoochory, although each pathway involves distinct selective filters. Moreover, this study showed that waterbirds disperse diverse morpho-functional groups of microalgal, such as pennate diatoms, filamentous algae, colonial and mucilaginous colonial algae, unicellular green algae, and mixotrophic flagellates. Green et al. (2023) emphasized the limited number of studies investigating microalgal dispersal by waterbirds, referencing early contributions by Proctor (1959), Schlichting (1960) and Atkinson (1971). Our results contribute to expanding the list of viable microorganisms known to be dispersed by these organisms. This study may be considered one of the first records of microalgal dispersal by aquatic birds through two distinct mechanisms: epi- and endozoochory. Moreover, the study demonstrated an intense and regular mechanism for a vast range of microalgae species, mediated for a bird living in the aquatic and terrestrial ecotone, rather than an occasional event. However, there are still no data from other studies corroborating the potential of aquatic birds to disperse microalgal, including whether the genera *Nitzschia* and *Cosmarium* indeed have the highest dispersal potential among them. These findings may serve as hypotheses to be tested in future research.

This high dispersal ability reinforces the non-classical dispersal syndrome, suggesting that zoochory is an important vector for aquatic organisms in wetlands (Green et al. 2023). Studies on aquatic bird-mediated dispersal mark an important step in ecological

research, as they go beyond the classical concept of frugivorous birds dispersing fleshy and colorful fruits (Green et al. 2023; Messeder et al. 2025). Thus, aquatic birds could disperse seeds of angiosperms with fleshy and colorful fruits (Orlowski et al. 2016), but also microalgal (Ellegaard and Ribeiro 2018), seeds of plants without colorful fruits (Silva et al. 2021; Lovas-Kiss et al. 2023), whole plants (Lovas-Kiss et al. 2018; Silva et al. 2018), invertebrates (Robertson et al. 2021), and fish eggs (Silva et al. 2019; Lovas-Kiss et al. 2020).

Our results showed that the richness of microalgal dispersed by southern screamers was higher via epizoochory than via endozoochory (unlike the dispersal of angiosperm seeds, Green and Wilkinson 2024), and that the dispersed assemblages differed between these two mechanisms. This species remains closely associated with surface water in wetlands, and the likelihood of algae adhering to its toes and dorsal feathers is high. Pennate diatoms predominated on the toes, reflecting their epiphytic habit and the adhesive capacity conferred by their siliceous frustules and mucilage secretion (Letáková et al. 2018). The similarity between microalgal dispersed through epizoochory and those present in the wetland environment indicates that adhered taxa mainly originate from direct contact with the water surface and macrophyte biofilms. In contrast, the differences in composition between microalgal dispersed via the digestive tract and those dispersed externally suggest that the endozoochorous taxa largely correspond to epiphytic species ingested along with the macrophytes used as food. These findings reveal two complementary filters in microalgal dispersal by aquatic birds: while epizoochory favors taxa with adhesive traits and desiccation resistance (Tesson et al. 2018), endozoochory selects for protected forms and resistant stages capable of enduring adverse conditions derived from internal gut transit and digestive

processes of birds.

The lower richness and distinct composition of microalgal dispersed through the digestive tract compared to external transport may result from the low resistance of many species to gut passage (Atkinson 1972; Tesson et al. 2016). Colonial/mucilaginous (CMA) and filamentous (FA) algae, as well as microalgal forming cysts (e.g., *Oedogonium* sp.), possess capsules, sheaths, or segmented thalli that provide mechanical and physiological protection during intestinal transit and temporary exposure to outside water (Atkinson 1972; Souffreau et al. 2013; Tesson et al. 2016). Cyst formation is considered an adaptation to adverse conditions (Anderson and Wall 1978), and microalgal with thick, mechanically resistant cell walls (Kokinos et al. 1998) have greater chances of surviving gut passage than vegetative cells (Kremp et al. 2003; Tesson et al. 2018).

Information on population size and flight distances of screamers is scarce in the literature; however, field observations in southern Brazil indicate that this species is abundant and performs short flights restricted to foraging areas, staying year-round at the same places, with fixed territories during breeding. Our results show that screamers act as an important vector for short-distance dispersal of microalgal, potentially promoting progressive transport of propagules among isolated wetlands. This mechanism, known as step-by-step dispersal (Coughlan et al. 2015, 2017), may enhance connectivity among microalgal populations and sustain gene flow and colonization processes at a local scale (Rengefors et al. 2012; Sassenhagen et al. 2015). Despite its limited movement range, the high abundance of screamers in the study area suggests that microalgal dispersal mediated by this waterbird species, and potentially many others, may occur frequently and in multiple directions, forming a regional dispersal network.

Acknowledgements

L.M., C.S. and L.B. hold Research Productivity Grants from CNPq [grant numbers 307455/2021-1, 304735/2025-6 and 310145/2022-8]. CAPES granted a Master scholarship to F.F. and a Doctoral scholarship to C.N.F.

Author contribution statement: Conceptualisation: FCF, LM. Developing methods: FCF, CNF, PSG. Data analysis: FCF, CS. Preparation of figures and tables: FCF, CS.

Conducting the research, data interpretation, writing: FCF, CNF, PSG, CS, LB, LM.

Data Availability Statement: Data are available from the authors upon reasonable request.

Conflict of Interest Statement: The authors declare no conflicts of interest.

Ethics Approval Statement: The procedures employed were ethically reviewed and approved by the Ethics Committee CEUA/FURG (No. Pq031/2024). Fieldwork was conducted in accordance with current Brazilian legislation, with permission from the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation – ICMBio/SISBIO (License no. 88630-5).

References

Albert, A., Auffret, A. G., Cosyns, E., Cousins, S. A., D'hondt, B., Eichberg, C., ... and Baltzinger, C. 2015. Seed dispersal by ungulates as an ecological filter: A trait-based meta-analysis. *Oikos* 124: 1109-1120. <https://doi.org/10.1111/oik.02512>

Almeida, B. A., Silva, G. G., Costea, M., Maltchik, L., De La Cruz, S. E., Takekawa, J. Y., and Green, A. J. 2025. Waterfowl endozoochory: traits drive plant–bird dispersal interactions in North America. *Freshwater Biology* 70: e70027. <https://doi.org/10.1111/fw.b.70027>

- Atkinson, K. M. 1971. Further experiments in dispersal of phytoplankton by birds. *Wildfowl* 22: 98-99.
- Atkinson, K. M. 1972. Birds as transporters of algae. *British Phycological Journal* 7: 319-321.
- Anderson, D. M., and Wall, D. 1978. Potential importance of benthic cysts of *Gonyaulax tamarensis* and *G. excavata* in initiating toxic dinoflagellate blooms 1, 2, 3. *Journal of Phycology* 14: 224-234.
- Brady, S. 2020. Southern screamer (*Chauna torquata*), version 1.0. In: Birds of the world (Ed.: T. S. Schulenberg). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.souscr1.01>
- Brochet, A. L., Guillemain, M., Fritz, H., Gauthier-Clerc, M., and Green, A. J. 2010. Plant dispersal by teal (*Anas crecca*) in the Camargue: duck guts are more important than their feet. *Freshwater Biology* 55: 1262-1273. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02350.x>
- Carbonell, J. A., Céspedes, V., and Green, A. J. 2021. Is the spread of the alien water boatman *Trichocorixa verticalis verticalis* (Hemiptera, Corixidae) aided by zoochory and drought resistant eggs?. *Freshwater Biology* 66: 409-420. <https://doi.org/10.1111/fwb.13647>
- Chuong, J., Huxley, J., Spotswood, E. N., Nichols, L., Mariotte, P., and Suding, K. N. 2016. Cattle as dispersal vectors of invasive and introduced plants in a California annual grassland. *Rangeland Ecology and Management* 69: 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2015.10.009>
- Convention on Wetlands. 2025. *Global Wetland Outlook 2025: Valuing, conserving,*

restoring and financing wetlands. Secretariat of the Convention on Wetlands.
https://www.global-wetland-outlook.ramsar.org/s/GWO2025_eng.pdf

Costa, J. M., Ramos, J. A., da Silva, L. P., Timoteo, S., Araújo, P. M., Felgueiras, M. S., ... and Heleno, R. H. 2014. Endozoochory largely outweighs epizoochory in migrating passerines. *Journal of Avian Biology* 45: 59-64. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2013.00271.x>

Coughlan, N. E., Kelly, T. C., and Jansen, M. A. K. 2015. Mallard duck (*Anas platyrhynchos*)-mediated dispersal of Lemnaceae: a contributing factor in the spread of invasive *Lemna minuta*?. *Plant Biology* 17: 108-114. <https://doi.org/10.1111/plb.12182>

Coughlan, N. E., Kelly, T. C., Davenport, J., and Jansen, M. A. 2017. Up, up and away: Bird-mediated ectozoochorous dispersal between aquatic environments. *Freshwater Biology* 62: 631-648. <https://doi.org/10.1111/fwb.12894>

da Luz, D. S., Da Silva, D. G., Souza, M. M., Giroldo, D., and Martins, C. D. M. G. 2016. Efficiency of Neutral Red, Evans Blue and MTT to assess viability of the freshwater microalgal *Desmodesmus communis* and *Pediastrum boryanum*. *Phycological Research* 64: 56-60. <https://doi.org/10.1111/pre.12114>

De Cáceres, M., and Legendre, P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* 90: 3566-3574. <https://doi.org/10.1890/08-1823.1>

Ellegaard, M., and Ribeiro, S. 2018. The long-term persistence of phytoplankton resting stages in aquatic ‘seed banks’. *Biological Reviews* 93: 166-183. <https://doi.org/10.1111/brv.12338>

- Fernandez, C. N., Robe, L. J., and Bugoni, L. 2021. Diet and trophic niche overlap among a native waterbird and two non-native herbivores in Pampas grasslands. *Food Webs* 28: e00201. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2021.e00201>
- Fontana, C. S., Cademartori, C. V., Ramos, R. A., Drehmer, C. J., and Tavares, A. E. 1994. Abundância relativa de *Chauna torquata* (Oken, 1816) (Aves, Anhimidae) em terras úmidas do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências* 2: 125-133.
- Green, A. J., Baltzinger, C., and Lovas-Kiss, Á. 2022. Plant dispersal syndromes are unreliable, especially for predicting zoochory and long-distance dispersal. *Oikos* 2022: e08327. <https://doi.org/10.1111/oik.08327>
- Green, A. J., Lovas-Kiss, Á., Reynolds, C., Sebastián-González, E., Silva, G. G., van Leeuwen, C. H., and Wilkinson, D. M. 2023. Dispersal of aquatic and terrestrial organisms by waterbirds: A review of current knowledge and future priorities. *Freshwater Biology* 68: 173-190. <https://doi.org/10.1111/fwb.14038>
- Green, A. J., and Wilkinson, D. M. 2024. Darwin's digestion myth: historical and modern perspectives on our understanding of seed dispersal by waterbirds. *Seeds* 3: 505-527. <https://doi.org/10.3390/seeds3040034>
- Guiry, M. D., and Guiry, G. M. 2025. AlgaeBase. World-wide electronic publication. University of Galway. Retrieved October 20, 2025, from <https://www.algaebase.org>
- Hoffmann, P. H. D. O., Adolfo, A., Green, A. J., Stenert, C., Silva, G. G., Weber, V., and Maltchik, L. 2024. Big rodents disperse small seeds and spores in Neotropical wetlands. *Journal of Ecology* 112: 1743-1757. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14349>

- Hoffmann, P., Adolfo, A., Green, A. J., and Maltchik, L. 2025. Secondary dispersal of wetland plants by Neotropical otters. *Freshwater Biology* 70: e70013. <https://doi.org/10.1111/fwb.70013>
- Kremp, A., Shull, D. H., and Anderson, D. M. 2003. Effects of deposit-feeder gut passage and fecal pellet encapsulation on germination of dinoflagellate resting cysts. *Marine Ecology Progress Series* 263: 65-73.
- Kristiansen, J. 1996. *Biogeography of freshwater algae*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Kruk, C., Huszar, V. L., Peeters, E. T., Bonilla, S., Costa, L., Lüring, M., ... and Scheffer, M. 2010. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology* 55: 614-627. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02298.x>
- Kokinos, J. P., Eglinton, T. I., Goñi, M. A., Boon, J. J., Martoglio, P. A., and Anderson, D. M. 1998. Characterization of a highly resistant biomacromolecular material in the cell wall of a marine dinoflagellate resting cyst. *Organic Geochemistry* 28: 265-288. [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(97\)00134-4](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(97)00134-4)
- Litchman, E., and Klausmeier, C. A. 2008. Trait-based community ecology of phytoplankton. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 615-639. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173549>
- Letáková, M., Fránková, M., and Pouličková, A. 2018. Ecology and applications of freshwater epiphytic diatoms. *Cryptogamie, Algologie* 39: 3-22. <https://doi.org/10.7872/crya/v39.iss1.2018.3>

- Lewis, L. A., and Flechtner, V. R. 2004. Cryptic species of *Scenedesmus* (Chlorophyta) from desert soil communities of western North America. *Journal of Phycology* 40: 1127-1137. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2004.03235.x>
- Lind, J. L., Heimann, K., Miller, E. A., Van Vliet, C., Hoogenraad, N. J., and Wetherbee, R. 1997. Substratum adhesion and gliding in a diatom are mediated by extracellular proteoglycans. *Planta* 203: 213-221.
- Lovas-Kiss, Á., Vizi, B., Vincze, O., Molnár V., A., and Green, A. J. 2018. Endozoochory of aquatic ferns and angiosperms by mallards in Central Europe. *Journal of Ecology* 106: 1714-1723. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12913>
- Lovas-Kiss, Á., Vincze, O., Löki, V., Pallér-Kapusi, F., Halasi-Kovács, B., Kovács, G., ... and Lukács, B. A. 2020. Experimental evidence of dispersal of invasive cyprinid eggs inside migratory waterfowl. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117: 15397-15399. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004805117>
- Lovas-Kiss, Á., Martín-Vélez, V., Brides, K., Wilkinson, D. M., Griffin, L. R., and Green, A. J. 2023. Migratory geese allow plants to disperse to cooler latitudes across the ocean. *Journal of Biogeography* 50: 1602-1614. <https://doi.org/10.1111/jbi.14674>
- Martín-Vélez, V., Montalvo, T., Afán, I., Sánchez-Márquez, A., Aymí, R., Figuerola, J., ... and Navarro, J. 2022. Gulls living in cities as overlooked seed dispersers within and outside urban environments. *Science of the Total Environment* 823: 153535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153535>
- Martin, B. C., Hagy, H. M., Askren, R. J., and Osborne, D. C. 2022. Large-scale assessment

of rapid monitoring methods for estimating moist-soil seed production. *Journal of Fish and Wildlife Management* 13: 144-154. <https://doi.org/10.3996/JFWM-21-085>

Medwed, C., Holzinger, A., Hofer, S., Hartmann, A., Michalik, D., Glaser, K., and Karsten, U. 2021. Ecophysiological, morphological, and biochemical traits of free-living *Diplosphaera chodatii* (Trebouxiophyceae) reveal adaptation to harsh environmental conditions. *Protoplasma* 258: 1187-1199. <https://doi.org/10.1007/s00709-021-01620-6>

Messeder, J. V. S., Vizzachero, B. S., Morales, J. M., Ma, H., and Carlo, T. A. 2025. Rethinking the role of colour in avian fruit choices and foraging mechanisms. *Functional Ecology* 39: 3325-3338. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.70156>

Mogles, N., Padget, J., Gabe-Thomas, E., Walker, I., and Lee, J. 2018. A computational model for designing energy behaviour change interventions. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 28: 1-34. <https://doi.org/10.1007/s11257-017-9199-9>

Navarro-Ramos, M. J., Green, A. J., de Vries, R., and van Leeuwen, C. H. 2024. Float, fly, then sink: Wetland plant seed buoyancy is lost after internal dispersal by waterbirds. *Hydrobiologia* 851: 4033-4048. <https://doi.org/10.1007/s10750-024-05561-y>

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., ... O'Hara, R. B. 2024. Vegan: community ecology package (ver. 2.6-6).

Orłowski, G., Czarnecka, J., Goławski, A., Karg, J., and Panek, M. 2016. The effectiveness of endozoochory in three avian seed predators. *Journal of Ornithology* 157: 61-73. <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1248-8>

- Pereyra, J. A. 1942. Miscelánea ornitológica. *El Hornero* 008: 218-231.
- Proctor, V. W. 1959. Dispersal of fresh-water algae by migratory water birds. *Science* 130: 623-624.
- R Development Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Rengefors, K., Weyhenmeyer, G. A., and Bloch, I. 2012. Temperature as a driver for the expansion of the microalga *Gonyostomum semen* in Swedish lakes. *Harmful Algae* 18: 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2012.04.005>
- Reynolds, C. S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Robertson, A. L., Perkins, D. M., England, J., and Johns, T. 2021. Invertebrate responses to restoration across benthic and hyporheic stream compartments. *Water* 13: 996. <https://doi.org/10.3390/w13070996>
- Salmaso, N., and Padisák, J. 2007. Morpho-functional groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia* 578: 97-112. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0437-0>
- Sassenhagen, I., Seftom, J., Godhe, A., and Rengefors, K. 2015. Germination and colonization success of *Gonyostomum semen* (Raphidophyceae) cysts after dispersal to new habitats. *Journal of Plankton Research* 37: 857-861. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbv067>
- Schlichting, H. E. 1960. The role of waterfowl in the dispersal of algae. *Transactions of the*

American Microscopical Society 79: 160-166.

Silva, G. G., Green, A. J., Weber, V., Hoffmann, P., Lovas-Kiss, Á., Stenert, C., and Maltchik, L. 2018. Whole angiosperms *Wolffia columbiana* disperse by gut passage through wildfowl in South America. *Biology Letters* 14: 20180703. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0703>

Silva, G. G., Weber, V., Green, A. J., Hoffmann, P., Silva, V. S., Volcan, M. V., ... and Maltchik, L. 2019. Killifish eggs can disperse via gut passage through waterfowl. *Ecology* 100: e02774. <https://doi.org/10.1002/ecy.2774>

Silva, G. G., Green, A. J., Hoffmann, P., Weber, V., Stenert, C., Lovas-Kiss, A., and Maltchik, L. 2021. Seed dispersal by Neotropical waterfowl depends on bird species and seasonality. *Freshwater Biology* 1: 78-88. <https://doi.org/10.1111/fwb.13615>

Souffreau, C., Vanormelingen, P., Sabbe, K., and Vyverman, W. 2013. Tolerance of resting cells of freshwater and terrestrial benthic diatoms to experimental desiccation and freezing is habitat-dependent. *Phycologia* 52: 246-255. <https://doi.org/10.2216/12-087.1>

Soomers, H., Karssenbergh, D., Soons, M. B., Verweij, P. A., Verhoeven, J. T., and Wassen, M. J. 2013. Wind and water dispersal of wetland plants across fragmented landscapes. *Ecosystems* 16: 434-451. <https://doi.org/10.1007/s10021-012-9619-y>

Tesson, S. V., Skjøth, C. A., Šantl-Temkiv, T., and Löndahl, J. 2016. Airborne microalgal: insights, opportunities, and challenges. *Applied and Environmental Microbiology* 82: 1978-1991. <https://doi.org/10.1128/AEM.03333-15>

- Tesson, S. V., Weißbach, A., Kremp, A., Lindström, Å., and Rengefors, K. 2018. The potential for dispersal of microalgal resting cysts by migratory birds. *Journal of Phycology* 54: 518-528. <https://doi.org/10.1111/jpy.12756>
- Tomazelli, L. J., Dillenburg, S. R., and Villwock, J. A. 2000. Late Quaternary geological history of Rio Grande do Sul Coastal Plain, southern Brazil. *Revista Brasileira de Geociencias* 30: 474-476.
- Tomowski, M., Kiemel, K., Birnbach, T., Parry, V., Ristow, M., Roeleke, M., ... Jeltsch, F. 2025. A dual role of common mammals as dispersers of plants and micro-invertebrates across isolated wetlands. *Diversity and Distributions* 31: e70088. <https://doi.org/10.1111/ddi.70088>
- Valle, M. D. P. 1991. Sociabilidade e territorialidade em população de *Chauna torquata* (Oken), 1816 (Aves, Anseriforme, Anhimidae) na Estação Ecológica do Taim. MSC. Dissertation, Federal University of Paraná, Brazil, 158 pp.
- van Gremberghe, I., Leliaert, F., Mergeay, J., Vanormelingen, P., Van der Gucht, K., Debeer, A. E., ... and Vyverman, W. 2011. Lack of phylogeographic structure in the freshwater cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* suggests global dispersal. *PloS One* 6: e19561. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019561>

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

A presente dissertação contribui de forma relevante para a compreensão da zoocoria como um mecanismo ecológico central para a conectividade biológica em áreas úmidas rasas, temporárias e frequentemente isoladas na paisagem. Ao investigar a dispersão de microalgas por vertebrados com ecologias contrastantes, este trabalho evidencia que a distribuição e reorganização de comunidades de microalgas não dependem exclusivamente da conectividade hidrológica, mas também da movimentação animal que conecta habitats aquáticos ao longo do tempo. Nesse contexto, a zoocoria não se apresenta como um processo secundário, mas como um componente estruturante da persistência e da resiliência regional dessas comunidades, especialmente em ambientes sujeitos a variações hidrológicas e distúrbios locais.

Os resultados demonstram que diferentes vertebrados exercem papéis complementares nesse processo, operando por vias distintas e em escalas espaciais contrastantes. Mamíferos herbívoros, particularmente bovinos, tendem a atuar como vetores de dispersão epizoocórica em escala local, favorecendo o transporte frequente de propágulos entre ambientes próximos durante rotinas de deslocamento, forrageio e dessedentação. Esse padrão reforça a ideia de que, em paisagens campestres com mosaico de áreas úmidas mamíferos podem contribuir para reduzir o isolamento funcional entre poças e lagoas temporárias, potencialmente facilitando a recolonização após períodos de dessecação.

Por outro lado, aves aquáticas ampliam a compreensão do processo ao reunir duas rotas de dispersão com implicações ecológicas distintas: além do transporte externo, através das penas e patas, a passagem pelo trato digestório introduz uma via adicional, resultando em filtros ecológicos distintos no processo de dispersão. Essa característica ressalta que aves podem atuar como conectores regionais, deslocando organismos entre áreas úmidas pertencentes a diferentes contextos hidrológicos e promovendo redistribuição biológica em escalas superiores. Ao integrar essas evidências, o trabalho sustenta uma lógica de complementação: enquanto bovinos reforçam fluxos diários em curtas distâncias, aves aquáticas podem ampliar o alcance espacial e integrar ambientes mais distantes ou desconectados hidrologicamente.

Um avanço importante desta dissertação está em demonstrar que a dispersão não ocorre ao acaso. Os resultados indicam seletividade, compatível com a ideia de filtragem

funcional: nem todos os organismos disponíveis no ambiente apresentam a mesma probabilidade de serem transportados. Nesse sentido, a zoocoria atua simultaneamente como mecanismo de conectividade e como filtro ecológico que pode influenciar na composição das comunidades. A associação observada entre o transporte e traços morfofuncionais sugere que características como resistência ao estresse, tolerância à dessecação, formação colonial/filamentosa, produção de mucilagem e robustez estrutural aumentam a compatibilidade com as rotas de dispersão. A endozoocoria, em particular, representa um cenário ainda mais seletivo, favorecendo subconjuntos funcionalmente resistentes às condições impostas durante a passagem interna.

A superfície corporal dos vetores emerge como outro elemento importante para interpretar o processo dispersivo. Além disso, a superfície corporal dos vetores influencia diretamente a eficiência epizoocórica, pois funciona como uma interface física seletiva. A textura do tegumento, sua rugosidade, densidade de estruturas de retenção (pelos/penas), além da capacidade de manter umidade e material particulado, controlam a aderência e a persistência dos propágulos durante o deslocamento, modulando quais grupos são mais frequentemente transportados. Assim, este trabalho aponta que a eficiência epizoocórica pode ser modulada pela interação entre o tipo de tegumento e os traços funcionais das microalgas, oferecendo uma base conceitual promissora para avançar na compreensão mecânica da dispersão.

Além de fortalecer implicações ecológicas, os resultados também possuem relevância aplicada. Ao indicar que vertebrados podem atuar como agentes naturais de conectividade biológica em áreas úmidas, a dissertação reforça a necessidade de considerar a manutenção de processos ecológicos em estratégias de manejo e conservação. Em paisagens produtivas, esse entendimento pode contribuir para alinhar conservação e uso do território, valorizando mosaicos úmidos e reduzindo a fragmentação funcional.

Como perspectivas futuras, destaca-se a necessidade de testar de maneira mais robusta a relação entre tegumento e seleção funcional, o que exigirá delineamentos comparativos com amostragens em múltiplas áreas para cada grupo de vertebrado, reduzindo o efeito do pool ambiental local. Também se recomenda expandir o conjunto de vetores avaliados, incorporando vertebrados com tegumentos contrastantes e diferentes padrões de movimentação, como quelônios, anfíbios e outros grupos de aves e mamíferos

semiaquáticos. Estudos experimentais voltados ao tempo de retenção, sobrevivência pós-transporte e capacidade real de colonização após deposição são igualmente essenciais para transformar inferências ecológicas em evidências diretas de eficiência dispersiva. Por fim, os achados desta dissertação abrem espaço para discussões no campo das soluções baseadas na natureza, nas quais incentivos e subsídios possam estimular práticas compatíveis com a conservação de áreas úmidas e com a manutenção de conectividade biológica, reconhecendo tais processos como parte do funcionamento e da resiliência ecossistêmica.

ANEXOS

CAPÍTULO 1



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
PROESP - COMISSÃO DE ÉTICA EM USO ANIMAL



PARECER N° 89, DE 03 DE AGOSTO DE 2023

Certificamos que o projeto intitulado “Epizooticose em áreas úmidas do extremo Sul do Brasil: o gado bovino como vetor de dispersão de organismos aquáticos”, protocolo nº 23116.012536/2023-71, sob a responsabilidade de Cristina Stenert Maltchik Garcia - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi APROVADO pela COMISSÃO DE ÉTICA EM USO ANIMAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (CEUA-FURG), em reunião de 02 de agosto de 2023 (Ata 008/2023).

A CEUA lembra aos pesquisadores que qualquer alteração no protocolo experimental ou na equipe deve ser encaminhada à comissão para avaliação e aprovação. Um relatório final deve ser enviado à CEUA no término da vigência do seu projeto.

CEUA Nº	Pq005/2023
COLABORADORES OS AUTORIZADOS A MANIPULAR OS ANIMAIS	Leonardo Maltchik Garcia, Milena Rosa Pereira, Pedro Henrique de Oliveira Hoffmann, Andressa Adolfo
VIGÊNCIA DO PROJETO	30/06/2026

ESPÉCIE/ LINHAGEM / RAÇA	<i>Bos Taurus</i> (gado bovino) / Angus
NÚMERO DE ANIMAIS	48
PESO/ IDADE	700 Kg / Adulto
SEXO	Indiferente
ORIGEM	Estância Santa Maria & Isabella, Refúgio da Vida Silvestre Banhado do Maçarico, Rio Grande, RS
ENVIO RELATÓRIOS PARCIAIS	Janeiro de 2024; Janeiro de 2025; Janeiro de 2026
ENVIO DO RELATÓRIO FINAL	Julho de 2026



Documento assinado eletronicamente por Marcio de Azevedo Iguereido, Servidor, em 03/08/2023, às 09:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.furg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&acao_origem=documento_conferir&lang=pt_BR&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **0094577** e o código CRC **70F8500D**.



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 88630-2	Data da Emissão: 09/10/2023 19:51:54	Data da Revalidação*: 20/07/2024
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Cristina Stenert	CPF: 934.646.570-00
Título do Projeto: Zoocoria em áreas úmidas do extremo Sul do Brasil: ogado bovino como vetor de dispersão de organismos aquáticos	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG	CNPJ: 94.877.586/0001-10

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Análise de dados e redação de relatório e artigo científico	01/2025	06/2025
2	Procedimento amostral	08/2023	06/2024
3	Procedimento laboratorial	09/2023	12/2024

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Leonardo Maltchik Garcia	Pesquisador	102.035.498-48	Brasileira
2	PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA HOFFMANN	Pesquisador	028.519.520-48	Brasileira
3	Vinicius Weber	Pesquisador	028.026.370-88	Brasileira
4	Andressa Adolfo	Pesquisador	031.450.660-80	Brasileira
5	Milena Rosa Pereira	Pesquisador	022.330.970-25	Brasileira

Observações e ressalvas

1	Todos os membros da equipe de pesquisa devem estar cientes das recomendações e boas práticas a serem seguidas neste momento de emergência zoonótica no Brasil devido à gripe aviária. Informe-se na página do CEMAVE na Internet: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cemave/destaques/gripe-aviaria/gripe-aviaria-1 .
2	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
3	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
4	Este documento não dispensa o cumprimento da Lei nº 13.123/2015, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade.

5	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia (Decreto nº 98.830, de 15/01/90).
6	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena, da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
7	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Portaria N°748/2022, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 88630-2	Data da Emissão: 09/10/2023 19:51:54	Data da Revalidação*: 20/07/2024
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Cristina Stenert	CPF: 934.646.570-00
Título do Projeto: Zoocoria em áreas úmidas do ex t r e m o Sul do Brasil: ogado bovino como vetor de dispersão de organismos aquáticos	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG	CNPJ: 94.877.586/0001-10

Observações e ressalvas

8	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
9	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação do disposto nesta portaria ou em legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, pode, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou cassada pelo Instituto Chico Mendes, por meio da Coordenação Gestora do Sisbio, e está sujeito às sanções previstas na legislação vigente.
10	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.
11	Caso seja identificada a ocorrência de espécie exótica dentro ou no entorno de UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL, além de descrever no relatório de atividades, o pesquisador deve informar à equipe gestora com maior brevidade possível.

Outras ressalvas

1		CEPTA Pirassununga-SP
2		CGPEQ
3	A autorização do Sisbio não dispensa a obtenção de autorização do órgão gestor da unidade de conservação estadual para acesso e realização das atividades com finalidade científica.	COINF
4	A coleta do material biológico nas UC Estaduais (ou Municipais) que constam entre as localidades assinaladas nesta autorização, não podem ser realizadas sem a competente autorização do órgão gestor dessas áreas.	CBC Brasília-DF

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Sentinela do Sul	Sentinela do Sul-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal
2	Rio Grande	Rio Grande-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal
3	Refúgio de Vida Silvestre Banhado do Maçarico	Rio Grande-RS	Pampa	Não	Dentro de UC Estadual
4	Tapes	Tapes-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal
5	Camaquã	Camaquã-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal
6	Cristal	Cristal-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal
7	Turuçu	Turuçu-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal
8	Capão do Leão	Capão do Leão-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal
9	São Lourenço do Sul	São Lourenço do Sul-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal
10	Pelotas	Pelotas-RS	Pampa	Não	Fora de UC Federal

Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Fora de UC Federal
2	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Fora de UC Federal

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
1	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Ranunculaceae	-
2	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Poaceae	-
3	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Menyanthaceae	-
4	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Polygonaceae	-
5	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Potamogetonaceae	-
6	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Rubiaceae	-
7	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Hydrocharitaceae	-
8	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Pontederiaceae	-
9	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Alismataceae	-
10	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Juncaceae	-
11	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Ruppiaceae	-

12	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Salviniaceae	-
13	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Onagraceae	-
14	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Cyperaceae	-
15	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Cyclopoida	300

Número: 88630-2	Data da Emissão: 09/10/2023 19:51:54	Data da Revalidação*: 20/07/2024
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Cristina Stenert	CPF: 934.646.570-00
Título do Projeto: Zoocoria em áreas úmidas do ext r e m o Sul do Brasil: ogado bovino como vetor de dispersão de organismos aquáticos	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG	CNPJ: 94.877.586/0001-10

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
16	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Rotifera	500
17	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Ostracoda	200
18	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Hyalellidae	300
19	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Trichodactylidae	50
20	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Calanoida	300
21	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Bivalvia	100
22	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Aeglidae	20
23	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Anomopoda	500
24	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Parastacidae	50
25	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Arachnida	50
26	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Turbellaria	100
27	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Nematoda	300
28	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Gastropoda	100
29	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Annelida	300
30	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Belostomatidae	50
31	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Dytiscidae	100

32	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Nepidae	50
33	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Baetidae	50
34	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Scirtidae	100
35	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Hydroptilidae	50
36	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Leptoceridae	100
37	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Coenagrionidae	100
38	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Veliidae	50
39	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Curculionidae	50
40	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Noteridae	100
41	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Hydrophilidae	100
42	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Caenidae	100
43	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Aeshnidae	50
44	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Libellulidae	100
45	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Pleidae	50
46	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Notonectidae	100
47	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Corixidae	100
48	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Staphylinidae	50
49	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Ephydriidae	100
50	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Stratiomyidae	100

Número: 88630-2	Data da Emissão: 09/10/2023 19:51:54	Data da Revalidação*: 20/07/2024
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Cristina Stenert	CPF: 934.646.570-00
Título do Projeto: Zoocoria em áreas úmidas do extremo Sul do Brasil: o gado bovino como vetor de dispersão de organismos aquáticos	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG	CNPJ: 94.877.586/0001-10

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com Portaria ICMBIO Nº 748, Art. 24. A coleta imprevista de amostras biológicas, espécimes ou de material abiótico em unidades de conservação e cavernas, não contemplados na autorização ou na licença permanente, deve ser imediatamente anotada em campo específico do documento.

Táxon*	Qtde.	Tipo de Amostra	Qtde.	Data
--------	-------	-----------------	-------	------

CAPÍTULO 2



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 98815-1	Data de Emissão: 09/12/2024 11:32:02	Validade*: 09/12/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: LEANDRO BUGONI	CPF: 623.198.500-82
Título do Projeto: Dieta, tipo de ambiente, ciclo anual e agentes patogênicos como moduladores da microbiota de aves aquáticas	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG	CNPJ: 94.877.586/0001-10

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Amostragem	01/2025	08/2027

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Cíntia Negreiros Fernandez	Membro da equipe	053.894.890-29	Brasileira
2	Vitória Munaro	Auxiliar de campo	045.051.800-00	Brasileira
3	TALITA DE ALCANTARA CARNEIRO BACKHAUS	Auxiliar de campo	238.618.478-17	Brasileira
4	LIVIA LEMOS MENEGARO	Auxiliar de campo	020.472.830-43	Brasileira
5	MARIANA LOPES GONÇALVES	Auxiliar de campo	828.887.360-04	Brasileira
6	NATALIA SILVEIRA GULARTE	Auxiliar de campo	017.658.940-69	Brasileira
7	FERNANDO AZEVEDO FARIA	Auxiliar de campo	027.982.970-10	Brasileira
8	VINICIUS SOARES DOMINGUES	Auxiliar de campo	028.047.440-78	Brasileira
9	FERNANDA CAMINHA LEAL VALLS	Auxiliar de campo	010.616.860-60	Brasileira
10	Marcio Repenning	Auxiliar de campo	004.113.490-74	Brasileira

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0968150120241209

Página 1/6



Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 98815-1	Data de Emissão: 09/12/2024 11:32:02	Validade*: 09/12/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		
Dados do titular		
Nome: LEANDRO BUGONI	CPF: 623.198.500-82	
Título do Projeto: Dieta, tipo de ambiente, ciclo anual e agentes patogênicos como moduladores da microbiota de aves aquáticas		
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG	CNPJ: 94.877.588/0001-10	

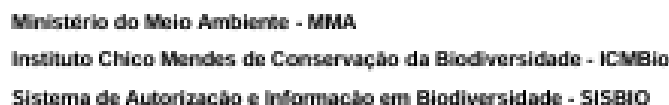
Observações e ressalvas

1	A autorização não exime o pesquisador da necessidade de obter outras anuências, como: I) do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador quando as atividades forem realizadas em área de domínio privado ou dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso; II) da comunidade indígena envolvida, quando o órgão indígena oficial, quando as atividades de pesquisa forem executadas em terra indígena; III) do Conselho de Defesa Nacional, quando as atividades de pesquisa forem executadas em área indigenista (a segurança nacional); IV) da autoridade máxima, quando as atividades de pesquisa forem executadas em águas jurisdicionais brasileiras; V) do Departamento Nacional de Produção Mineral, quando a pesquisa visar a exploração de depósitos fossilíferos ou a extração de espécimes fósseis; VI) do órgão gestor da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, dentro outras.
2	Este documento NÃO exime o pesquisador titular da necessidade de atender ao disposto na Instrução Normativa nº 1/2021 (ICMBio/ICMBIO), que estabelece normas para a atividade de necropsia de aves silvestres na natureza no território nacional e para utilização do Sistema Nacional de Aranhamento de Aves Silvestres - SNA.
3	Todos os membros da equipe de pesquisa devem estar cientes das recomendações e boas práticas a serem seguidas neste momento de emergência recorrente no Brasil devido à gripe aviária. Informe-se na página do CEMEXE na Internet: https://www.gov.br/cemexe/pt-br/recursos/centros-de-pesquisa/comunidades-em-gripe-aviaria/gripe-aviaria-1 .
4	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao regime de aprovações (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreta nº 4.874, de 4 de janeiro de 2002, entre outras).
5	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao regime de aprovações (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreta nº 4.874, de 4 de janeiro de 2002, entre outras).
6	Este documento não dispensa o cumprimento da Lei nº 13.123/2016, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade.
7	As atividades de campo realizadas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, todos por objeto: coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passado, abetos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização da Ministério da Ciência e Tecnologia (Decreto nº 98.833, de 19/09/2019).
8	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena, da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
9	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Portaria nº 748/2022, ao que se refere esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou educativas no âmbito do ensino superior.
10	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe devem optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar estódo de coleta ou captura que não comprometam a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condições in situ.
11	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da solicitação do disposto nesta portaria ou em legislação vigente, ou quando da inadequação, anulação ou falta decorrente de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, pode, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou cassada pelo Instituto Chico Mendes, por meio da Coordenação-Geral de Sisbio, e está sujeito às sanções previstas na legislação vigente.
12	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS OBTENÇÕES das espécies, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.
13	Caso seja identificada a ocorrência de espécie exótica dentro ou no entorno de UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL, além de descrever no relatório de atividades, o pesquisador deve informar a equipe gestora com maior brevidade possível.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0988150120241209

Página 2/6



Número: 98815-1	Data da Emissão: 09/12/2024 11:32:02	Validade*: 09/12/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		
Dados do titular		
Nome: LEANDRO BUGONI		CPF: 623.198.500-82
Título do Projeto: Dieta, tipo de ambiente, ciclo anual e agentes patogênicos como moduladores da microbiota de aves aquáticas		
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG		CNPJ: 94.877.588/0001-10

1 1. Por ocasião dos trabalhos de campo, solicitamos entrar em contato com a UC através do e-mail fqf@ufpa.br ou e-mail ana.cavalcante@ufpa.br encaminhando à ESEC do Taim copia de toda a publicação gerada pela pesquisa, dissertação, artigos, resumos, separatas. 2. Considerando que a ESEC do Taim foi foco, no ano de 2023, da influenza aviária (H5N1), a qual acometeu aves silvestres, em especial as limícolas migratórias, e mamíferos marinhos (pinípedes) solicitamos que caso a equipe de campo observe grupos de animais doentes ou mortos colhem os seguintes dados: localização georreferenciada do evento; quantidade estimada e, se possível, identificação das espécies com imagens. Em seguida encaminhamos os dados para o e-mail asesc@ufpa.br com o título: Influenza H5N1. Informações oficiais poderão ser acessadas nos links: -https://www.gov.br/tricombiopt/bia/usuários/censos-de-pesquisas-em-ave-silvestre-influenza-aviaria/informacoes-1. -https://www.gov.br/insuaide/p/brasil/avicultura/de-a-a-virulência-aviária -https://www.gov.br/agricultura/p/brasil/usuários/unidade-animal-e-vegetal/usuário-animal/programas-de-usado-animal/quais-as-influências-a-vírus Ressalta-se importante: Não manipule os animais pois trata-se de uma zoonose com potencial risco à saúde humana.	ESEC do Taim
2 *A observação de aves ou gravação de imagens ou sons deve seguir os princípios do Código de Ética do Observador de Aves, disponível em https://drive.google.com/file/d/1TnQzLagWwCtGxLI-dZGvLRKsqgP7wUdChsew/view?usp=sharing *Esta assinatura não exclui sua titular da necessidade de atender ao disposto na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2021, que regulamentou o Sistema Nacional de Anilhamento de Aves Silvestres. *É obrigatório ao pesquisador portar autocolação de anilhamento durante as expedições de campo que envolvam essa atividade. *É obrigatório o conhecimento e aplicação das recomendações existentes no Manual de Anilhamento de Aves Silvestres, disponível no site do ICMBIO. *O sangue coletado não deve ultrapassar o equivalente a 1% do massa corporal da ave. Em coletas consecutivas, não deve ultrapassar 2% a cada 14 dias. Não deve ser utilizada porção cardíaca para obtenção da amostra.	CIBRANE Catedônia-PB

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Áreas rurais próximas à Estação Ecológica do Taim	Rio Grande-RS	Pampa	Não	Fora da UC Federal
2	Estação Ecológica do Taim		Pampa	Não	Dentro da UC Federal

Página 315



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 96815-1	Data de Emissão: 09/12/2024 11:32:02	Validade*: 09/12/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: LEANDRO BUGONI	CPF: 623.198.500-82
Título do Projeto: Dieta, tipo de ambiente, ciclo anual e agentes patogênicos como moduladores da microbiota de aves aquáticas	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG	CNPJ: 94.877.588/0001-10

Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Levantamento de dados abióticos em UC Federal	Dentro de UC Federal
2	Captura de animais silvestres in situ	Dentro de UC Federal
3	Captura de animais silvestres in situ	Fora de UC Federal
4	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Dentro de UC Federal
5	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Fora de UC Federal
6	Marcação de animais silvestres in situ	Dentro de UC Federal
7	Marcação de animais silvestres in situ	Fora de UC Federal
8	Observação e gravação de imagem ou som de taxon em UC Federal	Dentro de UC Federal

Atividades X Taxons

#	Atividade	Taxon	Qtd.
1	Observação e gravação de imagem ou som de taxon em UC Federal	Chauna torquata	-
2	Marcação de animais silvestres in situ	Chauna torquata	-
3	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Chauna torquata	-
4	Captura de animais silvestres in situ	Chauna torquata	-

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes de fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

A quantidade significa: por espécie X localidade X ano.

Materiais e Métodos

#	Tipo de Método (Grupo taxonômico)	Materiais
1	Amostras biológicas (Aves)	Animal encontrado morto ou partes (carcaca)/ossos/pelo, Fezes, Penas, Regurgitação/contido estomacal, Sangue, Outras amostras biológicas(Swab oral e cloacal)
2	Método de captura/coleta (Aves)	Isca
3	Método de marcação (Aves)	Anilha, Anilha colorida, Anilha de Alumínio (padrão CEMAVE)
4	Método de observação e registro (Aves)	Armadilha fotográfica, Foto-identificação

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0968150120241209

Página 4/6



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

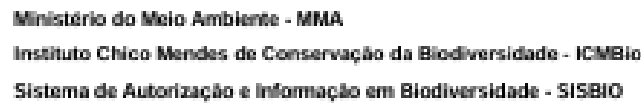
Número: 98815-1	Data de Emissão: 09/12/2024 11:32:02	Validade*: 09/12/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: LEANDRO BUGONI	CPF: 623.198.500-62
Título do Projeto: Dieta, tipo de ambiente, ciclo anual e agentes patogênicos como moduladores da microbiota de aves aquáticas	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG	CNPJ: 04.877.586/0001-10

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo destino
1	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE ? FURG	Laboratório



Número: 98815-1	Data de Emissão: 09/12/2024 11:32:02	Validade*: 09/12/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICNBB nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Nome: LEANDRO BUGONI	CPF: 623.198.500-82
Título do Projeto: Dieta, tipo de ambiente, ciclo anual e agentes patogênicos como moduladores da microbiota de aves aquáticas	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG	CNPJ: 94.877.588/0001-10

De acordo com Portaria ICMBIO Nº 748, Art. 24. A coleta imprevista de amostras biológicas, espécimes ou de material abiótico em unidades de conservação e cavernas, não contemplados na autorização ou na licença permanente, deve ser imediatamente anotada em campo específico do documento.

[illegible]

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria CMBio nº 746/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sísbio/CMBio na Internet (www.cmbio.gov.br/sisbio).

Page 645



PARECER N° 76, DE 06 DE MAIO DE 2025

Certificamos que o projeto intitulado “Dieta, tipo de ambiente, ciclo anual e agentes patogênicos como modulares da microbiota de aves aquáticas”, protocolo nº 23116.017261/2024-42, sob a responsabilidade de Leandro Bugoni - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi APROVADO pela COMISSÃO DE ÉTICA EM USO ANIMAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (CEUA-FURG), em reunião de 30 de abril de 2025 (Ata 006/2025).

A CEUA lembra aos pesquisadores que qualquer alteração no protocolo experimental ou na equipe deve ser encaminhada à comissão para avaliação e aprovação. Um relatório final deve ser enviado à CEUA no término da vigência do seu projeto.

CEUA N°	Pq031/2024
COLABORADORES AUTORIZADOS A MANIPULAR OS ANIMAIS	Cinthia Negrine Fernandez
VIGÊNCIA DO PROJETO	01/03/2028
ESPÉCIE / GRUPOS TAXONÔMICOS	<i>Chauna torquata</i> (tachã)
NÚMERO DE ANIMAIS	Será informado nos relatórios
N° SOLICITAÇÃO / AUTORIZAÇÃO SISBIO	96815
ATIVIDADE(S)	(X) CAPTURA () COLETA DE ESPÉCIMES (X) MARCAÇÃO (X) OUTRAS: Coleta de sangue
LOCAL(is) REALIZAÇÃO ATIVIDADES	Estação Ecológica do Taim, Rio Grande, RS
ENVIO DE RELATÓRIO PARCIAL	Janeiro de 2026; Janeiro de 2027; Janeiro de 2028
ENVIO DO RELATÓRIO FINAL	Março de 2028



Documento assinado eletronicamente por **Marcio de Azevedo Figueiredo, Servidor**, em 06/05/2025, às 10:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.furg.br/sei/controlador_exteracao=documento_conferir&acao_origem=documento_conferir&lang=pt_BR&id_orgao_acesso= informando o código verificador **0401629** e o código CRC **CDBF9A85**.

Material Suplementar

CAPÍTULO 1

Supplementary Table 1. Composition of microalgae species dispersed by cattle and found in wetlands (environment) of southern Brazil. MFG = Morpho-functional group.

Species	Author	MFG	Division	Family	Environment	Cattle
<i>Anabaena</i> sp	Bory ex Bornet & Flahault, 1886, nom. contras.	FA	Cyanobacteria	Nostocaceae	1	0
<i>Aulacoseira ambigua</i>	(Grunow) Simonsen 1979	FA	Heterokontophyta	Aulacoseiraceae	0	1
<i>Aulacoseira granulata</i>	(Ehrenberg) Simonsen 1979	FA	Heterokontophyta	Aulacoseiraceae	1	1
<i>Aulacoseira islandica</i>	(O.Müller) Simonsen 1979	FA	Heterokontophyta	Aulacoseiraceae	1	1
<i>Aulacoseira itálica</i>	(Ehrenberg) Simonsen 1979	FA	Heterokontophyta	Aulacoseiraceae	1	1
<i>Desmidium swartzii</i>	C.Agardh ex Ralfs 1848	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Diadesmis confervaceae</i>	Kützing 1844	FA	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Dolichospermum</i> sp	(Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek, 2009	FA	Cyanobacteria	Zygnemataceae	1	0
<i>Melosira varians</i>	C.Agardh 1827	FA	Heterokontophyta	Aulacoseiraceae	1	0
<i>Mougeotia</i> cf.	C.Agardh, 1824, nom. contras.	FA	Streptophyta	Zygnemataceae	0	1
<i>Nostoc</i> sp.	Vaucher ex Bornet & Flahault, 1886	FA	Cyanobacteria	Nostocaceae	1	0
<i>Oedogonium</i> sp.	Link ex Hirn, 1900	FA	Chlorophyta	Oedogoniaceae	1	1
<i>Onychonema filiforme</i>	(Ralfs) J.Roy & Bisset 1886	FA	Heterokontophyta	Desmidiaceae	1	1
<i>Onychonema laeve</i>	Nordstedt 1870	FA	Heterokontophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Oscillatoria</i> cf. <i>limosa</i>	C.Agardh ex Gomont 1892	FA	Heterokontophyta	Oscillatoriaceae	1	1
<i>Pseudanabaena catenata</i>	Lauterborn 1915	FA	Cyanobacteria	Pseudanabaenaceae	1	0
<i>Scchizomeris</i> cf. <i>sp.</i>	Kützing, 1843	FA	Chlorophyta	Schizomeridaceae	1	1
<i>Spirogyra</i> sp.	Link, 1820, nom. contras.	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Spondylosium panduriforme</i>	(Heimerl) Teiling 1957	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Spondylosium tetragonum</i>	West & GSWest 1892	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Uronema</i> sp.	Lagerheim, 1887	FA	Chlorophyta	Uronemataceae	1	0
<i>Ankistrodesmus densus</i>	Korshikov 1953	CMA	Chlorophyta	Selenastraceae	1	1
<i>Aphanocapsa</i> sp	Nägeli, 1849	CMA	Cyanobacteria	Chroococcaceae	0	1
Species	Author	MFG	Division	Family	Environment	Cattle
<i>Chroococcus turgidus</i>	Nägeli, 1849	CMA	Cyanobacteria	Chroococcaceae	0	1
<i>Coelastrum astroideum</i>	De Notaris 1867	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	1	0
<i>Dictyosphaerium granulatum</i>	Hindák 1977	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	1	0
<i>Dimorphococcus lunatus</i>	A.Braun 1855	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	1	0
<i>Eudorina elegans</i>	Ehrenberg 1832	CMA	Chlorophyta	Volvocaceae	1	0
<i>Microcrocis</i> sp.	P.G.Richter, 1892	CMA	Cyanobacteria	Geminocystaceae	1	0
<i>Oocystis</i> cf. <i>eliptica</i>	West 1892	CMA	Chlorophyta	Oocystaceae	0	1
<i>Oocystis naegelli</i>	A.Braun 1855	CMA	Chlorophyta	Oocystaceae	1	1
<i>Pandorina morum</i>	(O.F.Müller) Bory 1826	CMA	Chlorophyta	Volvocaceae	1	0
<i>Pediastrum duplex</i>	Meyen 1829	CMA	Chlorophyta	Hydrodictyaceae	1	0
<i>Pleurocapsa</i> sp	Thuret, 1885	CMA	Cyanobacteria	Pleurocapsaceae	1	0
<i>Scenedesmus ecornis</i>	(Ehrenberg) Chodat 1926	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	1	0
<i>Selenastrum bibraianum</i>	Reinsch 1866	CMA	Chlorophyta	Selenastraceae	1	1
<i>Volvox aureus</i>	Ehrenberg 1832	CMA	Chlorophyta	Volvocaceae	1	0

<i>Cymbella cistula</i>	(Ehrenberg) O.Kirchner 1878	PD	Heterokontophyta	Cymbellaceae	0	1
<i>Encyonema silesiaca</i>	(Bleisch) D.G.Mann 1990	PD	Heterokontophyta	Cymbellaceae	1	1
<i>Fragillaria cf. capucina</i>	Ehrenberg, 1837	PD	Heterokontophyta	Eunotiaceae	1	0
<i>Fallacia cf. hudsonis</i>	(Grunow ex Cleve) Stickle & D.G.Mann 1990	PD	Heterokontophyta	Cymbellaceae	0	1
<i>Fallacia cf. pygmaea</i>	(Kützing) Stickle & D.G.Mann 1990	PD	Heterokontophyta	Cymbellaceae	0	1
<i>Fragillariiforma sp</i>	D.M.Williams & Round, 1988	PD	Heterokontophyta	Fragillariaceae	0	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	(Kützing) Kützing 1849	PD	Heterokontophyta	Gomphonemataceae	1	0
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	(Kützing) Rabenhorst 1853	PD	Heterokontophyta	Gyrosigmaceae	1	1
<i>Hantzschia cf. amphioxys</i>	(Ehrenberg) Grunow 1880	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Navicula cf. rostellata</i>	Kützing 1844	PD	Heterokontophyta	Naviculaceae	1	1
<i>Navicula decusis</i>	Østrup 1910	PD	Heterokontophyta	Naviculaceae	1	1
<i>Navicula rhynchocephala</i>	Kützing 1844	PD	Heterokontophyta	Naviculaceae	1	0
<i>Navicula sp</i>	Bory, 1822	PD	Heterokontophyta	Naviculaceae	0	1

Species	Author	MFG	Division	Family	Environment	Cattle
<i>Neidium productum</i>	(W.Smith) Cleve 1894	PD	Heterokontophyta	Desmidiaceae	1	1
<i>Nitzscha cf. heufleriana</i>	Grunow 1862	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Nitzscha cf. umbonata</i>	(Ehrenberg) Lange-Bertalot 1978	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Nitzscha cf. vermicularis</i>	(Kützing) Hantzsch 1860	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Nitzscha reversa</i>	W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Nitzscha subacicularis</i>	Hustedt 1938	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Nitzschia filiformis</i>	(W.Smith) Van Heurck 1896	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Nitzschia cf. brachygramma</i>	D.G.Mann & Trobajo 2014	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Nitzschia clausi</i>	Hantzsch 1860	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>media</i>	(Hantzsch) Grunow 1881	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Nitzschia graciliformis</i>	Lange-Bertalot & Simonsen 1978	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0
<i>Nitzschia gracilis</i>	Hantzsch 1860	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Nitzschia haloserbica</i>	Vidakovic, Ector, C.E.Wetzel & Krismanic 2022	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Nitzschia palea</i>	(Kützing) W.Smith 1856	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Nitzschia recta</i>	Lange-Bertalot & Simonsen 1978	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0
<i>Nitzschia scapeliformis</i>	Grunow 1880	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	(Nitzsch) W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0
<i>Pinnularia gibba</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg 1843	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Pinnularia mesolepta</i>	(Ehrenberg) W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0
<i>Pinnularia microstauron</i>	(Ehrenberg) Cleve 1891	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Pinnularia sudetica</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg 1843	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Pinnularia viridis</i>	(Nitzsch) Ehrenberg 1843	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1
<i>Pinularia nobilis</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg 1843	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0
<i>Sellaphora pupula</i>	(Kützing) Mereschkovsky 1902	PD	Heterokontophyta	Cocconeidaceae	1	1
<i>Stauroneis anceps</i>	Ehrenberg 1843	PD	Heterokontophyta	Stauroneidaceae	1	1
<i>Stenopterobia sigmatella</i>	(W.Gregory) R.Ross 1986	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1
<i>Surirella caproni</i>	Brébisson & Kitton 1869	PD	Heterokontophyta	Surirellaceae	1	1

Species	Author	MFG	Division	Family	Environment	Cattle
<i>Surirella linearis</i>	W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Surirellaceae	1	1
<i>Tryblionella acuminata</i>	W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Tryblionellaceae	1	1

<i>Tryblionella</i> <i>sp</i>	W.Smith, 1853	PD	Heterokontophyta	Tryblionellaceae	1	1
<i>Cryptoglena</i> <i>skujae</i>	Marin & Melkonian 2003	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Euglena</i> <i>deses</i>	(O.F.Müller) Ehrenberg 1834	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	1
<i>Euglena</i> <i>ehrenbergii</i>	(O.F.Müller) Ehrenberg 1834	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	1
<i>Euglena</i> <i>sanguinea</i>	Ehrenberg 1832	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	1
<i>Euglena</i> <i>texta</i>	(Dujardin) Hübner 1886	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	1
<i>Euglena</i> <i>cf incurva</i>	Matvienko 1938	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Euglena</i> <i>viridis</i>	(O.F.Müller) Ehrenberg 1830	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	1
<i>Euglenaria</i> <i>anabaena</i>	(Mainx) Karnkowska-Ishikawa & E.W.Linton 2010	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	1
<i>Euglenaria</i> <i>caudata</i>	(E.F.W.Hübner) Karnkowska-Ishikawa & E.W.Linton 2010	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	1
<i>Euglenaria</i> <i>clavata</i>	(Skuja) Karnkowska & E.W.Linton 2010	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	1
<i>Lepocinclis</i> <i>acus</i>	(O.F.Müller) B.Marin & Melkonian 2003	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	1
<i>Lepocinclis</i> <i>fusca</i>	(G.A.Klebs) Kosmala & Zakryś 2005	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
<i>Lepocinclis</i> <i>fusiformis</i>	(H.J.Carter) Lemmermann 1901	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
<i>Lepocinclis</i> <i>oxiurys</i>	(Schmarda) B.Marin & Melkonian 2003	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	1
<i>Lepocinclis</i> <i>pseudospiroides</i>	(Svirenko) Zakryś & Chaber 2022	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
<i>Lepocinclis</i> <i>tripteris</i>	(Dujardin) B.Marin & M.Melkonian 2003	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	0	1
<i>Monomorphina</i> <i>pyrum</i>	(Ehrenberg) Mereschkowsky 1877	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Phacus</i> <i>sp.</i>	Dujardin, 1841, nom. et typ. cons.	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
<i>Phacus</i> <i>cf. onyx</i> var. <i>symmetricus</i>	Tell & Domitrovic	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	1
<i>Phacus</i> <i>cf. onyx</i>	Pochmann 1942	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
<i>Phacus</i> <i>curvicauda</i>	Svirenko 1915	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	1
<i>Phacus</i> <i>gigas</i>	A.M.Cunha 1913	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
<i>Phacus</i> <i>lismorensis</i>	Playfair 1921	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	0	1
<i>Phacus</i> <i>longicauda</i>	(Ehrenberg) Dujardin 1841	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
Species	Author	MFG	Division	Family	Environment	Cattle
<i>Phacus</i> <i>orbicularis</i>	Hübner 1886	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	1
<i>Phacus</i> <i>pleuronectes</i>	(O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin 1841	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
<i>Phacus</i> <i>salinus</i>	(F.E.Fritsch) E.W.Linton & Karnkowska	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	1
<i>Phacus</i> <i>suecius</i>	Lemmermann 1913	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0
<i>Phacus</i> <i>tortus</i>	(Lemmermann) Skvortsov 1928	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	1
<i>Phacus</i> <i>undulatus</i>	(Skvortsov) Pochmann 1942	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	0	1
<i>Strombomonas</i> <i>sp.</i>	Deflandre, 1930	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Strombomonas</i> <i>fluviatilis</i>	(Lemmermann) Deflandre 1930	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Trachelomonas</i> <i>armata</i>	(Ehrenberg) F.Stein 1878	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Trachelomonas</i> <i>cervicula</i>	A.Stokes 1890	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	1
<i>Trachelomonas</i> <i>cf. klebsii</i>	Deflandre 1926	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	1
<i>Trachelomonas</i> <i>cf. rotunda</i>	Svirenko 1914	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Trachelomonas</i> <i>hispida</i>	(Perty) F.Stein 1878	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Trachelomonas</i> <i>raciborskii</i>	Wołoszyńska 1912	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0
<i>Trachelomonas</i> <i>robusta</i>	Svirenko 1914	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	1
<i>Trachelomonas</i> <i>verrucosa</i>	A.Stokes 1887	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	1
<i>Trachelomonas</i> <i>volvocinopsis</i>	Svirenko 1914	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	1
<i>Closterium</i> <i>dianae</i>	Ehrenberg ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0

<i>Closterium ehrenbergii</i>	Meneghini ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Closterium cf. macilentum</i>	Brébisson 1856	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Closterium gracile</i>	Brébisson ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Closterium parvulum</i>	Nägeli 1849	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	1
<i>Closterium setaceum</i>	Ehrenberg ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	1
<i>Cosmarium impressulum</i>	Elfving 1881	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	1
<i>Cosmarium ochthodes</i>	Nordstedt 1875	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Cosmarium subtumidum</i>	Nordstedt 1878	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	1
<i>Euastrum cf. validum</i>	West & G.S.West 1896	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	0	1
Species	Author	MFG	Division	Family	Environment	Cattle
<i>Euastrum elegans</i>	Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Euastrum evolutum</i>	(Nordstedt) West & G.S.West 1896	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	1
<i>Euastrum jhonsoni</i>	West & G.S.West 1898	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Pleurotaenium trabecula</i>	Nägeli 1849	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Staurastrum manfeldtii</i>	Delponte 1878	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Staurastrum paradoxum</i>	Meyen ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0
<i>Staurastrum polymorphum</i>	Brébisson 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0

Filamentous Algae (FA), Colonial and Mucilaginous Colonial Algae (CMA), Pennate Diatoms (PD), Unicellular Mixotrophic Flagellates (UMF), and Unicellular Green Algae (UG).

CAPÍTULO 2

Supplementary Table S1. Microalgae taxa classified by Functional Group, Division, and Family. The table indicates each taxon's occurrence in the wetland (1 = present, 0 = absent) and its abundance (number of viable individuals) found on the toes, feathers, and feces of *Chauna torquata*.

Taxa		Autor	Funcional group	Division	Family	Wetland	Toes	Feather	Feces
Cist			Cist	-	-	0	0	0	3
Ankistrodesmus sp.		Corda, 1838	CMA	Chlorophyta	Selenastraceae	0	1	0	0
Aphanocapsa sp.		Nägeli, 1849	CMA	Cyanobacteria	Chroococcaceae	1	0	0	5
Chroococcus turgidus		(Kützing) Nägeli 1849	CMA	Cyanobacteria	Chroococcaceae	1	1	0	1
Coelastrum indicum		W.B.Turner 1892	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	1	0	0	0
Coleochaete sp.		Brébisson, 1844, nom. cons.	CMA	Streptophyta	Coleochaetaceae	0	0	0	1
Desmodesmus comunnis		(E.Hegewald) E.Hegewald 2000	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	1	3	0	0
Dictyosphaerium sp.		Nägeli, 1849	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	1	0	0	0
Eudorina elegans		Ehrenberg 1832	CMA	Chlorophyta	Volvocaceae	1	0	0	0
Eutetramorus sp.		Walton, 1918	CMA	Chlorophyta	Radiococcaceae	0	0	1	1
Gloeobotrys bichlorus		Ettl 1968	CMA	Chlorophyta	Botryococcaceae	1	0	0	0
Gomphosphaeria sp.		Kützing, 1836	CMA	Cyanobacteria	Microcystaceae	0	0	0	2
Gonium pectorale		O.F.Müller 1773	CMA	Chlorophyta	Volvocaceae	1	0	0	0
Merismopedia glauca		(Ehrenberg) Kützing 1845	CMA	Cyanobacteria	Merismopediaceae	1	0	0	0
Microcrocis pulchella		(Buell) Geitler 1942	CMA	Cyanobacteria	Geminocystaceae	1	0	0	1
Pandorina morum		(O.F.Müller) Bory 1826	CMA	Chlorophyta	Volvocaceae	1	2	0	0
Pediastrum duplex		Meyen 1829	CMA	Chlorophyta	Hydrodictyaceae	1	1	0	0
Pleurocapsa sp.		Thuret, 1885	CMA	Cyanobacteria	Pleurocapsaceae	1	1	1	95

Pseudopediastrum boryanum	(Turpin) E.Hegewald 2005	CMA	Chlorophyta	Hydrodictyceae	1	0	0	0
Radiococcus planktonicus	J.W.G.Lund 1956	CMA	Chlorophyta	Radiococcaceae	0	0	1	0
Scenedesmus acuminatus	(Lagerheim) Chodat 1902	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	0	1	0	0
Scenedesmus bijugatus	Kützing, nom. illeg. 1834	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	0	0	1	1
Scenedesmus ecornis	(Ehrenberg) Chodat 1926	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	0	0	2	0
Scenedesmus ellipticus	Corda 1835	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	1	2	0	0
Stauridium tetras	(Ehrenberg) E.Hegewald 2005	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	0	0	1	0
Synechocystis sp.	Sauvageau, 1892	CMA	Cyanobacteria	Synechocystaceae	0	0	0	1
Thorakochloris sp.	Pascher, 1932	CMA	Chlorophyta	Thorakochloridaceae	1	0	0	0
Verrucodesmus sp.	Hegewald, 2013	CMA	Chlorophyta	Scenedesmaceae	0	0	1	0
Westella botryoides	(West) De Wildeman 1897	CMA	Chlorophyta	Oocystaceae	0	0	1	0
Woronichinia fremyi	(Komárek) Komárek & Hindák 1988	CMA	Cyanobacteria	Microcystaceae	1	2	0	0
Yamagishiella unicocca	(W.R.Rayburn & R.C.Starr)	CMA	Chlorophyta	Volvocaceae	0	1	0	0
Anabaena sp.	Bory ex Bornet & Flahault, 1886, nom. cons.	FA	Cyanobacteria	Nostocaceae	1	4	3	0
Aulacoseira granulata	(Ehrenberg) Simonsen 1979	FA	Heterokontophyta	Aulacoseiraceae	1	7	1	0
Aulacoseira italica	(Ehrenberg) Simonsen 1979	FA	Heterokontophyta	Aulacoseiraceae	1	0	0	
Cladophora sp.	Kützing, 1843, nom. cons	FA	Chlorophyta	Cladophoraceae	0	0	1	
Diadesmis confervacea	Kützing 1844	FA	Heterokontophyta	Diadesmidaceae	1	6	2	
Geitlerinema sp.	(Anagnostidis & Komárek) Anagnostidis, 1989	FA	Cyanobacteria	Geitlerinemataceae	1	1	0	
Gomphonema augur	Ehrenberg 1841	FA	Heterokontophyta	Gomphonemataceae	0	1	0	
Gomphonema duplipunctatum	Lange-Bertalot & E.Reichardt 1996	FA	Bacillariophyta	Gomphonemataceae	0	1	0	
Gonatozygon monotaenium	De Bary 1856	FA	Streptophyta	Gonatozygaceae		1	2	
Gonatozygon pilosum	Wolle 1882	FA	Streptophyta	Gonatozygaceae	1	0	1	0
Hyalotheca sp.	Ehrenberg ex Ralfs, 1848	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	1	3	1	0
Leptolyngbia sp.	Anagnostidis & Komárek, 1988, nom. et typ. cons.	FA	Cyanobacteria	Leptolyngbyaceae	0	0	0	1
Melosira sp.	C.Agardh, 1824, nom. cons	FA	Heterokontophyta	Melosiraceae	1	0	0	0
Microspora sp.	Thuret, 1850, nom. cons.	FA	Chlorophyta	Microsporaceae	0	0	0	1
Mougeotia sp.	De Bary, 1858, nom. illeg.	FA	Streptophyta	Zygnemataceae	1	2	0	6
Oedogonium sp.	Link ex Hirn, 1900	FA	Chlorophyta	Oedogoniaceae	1	6	8	51
Onychonema sp.	G.C.Wallich, 1860	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Oscillatoria sp.	Engler, 1892, nom. inval.	FA	Cyanobacteria	Oscillatoriaceae	1	4	2	0
Oscillatoria princeps	Vaucher ex Gomont 1892	FA	Cyanobacteria	Oscillatoriaceae	1	0	0	0
Pseudanabaena sp.	Lauterborn, 1915	FA	Cyanobacteria	Pseudanabaenaceae	1	0	0	13
Rhizoclonium sp.	Kützing, 1843	FA	Chlorophyta	Cladophoraceae	0	6	5	0
Sirogonium sp.	Pascher, 1927	FA	Streptophyta	Zygnemataceae	0	0	1	0
Sphaerosozma aubertianum	West 1889	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Sphaerosozma laeve	Nordstedt 1870	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Spirogyra sp.	Link, 1820, nom. cons.	FA	Streptophyta	Zygnemataceae	1	2	1	0
Spondylosium planum	(Wolle) West & G.S.West 1912	FA	Streptophyta	Desmidiaceae	0	1	0	0
Tribonema sp.	Derbès & Solier, 1851	FA	Heterokontophyta	Tribonemataceae	0	1	0	0

Uronema sp.	Lagerheim, 1887	FA	Chlorophyta	Chaetophoraceae	0	2	0	0
Xanthonema sp.	Lagerheim, 1887	FA	Ochrophyta	Tribonemataceae	1	0	1	0
Zygnema sp.	C.Agardh, 1817, nom. et typ. cons.	FA	Streptophyta	Zygnemataceae	1	0	0	0
Zygnemopsis sp.	(Skuja) Transeau, 1934	FA	Streptophyta	Zygnemataceae	1	0	0	0
Craticula cuspidata	(Kützing) D.G.Mann 1990	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	2	0	0
Cymbella cistula	(Ehrenberg) O.Kirchner 1878	PD	Heterokontophyta	Cymbellaceae	0	1	0	0
Eunotia incisa	W.Smith ex W.Gregory 1854	PD	Heterokontophyta	Eunotiaceae	1	1	9	0
Eunotia lunaris	(Ehrenberg) Grunow 1877	PD	Heterokontophyta	Eunotiaceae	0	1	1	0
Eunotia sp.	Ehrenberg, 1837	PD	Heterokontophyta	Eunotiaceae	0	8	0	0
Fallacia sp.	Stickle & D.G.Mann, 1990	PD	Heterokontophyta	Naviculaceae	1	0	0	0
Gyrosigma acuminatum	(Kützing) Rabenhorst 1853	PD	Heterokontophyta	Pleurosigmataceae	1	7	1	0
Gyrosigma attenuatum	(Kützing) Rabenhorst 1853	PD	Heterokontophyta	Pleurosigmataceae	1	0	0	0
Hantzschia amphioxys	(Ehrenberg) Grunow 1880	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	3	0	0
Navicula cryptocephala	Kützing 1844	PD	Heterokontophyta	Naviculaceae	0	0	1	0
Navicula rhynchocephala	Kützing 1844	PD	Heterokontophyta	Naviculaceae	1	0	0	0
Navicula sp.	Bory, 1822	PD	Heterokontophyta	Naviculaceae	1	0	2	0
Nitzschia acicularis	(Kützing) W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0	0	0
Nitzschia agnita	Hustedt 1957	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1	0	0
Nitzschia clausi	Hantzsch 1860	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	4	3	0
Nitzschia diversa	Hustedt 1959	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1	0	0
Nitzschia filiformis	(W.Smith) Van Heurck 1896	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0	0	0
Nitzschia filiformis	(W.Smith) Van Heurck 1896	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	8	2	
Nitzschia graciliformis	Lange-Bertalot & Simonsen 1978	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1	0	
Nitzschia gracilis	Hantzsch 1860	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0	0	
Nitzschia heufleriana	Grunow 1862	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1	0	
Nitzschia intermedia	Hantzsch ex Cleve & Grunow 1880	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1	0	
Nitzschia linearis	W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1	0	
Nitzschia palea	(Kützing) W.Smith 1856	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae		16	7	
Nitzschia recta	Hantzsch 1862	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	0	0	0
Nitzschia reversa	W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	2	0	0
Nitzschia scalpelliformis	Grunow 1880	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	3	1	0
Nitzschia sigmoidea	(Nitzsch) W.Smith 1853	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	1	1	0	0
Nitzschia subacicularis	Hustedt 1938	PD	Heterokontophyta	Bacillariaceae	0	1	0	0
Pinnularia gibba	(Ehrenberg) Ehrenberg 1843	PD	Heterokontophyta	Pinnulariaceae	1	3	0	0
Pinnularia sp.	Ehrenberg, 1843, nom. et typ. cons.	PD	Heterokontophyta	Pinnulariaceae	0	2	0	0
Pinnularia sudetica	Hilse 1861	PD	Heterokontophyta	Pinnulariaceae	1	4	9	0
Prestauroneis protracta	(Grunow) Kulikovskiy & Glushchenko 2016	PD	Heterokontophyta	Pinnulariaceae	1	0	0	0
Sellaphora pupula	(Kützing) Mereschkovsky 1902	PD	Heterokontophyta	Sellaphoraceae	1	0	1	0
Stenopterobia sigmatella	(W.Gregory) R.Ross 1986	PD	Heterokontophyta	Stenopterobiaceae	1	1	0	0
Surirella caproni	Brébisson & Kitton 1869	PD	Heterokontophyta	Surirellaceae	1	0	0	0

Synedra sp.	Ehrenberg, 1830	PD	Heterokontophyta	Ulnariaceae	0	2	2	0
Ulnaria ulna	(Nitzsch) Compère 2001	PD	Heterokontophyta	Ulnariaceae	1	1	3	0
Closteriopsis sp.	Lemmermann, 1899	UG	Chlorophyta	Chlorellaceae	1	4	0	0
Closterium diana	Ehrenberg ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Closteriaceae	1	0	0	0
Closterium kuetzingii	Brébisson 1856	UG	Streptophyta	Closteriaceae	1	0	0	0
Closterium parvulum	Nägeli 1849	UG	Streptophyta	Closteriaceae	1	0	1	0
Closterium setaceum	Ehrenberg ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Closteriaceae	1	1	0	0
Cosmarium hammeri	Reinsch 1866	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Cosmarium laeve	Rabenhorst 1868	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	0	0	1	1
Cosmarium ochthodes	Nordstedt 1875	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Cosmarium ornatum	Ralfs ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Cosmarium polygonum	(Nägeli) W.Archer 1861	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	0	1	0	0
Cosmarium sp.	Corda ex Ralfs, 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	0	1	0	0
Cosmarium subcostatum	Nordstedt 1876	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	0	0	3	0
Cosmarium subtumidum	Nordstedt 1878	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	1
Cosmarium trilobatum	Reinsch 1866	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	1	1	0
Cosmarium turpinii	Brébisson 1856	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Cosmarium venustum	(Brébisson) W.Archer 1861	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	1	0
Euastrum occidentale	West & G.S.West 1898	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Euastrum sp.	Ehrenberg ex Ralfs, 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Monoraphidium sp.	Komárková-Legnerová, 1969	UG	Chlorophyta	Selenastraceae	0	0	1	0
Pleurotaenium trabecula	Nägeli 1849	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	3	0	0
Raphidocelis subcapitata	(Korshikov) Nygaard, Komárek, J.Kristiansen & O.M.Skulber	UG	Chlorophyta	Selenastraceae	1	0	0	0
Staurastrum dilatatum	Ehrenberg ex Ralfs 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	0	0	2	0
Staurastrum disputatum	West & G.S.West 1912	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Staurastrum manfeldtii	Delponte 1878	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	1	0
Staurastrum quadrangulare	Brébisson 1848	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	0
Staurodesmus dejectus	(Brébisson) Teiling 1954	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	
Staurodesmus lobatus	(Børgesen) Bourrelly 1966	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	1	0	0	
Staurodesmus pachyrhynchus	(Nordstedt) Teiling 1967	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	0	1	0	
Staurodesmus triangularis	(Lagerheim) Teiling 1948	UG	Streptophyta	Desmidiaceae	0	1	0	
Ceratium hirundinella	(O.F.Müller) Dujardin 1841	UMF	Dinoflagellata	Ceratiaceae	1	0	0	
Euglena deses	(O.F.Müller) Ehrenberg 1834	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0	1	
Euglena ehrenbergii	G.A.Klebs 1883	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae		1	0	

Lepocinclis acus	(O.F.Müller) B.Marin & Melkonian 2003	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0	0	0
Monomorphina pyrum	(Ehrenberg) Mereschkowsky 1877	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0	0	0
Peridinium sp.	Ehrenberg, 1830	UMF	Dinoflagellata	Peridiniaceae	1	0	0	0
Phacus pleuronectes	(O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin 1841	UMF	Euglenophyta	Phacaceae	1	0	1	0
Trachelomonas hispida	(Perty) F.Stein 1878	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0	0	0
Trachelomonas raciborskii	Wołoszyńska 1912	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0	0	0
Trachelomonas robusta	Svirenko 1914	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	1	0	0	2
Trachelomonas volvocina	(Ehrenberg) Ehrenberg 1834	UMF	Euglenophyta	Euglenaceae	0	0	0	7