



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

**Reconstrução da rede trófica aquática da albufeira do
Alqueva: uma abordagem bibliográfica.**

David José Batista Reinho

Orientador(es) | Miguel Nunes da Costa da Graça Matias
Zeynep Ersoy Ferhat

Évora 2021



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

**Reconstrução da rede trófica aquática da albufeira do
Alqueva: uma abordagem bibliográfica.**

David José Batista Reinho

Orientador(es) | Miguel Nunes da Costa da Graça Matias
Zeynep Ersoy Ferhat

Évora 2021



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Paulo Sá-Sousa (Universidade de Évora)

Vogais | Frederico Mestre (Universidade de Évora) (Arguente)
Miguel Nunes da Costa da Graça Matias (Universidade de Évora) (Orientador)

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Miguel Matias pelos ensinamentos, a orientação, a paciência, o esforço e a dedicação para comigo e para com a realização deste trabalho. Pelo rigor na correção deste trabalho e por toda a preocupação com o meu sucesso e com o sucesso deste projeto.

À Doutora Zeynep Ersoy, pela ajuda prestada e pelo seu contributo para a realização desta tese, bem como todas as explicações e cuidado que foi tendo durante a realização deste projeto.

Ao Doutor Miguel Pereira, pela disponibilização da sua base de dados, referente ao trabalho que realizou sobre a albufeira do Alqueva.

Aos docentes do departamento de Biologia da universidade de Évora, por no decorrer do meu percurso académico neste estabelecimento de ensino, terem partilhado os seus vastos conhecimentos na área de Biologia.

À minha família, por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida e pelos muitos sacrifícios que vão fazendo na sua vida para me poderem ajudar sempre, pelas palavras de encorajamento e por não me deixarem desistir.

Resumo

A barragem do Alqueva foi construída para fornecer água à agricultura, indústria e às populações da região do Alentejo, influenciando, no entanto, a estrutura do ecossistema natural da região. Ao utilizar a presença de taxa aquáticos e de atributos funcionais, provenientes de bases de dados e artigos, esta tese visou inferir a rede ecológica da albufeira do Alqueva.

As redes de interação, com 241 taxa recolhidos, desde mamíferos e aves, a invertebrados e algas, foram inferidas utilizando um método de correspondência de características funcionais, que permitiu excluir cerca de dois terços das interações proibidas revelando, pela primeira vez, a estrutura da rede ecológica da Albufeira.

Este estudo servirá de ponto de partida para uma caracterização mais detalhada das redes tróficas da região, por modo a inferir as consequências que as alterações climáticas ou a utilização dos terrenos, na bacia do Alqueva, terão nas redes tróficas.

Palavras-chave: Alqueva; aquático; biodiversidade; redes tróficas; interações bióticas.

Title: Reconstructing the aquatic food web of the Alqueva dam: a bibliographic approach.

Abstract

The Alqueva dam was built to provide water to agriculture, industry and the populations of the Alentejo region, influencing, however, the structure of the region's natural ecosystem. Using the presence of aquatic taxa and functional attributes, obtained in databases and articles, this thesis aimed to infer the ecological network of the Alqueva reservoir.

The interaction networks, with 241 collected taxa, ranging from mammals and birds, to invertebrates and algae, were inferred using a method of matching functional characteristics that allowed us to exclude about two thirds of the prohibited interactions revealing for the first time the structure of the ecological network of the Albufeira.

This study will serve as a starting point for a more detailed characterization of the trophic networks, in order to infer the consequences that climate change or land use in the region will have on trophic networks of the Alqueva basin.

Keywords: Alqueva; aquatic; biodiversity; trophic networks; biotic interactions.

Índice Geral

Agradecimentos	1
Resumo	2
Abstract	3
Índice Geral	4
Índice Figuras	5
Índice Figuras – Anexos	6
Índice Tabelas	7
Introdução:	8
Métodos:	11
Sistema de estudo	11
Reconstrução da base de dados	13
Base de dados de características funcionais e interações	13
Inferência das redes de interação	15
Visualização das redes de interação	22
Advertência - condicionamento Covid	23
Resultados:	23
Atributos e características funcionais	23
Redes de interação	29
Discussão:	37
Considerações finais:	43
Referências Bibliográficas:	44
Anexos:	49

Índice Figuras

Figura 1. Mapa do lago artificial da albufeira do Alqueva.	12
Figura 2. Construção das redes de interação.	16
Figura 3. Distribuição do peso das espécies de vertebrados.	19
Figura 4. Esquema representativo de um lago.	20
Figura 5. Distribuição dos taxa incluídos na base de dados.	24
Figura 6. Distribuição dos grupos metabólicos.	25
Figura 7. Distribuição da dieta geral.	26
Figura 8. Distribuição das classes de tamanho.	27
Figura 9. Distribuição por habitats disponíveis dos taxa incluídos na base de dados.	29
Figura 10. Gráfico da rede de interação 1 - Todas as interações.	30
Figura 11. Gráfico da rede de interação 2 - Grupos metabólicos.	31
Figura 12. Gráfico da rede de interação 3 - Dieta geral.	32
Figura 13. Gráfico da rede de interação 4 - Classes de tamanho.	33
Figura 14. Gráfico da rede de interação 5 - Habitats.	34
Figura 15. Progressão das redes de interação e das métricas que caracterizam a sua estrutura.	35
Figura 16. Gráfico da rede de interação 6 - Interações conhecidas.	36
Figura 17. Comparação entre interações previstas e interações conhecidas.	37

Índice Figuras – Anexos

Figura A1. Gráfico da rede de interação 1 - Todas as interacções.	49
Figura A2. Gráfico da rede de interação 2 - Grupos metabólicos.	50
Figura A3. Gráfico da rede de interação 3 - Dieta geral.	51
Figura A4. Gráfico da rede de interação 4 - Classes de tamanho.	52
Figura A5. Gráfico da rede de interação 5 - Habitats.	53
Figura A6. Gráfico da rede de interação 6 - Interações conhecidas.	54

Índice Tabelas

Tabela 1 Regras de interação baseadas em características funcionais e utilização do habitat.	17
Tabela 2. Interações entre habitats.	21
Tabela 3. Taxa por habitat.	28

Introdução:

Uma análise global dos impactos das atividades antropogénicas revela que mais de 60% dos serviços ou benefícios sociais, providenciados pelos sistemas bióticos, terão diminuído ao longo das últimas décadas. (Mooney et al., 2009; Duraiappah et al., 2005) Sendo assim, os impactos causados pela agricultura, pecuária, pesca, caça, indústria madeireira, construção de cidades e extração de água, são profundos e em muitos casos, continuam a aumentar (Mooney et al., 2009).

No entanto, os impactos das atividades antropogénicas não se limitam apenas aos ecossistemas. Devido às necessidades energéticas por parte da sociedade humana, tornou-se necessária a utilização de fontes de energia como os combustíveis fósseis (Rognstad, 2017). Porém a utilização destes combustíveis, não renováveis, liberta entre outros gases, grandes quantidades de CO₂ para a atmosfera. Por modo a tentar reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, desenvolveram-se outras formas de produzir energia, como as barragens hidroelétricas, os moinhos de vento, os painéis fotovoltaicos entre outros. Mesmo assim estas fontes de energia renováveis, apresentam problemas para a biodiversidade (Kunstler, 2007).

O normal funcionamento da sociedade humana, requer a utilização destas infraestruturas, contudo, as grandes barragens têm como consequência, a redução da diversidade de peixes nos rios, onde são construídas, ao bloquearem os movimentos que conectam as populações e permitem que as espécies migratórias completem os seus ciclos de vida (Winemiller et al., 2016; Ziv et al., 2012). Para além desta consequência, as barragens também provocam uma mudança no regime ecológico (Mantel et al., 2010), ao tornarem um sistema dinâmico com alta complexidade estrutural, como um rio, num sistema relativamente homogéneo e menos produtivo (Winemiller et al., 2016). Mas os efeitos ecológicos das grandes barragens não se limitam aos rios, ao bloquearem a movimentação natural dos sedimentos, as barragens também alteram a dinâmica dos nutrientes e outros processos biogeoquímicos nos ecossistemas estuarinos, nos deltas dos rios e nas plataformas marinhas, afetando, por sua vez, a agricultura, a pesca e os povoamentos humanos (Winemiller et al., 2016; Kondolf et al., 2014). Ao criarem ambientes perturbados, as barragens podem facilitar a introdução de espécies não nativas que, ao serem

introduzidas, podem eventualmente criar novos elos tróficos, porque ou se alimentam e/ou servem de alimento para espécies residentes. Através destes elos, estas espécies afetam a demografia e abundância das espécies ao seu redor e esses efeitos podem-se propagar a dois ou mais níveis na rede trófica (David et al., 2017). Como tal, a descrição da estrutura das redes ecológicas é essencial para permitir a previsão dos efeitos das atividades antropogênicas (introdução de espécies invasoras, construção de infraestruturas, etc.), sobre a biodiversidade de um sistema natural.

Estas redes são frequentemente construídas incorporando interações de espécies obtidas na literatura publicada, sendo que muitas das redes são construídas inteiramente desta forma (Cohen & Mulder, 2014; Gray et al., 2015), enquanto que outras redes tróficas contêm uma mistura de dados observacionais e de dados extrapolados (Gray et al., 2015; Layer et al., 2013). Ao preencher interações tróficas "ausentes" a uma determinada lista de espécies, a suposição implícita é feita de que, se um determinado grupo de espécies tiver sido observado a interagir num local similar do ponto de vista ambiental, que as mesmas espécies irão interagir noutros locais em que co-ocorram (Peterson et al., 2011). As redes tróficas construídas através deste método são frequentemente referidas como redes tróficas "sumárias" ou "cumulativas", pois representam todas as potenciais interações entre espécies de uma determinada comunidade (Gray et al., 2015).

Como a maioria das espécies têm distribuições irregulares que podem não se sobrepor, as interações entre as mesmas, podem variar ao longo do tempo, de regiões e de ecossistemas (Gravel et al., 2019). Mapear a estrutura das redes tróficas no espaço poderia, assim, ajudar a antecipar as consequências das mudanças globais na biodiversidade. No entanto, o tempo necessário para documentar empiricamente a variabilidade espacial de milhões de interações entre as espécies, é proibitivo (Morales-Castilla et al., 2015). Como alternativa, podemos inferir a probabilidade da ocorrência de uma interação trófica baseada em informações mensuráveis (ou características funcionais) sobre a distribuição das espécies, a sua massa corporal e as condições ambientais locais, que possam influenciar a predação. Com estes dados empíricos, sobre a ocorrência de interações entre espécies em variadas condições, podemos estimar a probabilidade de interação entre espécies em outros locais equivalentes do ponto de vista ambiental (Albouy et al., 2014). A estrutura resultante deste processo, é uma rede de interação, que descreve as potenciais interações das espécies baseando-se em conhecimento já existente (Dunne, 2006).

Este trabalho tem como objetivo fazer uma primeira descrição da estrutura da rede trófica da albufeira do Alqueva. Para que tal seja possível, será necessária a 1) criação de uma base de dados, de características funcionais e possíveis interações entre espécies, que será baseada em bases de dados públicas e em literatura publicada; através desta base de dados, 2) serão criadas redes de interação, que serão utilizadas para estimar a rede trófica; por fim, 3) será realizada uma comparação entre a rede de interação final, criada por este método e por uma rede de interação criada exclusivamente com base em interações, predador-presa, registradas em literatura publicada.

Métodos:

Sistema de estudo

O foco desta tese são as comunidades aquáticas e terrestres associadas à albufeira do Alqueva. Esta albufeira localiza-se a sul de Portugal continental na região do Alentejo, que corresponde a cerca de 1/3 do território de Portugal Continental. Esta é uma região com baixa densidade populacional, com elevados índices de desertificação humana e de envelhecimento, registando ainda um grande déficit de pluviosidade (EDIA, 2020).

A carência de água nesta região foi, ao longo dos anos, um dos principais condicionalismos ao seu desenvolvimento, impedindo a modernização da agricultura e a sustentabilidade do abastecimento público (EDIA, 2020), o que levou à criação do projeto Alqueva. A albufeira de Alqueva estende-se por 83 km (ver figura 1) ao longo dos concelhos de Moura, Portel, Mourão, Reguengos de Monsaraz e Alandroal, ocupando uma área de 250 km² (Rodrigues et al., 2020), com uma capacidade total de armazenamento de 4 150 milhões de m³, sendo que o seu volume utilizável em exploração normal é de 3 150 milhões de m³ (Rodrigues et al., 2020).

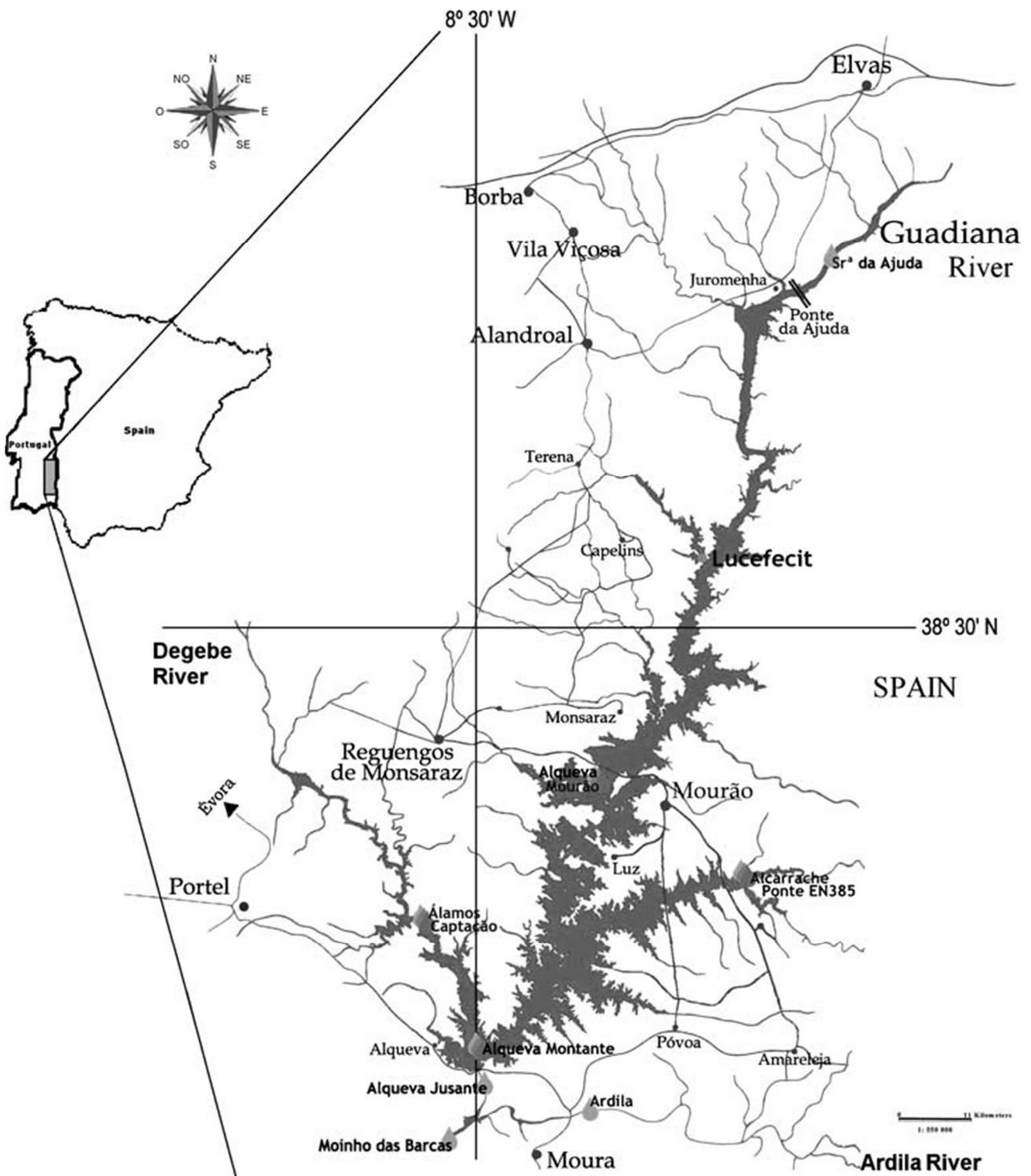


Figura 1. Mapa do lago artificial da albufeira do Alqueva. Mapa adaptado do reservatório do Alqueva, Portugal (Palma et al., 2009; Perez et al., 2008).

A região apresenta um clima mediterrânico, com verões quentes e secos e chuvas amenas e concentradas no inverno. A temperatura média anual da região varia entre 24°C e 28°C durante os meses quentes (julho/agosto) e entre 8°C e 11°C durante os meses frios (dezembro/janeiro). A precipitação média anual varia entre 450 e 550 mm. A região é afetada por períodos de seca intensos, sem precipitação, já que quase 80% da precipitação ocorre entre outubro e abril (Palma et al., 2010).

Devido à influência do clima, a bacia do Guadiana, é alvo de vazamentos naturais do rio, que variam significativamente ao longo do ano e de ano para ano, sendo que estas variações se devem às flutuações sazonais e anuais das chuvas, que atingem a região (Chícharo et al. 2006).

Reconstrução da base de dados

Base de dados de características funcionais e interações

Para recriar a rede trófica da albufeira, primeiro é necessário identificar as espécies que a incorporam, sendo que posteriormente será necessário recolher e compilar informação sobre as suas características funcionais, dietas e habitats. Com estas informações, será criada uma base de dados, de modo a compilar toda a informação. Para a criação desta base de dados, recorreu-se a várias outras bases de dados e fontes bibliográficas, por modo a identificar as espécies, existentes no Alqueva, que poderiam interagir com a rede trófica aquática da albufeira, sendo que a rede que será criada, se trata de uma aproximação à rede trófica da região (espécies mais conhecidas e abundantes), em que deverão existir espécies (crípticas ou menos abundantes) que não estão enquadradas neste estudo.

As espécies de peixes, foram recolhidas a partir de três bases de dados, sendo a primeira, o catálogo de peixes da EDIA (Collares-Pereira et al., 2007; Ribeiro et al., 2007; SIBC, 2014), proveniente de uma compilação de informação das diversas espécies de peixes que existem na albufeira do Alqueva, utilizado pela empresa para catalogar as espécies de peixes que existem na mesma.

Contudo, e por modo a recolher o máximo de informação possível, também foram utilizadas outras bases de dados que contêm desde informação taxonómica e ecológica (desenvolvida e testada como um sistema de avaliação da qualidade ecológica dos rios, por toda a Europa (Grenouillet & Schmidt-Kloiber, 2006)), a dados históricos de espécies de peixes de água doce em rios e bacias portuguesas (Duarte et al., 2018). Sendo que para além da utilização destas três bases de dados, foi também realizada uma pesquisa para cada espécie de peixe, através da página Fishbase (<https://www.fishbase.se/>) e uma pesquisa bibliográfica de artigos científicos, por modo a obter informação suplementar (dieta, comprimentos) que poderiam ser pertinentes para a construção da rede trófica aquática do Alqueva (Froese & Pauly, 2019). Para obter a massa corporal, calculou-se a mesma através da fórmula geral $w=a \cdot l^b$, em que w corresponde ao peso, l corresponde ao comprimento e as variáveis a e b são valores obtidos em outros estudos, sendo que estes valores foram obtidos na página da espécie, no Fishbase (Froese & Pauly, 2019).

As restantes espécies de vertebrados, onde se incluem as aves, os mamíferos, os répteis e os anfíbios, foram retiradas da base de dados criada por Pereira, 2008. No entanto a espécie *Pandion haliaetus* foi incluída na lista de espécies, devido ao programa de reintrodução que está a ser realizado no Alqueva (Palma et al., 2013).

A lista de invertebrados recolhidos para esta base de dados foi retirada de várias fontes. As espécies referentes à ordem *Odonata* foram retiradas da base de dados criada por Pereira, 2008 e do artigo de Fulan et al., 2010, relativo à abundância e diversidade de libélulas, quatro anos após a construção do reservatório. As espécies da ordem *Diptera* (família *Culicidae*), foram recolhidas a partir de um estudo realizado ao rio Guadiana, relativo às espécies de mosquitos que poderiam transmitir o vírus do Nilo Ocidental em Portugal (Almeida et al., 2010). As restantes ordens de invertebrados foram recolhidas de estudos realizados ao rio Guadiana, sendo que foi extrapolada a presença dos mesmos na albufeira do Alqueva (Chicharo et al., 2001; Chicharo et al., 2006; Pinto, 2018; Pérez Quintero, 2007). As informações referentes à alimentação das espécies de invertebrados, foram obtidas, através da base de dados Tachet (Tachet et al., 2010) e por pesquisa bibliográfica.

Os recursos utilizados por cada espécie, foram identificados a partir de informação recolhida sobre a dieta das espécies de herbívoros e omnívoros, de entre as espécies anteriormente selecionadas, sendo que de entre as plantas presentes, apenas as espécies aquáticas foram selecionadas (Karmiris et al., 2010; Reques, 2014). Devido ao grande

volume de espécies possíveis, decidiu-se agrupar as espécies de algas e bactérias, em 4 filas de algas e 1 filo de bactérias.

Para construir a base de dados, tendo em conta a diferença existente entre as várias espécies recolhidas, foi necessário determinar que parâmetros poderiam englobar o maior número de espécies. Como tal, determinou-se que os parâmetros a utilizar seriam: o código da espécie, o nome da espécie, o tipo de espécie, a informação taxonómica das espécies (Classe, Ordem, Família), o estado de conservação da espécie em Portugal, a sua origem (se a mesma é exótica ou não), informação relativa ao seu habitat, a sua massa corporal, o seu peso, o seu comprimento e a dieta geral da espécie, sendo que para as aves também foi incluída a envergadura de asa das espécies. Toda a informação incluída nesta base de dados foi curada, utilizando o Microsoft Excel e armazenada online na plataforma Google Drive.

Inferência das redes de interação

Para inferir a estrutura da rede trófica aquática do Alqueva (i.e., espécies aquáticas e todas aquelas que utilizam ou servem de recursos para as espécies aquáticas), algo que demoraria anos a estudar, devido a todas as possíveis interações entre as várias espécies que existem na região, será necessário recorrer à construção de várias redes de interações. Estas redes são inferidas de acordo com as interações entre as espécies, sendo que para este estudo, as interações que se pretendem inferir são tróficas (i.e., predação, herbivoria, omnívora; Morales-Castilla et al., 2015). Utilizando então a informação presente na base de dados, foram criadas 5 redes de interações, que incorporam níveis ascendentes de informação sobre as espécies (ver figura 2), sendo que a quinta rede, irá permitir inferir as interações de predador-presa, mais próximas da realidade, pois irá ser a rede de interação que menor número de ligações proibidas/improváveis, terá (como por exemplo um peixe grande ser predado por um peixe pequeno), que é o objetivo deste processo.

Sendo assim, a figura 2 irá demonstrar os vários passos de inferência das redes de interação, desde uma rede inicial onde se pressupõem que todas as espécies interagem, até à rede próxima da realidade, onde apenas as interações possíveis foram retidas, sendo

que será possível verificar uma diminuição do número de ligações, entre as espécies, ao longo de cada rede, até que por fim, o número de ligações será o mais próximo da realidade.

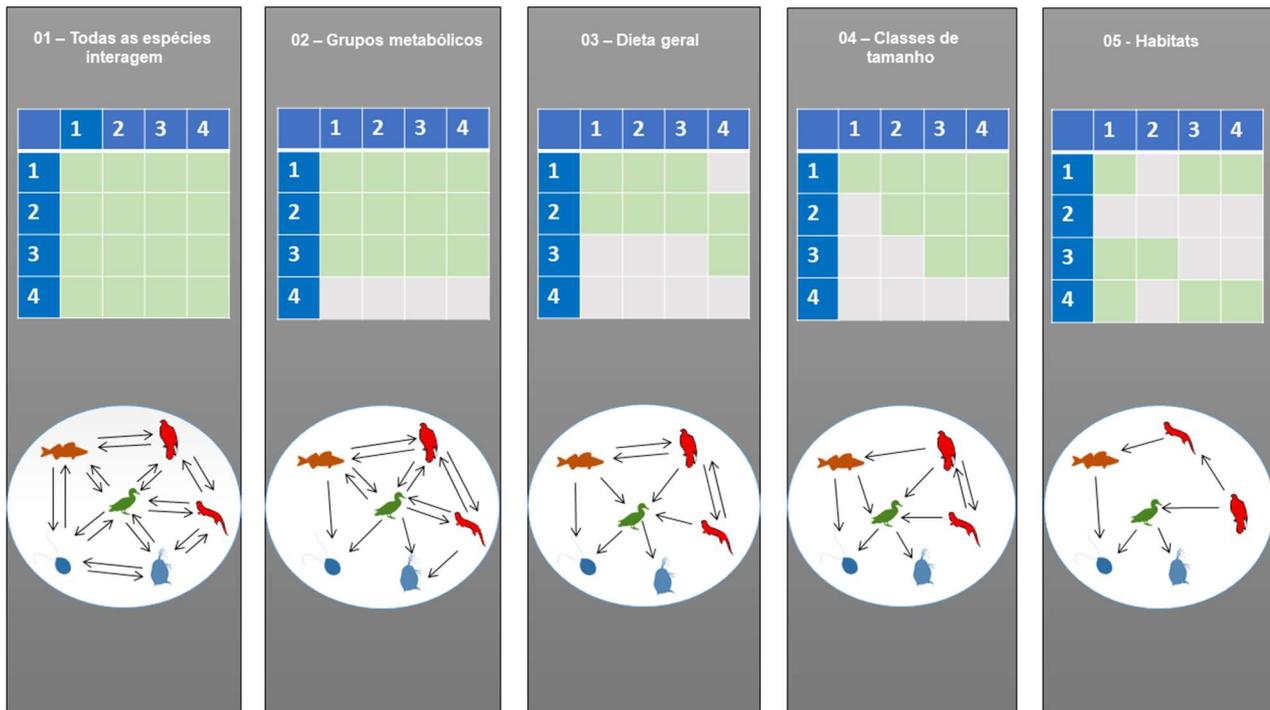


Figura 2. Construção das redes de interação. Esquema que demonstra, por modo de matriz (em cima) e rede trófica (em baixo), a implementação das regras utilizadas para construir as redes de interação, em que: vermelho = carnívoros; laranja = omnívoros; verde = herbívoros; azul = recurso. Nas matrizes, as células a verdes indicam as interações; as células a cinzento, interações não existentes. Ao longo das redes tróficas, é possível verificar que quando uma interação desaparece, a seta que representa a mesma, desaparece.

Para que a construção das redes presentes na figura 2 seja possível, foi necessário definir um conjunto de regras de interação (ver tabela 1), por modo a identificar as possíveis interações entre os vários taxa. De acordo com as regras presentes na tabela 1, na primeira rede, todos os taxa interagem entre si, sendo esta a rede mais básica e sem limitações nas interações. Esta rede de interação, é apenas teórica e dificilmente ocorre na natureza, contudo pode ser utilizada como mapa para todas as possíveis interações entre os taxa em estudo e funciona como ponto de comparação para as restantes inferências.

A segunda rede, divide os taxa em consumidores e recursos sendo que, nesta rede, os consumidores, podem eventualmente consumir-se entre si (e.g. um predador que consome um herbívoro), para além de consumirem os recursos, contudo enquanto os consumidores consomem todos os taxa, os recursos não consomem outros taxa (Brose et al., 2006; Dunne, 2009). Com esta regra, é possível reduzir o número de interações entre

os diversos tipos de taxa, ao impedir que, por exemplo, espécies de plantas como o bunho (*Scirpus lacustris*), consumam consumidores como o açor (*Accipiter gentilis*).

Tabela 1 Regras de interação baseadas em características funcionais e utilização do habitat. As regras são implementadas gradualmente para permitir a exclusão de interações “proibidas” ou pouco prováveis entre os taxa pertencentes a grupos funcionais distintos. Na tabela estão indicadas as regras de interação implementadas para cada uma das cinco redes.

Nº	Descrição	Regras	Código
1	Todas as interações	1:1 Todos os taxa interagem	
2	+Grupos metabólicos	2:1 Consumidores, consomem outros consumidores e recursos	Consumidores
		2:2 Recursos não consomem consumidores nem recursos	Recursos
3	+Dieta geral	3:1 Carnívoros consomem tudo, menos produtores	Carnívoro
		3:2 Omnívoros consomem tudo	Omnívoro
		3:3 Herbívoros consomem produtores	Herbívoro
		3:4 Produtores não consomem outras espécies	Produtores
4	+Classe de tamanho	4:1 Macro carnívoros, consomem todos os consumidores	Macro>1000g
		4:2 Macro omnívoros, consomem tudo	
		4:3 Macro herbívoros, consomem todos os produtores	
		4:4 Meso carnívoros, consomem todos os meso e micro consumidores.	Meso<1000g
		4:5 Meso omnívoros, consomem todos os meso e micro consumidores e todos os produtores	
		4:6 Meso herbívoros, consomem todos os produtores.	
		4:7 Carnívoros micro, consomem todos os consumidores micro	Micro=invertebrados e larvas de vertebrados
		4:8 Omnívoros micro, consomem todos os consumidores micro e os micro produtores (algas, bactérias)	
		4:9 Herbívoros micro, consomem apenas os micro produtores (algas, bactérias)	
5	+Habitat	5:1 Limnético bentónico	Ver tabela 2, para informação mais detalhada sobre a regra 5
		5:2 Limnético pelágico	
		5:3 Superfície da água limnética	
		5:4 Litoral bentónico	
		5:5 Superfície da água litoral	
		5:6 Terrestre não voador	
		5:7 Terrestre voador	

Para a terceira rede (i.e., dieta geral), para além da última regra, é também adicionada a dieta geral dos taxa (carnívoro, omnívoro, herbívoro, produtor). Nesta rede, os carnívoros podem-se alimentar de outros carnívoros e omnívoros, para além de herbívoros, contudo não podem consumir produtores. Os omnívoros, consomem todos os grupos e por fim os herbívoros só se podem alimentar de produtores (Bronmark & Hansson, 2017). Ao adicionar a dieta geral dos taxa em estudo é possível criar divisões entre os consumidores, sendo que por exemplo, o rato de água (*Arvicola sapidus*), que é um mamífero herbívoro aquático, que anteriormente teria uma interação de predação com os outros consumidores, passa a interagir apenas (herbivoria) com os taxa produtores.

A quarta rede (i.e., classes de tamanhos) têm como princípio geral, o tamanho da espécie, por modo a remover interações em que, por exemplo, peixes pequenos predavam peixes grandes. Para proceder com esta divisão, dividiu-se os taxa em: macro carnívoro, omnívoro, herbívoro; meso carnívoro, omnívoro, herbívoro; micro carnívoro, omnívoro, herbívoro. Esta discriminação é necessária, pois a variação de massa corporal, é um fator limitante nas interações tróficas entre as espécies, sendo fundamental neste estudo para limitar as interações realizadas numa comunidade e determinar a força das mesmas (Brose et al., 2019). Ao utilizar esta discriminação, exclui-se interações de predação em que espécies de pequenas dimensões iriam consumir espécies de grandes dimensões, sendo que esta discriminação irá impedir, por exemplo, um anuro como o sapo parteiro ibérico (*Alytes cisternasii*) de predação uma espécie de grandes dimensões, como o gato selvagem (*Felis silvestris*).

As divisões macro/meso são referentes aos vertebrados em estudo e micro, para além de conter todos os invertebrados, inclui também as formas larvais de alguns vertebrados, nomeadamente os girinos das espécies de anfíbios presentes neste estudo, esta diferenciação, simplificada, é feita por modo a permitir que as interações entre as espécies sejam inferidas. Para realizar a discriminação por tamanhos (i.e., macro e meso), foi criado um histograma com o peso dos vertebrados (anfíbios, répteis, mamíferos, aves e peixes) (ver figura 3), sendo que qualquer espécie de vertebrado com menos de 1 kg foi considerado como meso. Devido ao método de recolha dos dados, é possível que existam variações no tamanho das espécies (comparados com as do Alqueva), devido aos diferentes locais onde os estudos foram realizados, sendo esta uma consequência da ausência de dados concretos sobre todas as espécies presentes no Alqueva, para além da informação referente à sua presença/ausência.

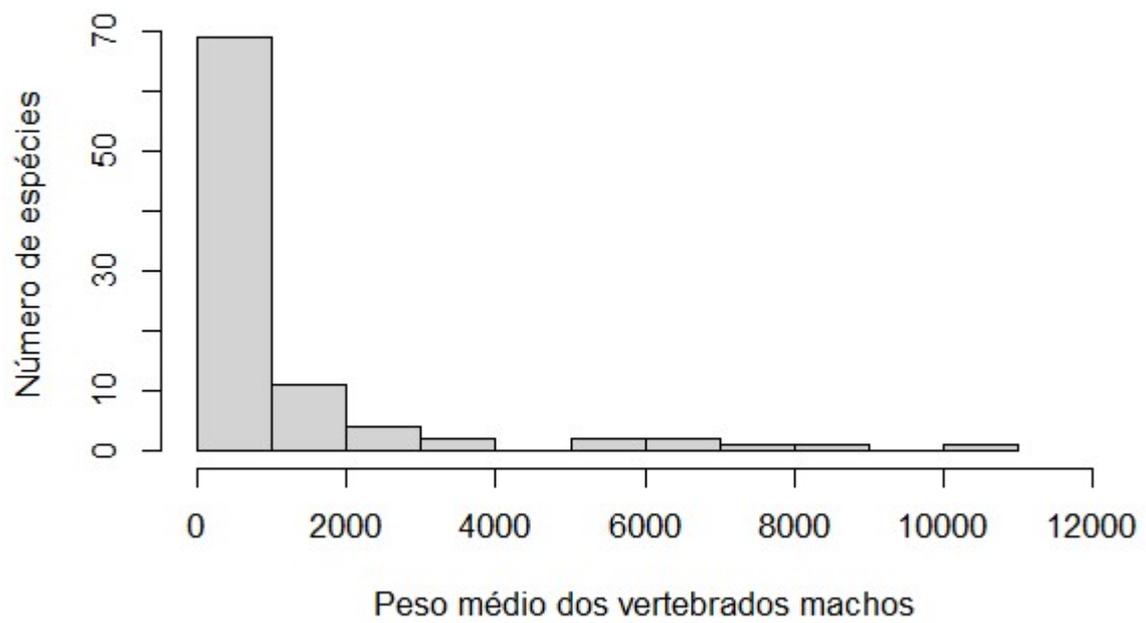


Figura 3. Distribuição do peso das espécies de vertebrados. Histograma da distribuição de peso, em gramas, dos machos de todas as espécies de vertebrados. O peso selecionado para este parâmetro, foi o dos machos, pois este era o mais completo, de toda a informação disponível.

Por fim para a quinta rede (i.e., habitat), foi introduzido um novo nível de discriminação entre as espécies, baseado na sua utilização preferencial de habitats (Dunne, 2009; Morales-Castilla et al., 2015), o que contribui para a sua segregação, resultando numa redução no número de interações. Com esta discriminação, foi possível limitar ainda mais as possíveis interações entre as mesmas (ver tabela 2), por exemplo excluindo interações entre espécies de superfície e espécies bentónicas, como por exemplo, impedindo que uma espécie demersal, ou seja, que vive no fundo do mar, junto ao substrato marinho, como a lampreia (*Petromyzon marinus*), interaja com uma espécie de superfície como o maçarico (*Tringa ochropus*).

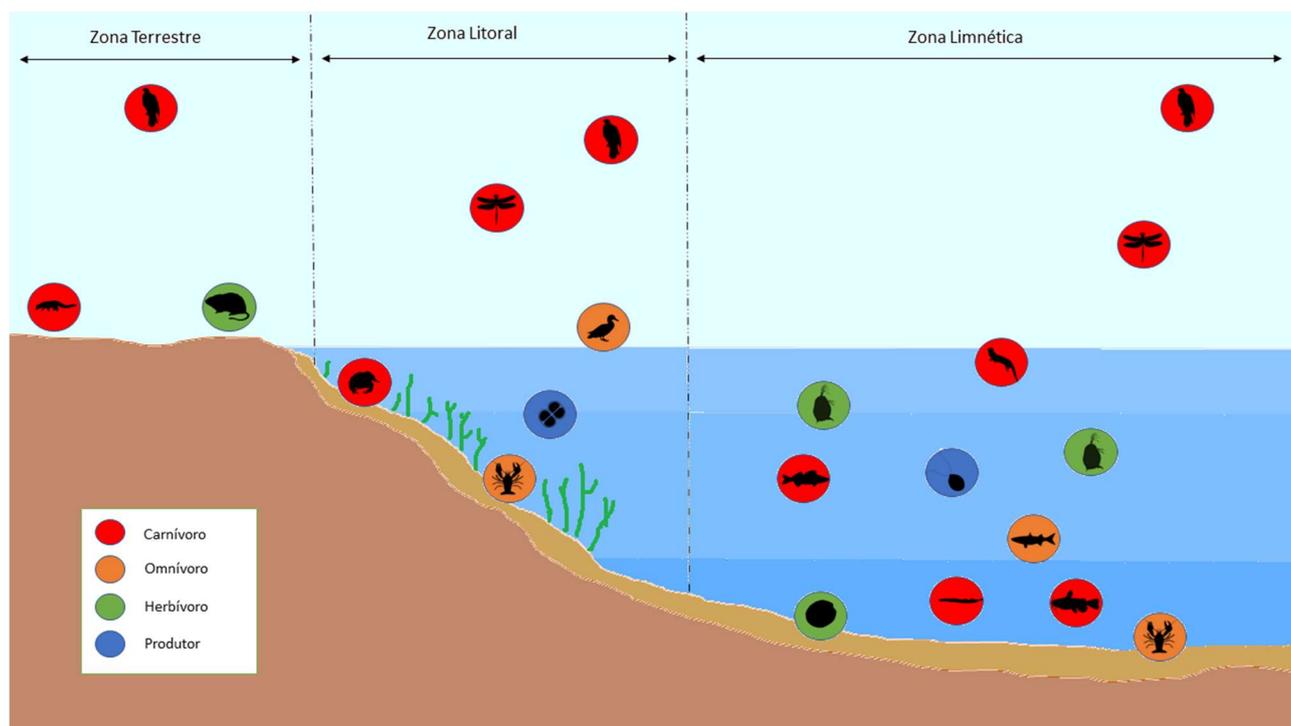


Figura 4. Esquema representativo de um lago. Simplificação de um lago, dividido em três partes: Zona Terrestre; Zona Litoral; Zona Limnética (Artoli et al., 2009), em que é possível visualizar várias espécies que compõem a rede trófica da região. Vermelho = Carnívoro; Laranja = Omnívoro; Verde = Herbívoro; Azul = Produtor. Estas divisões permitem agrupar as espécies, de acordo com o seu habitat, dentro do lago. Contudo, é possível que as espécies ocupem mais do que uma zona, sendo que a classificação de cada espécie, como pertencendo a uma zona, é baseada em informação recolhida na literatura publicada (não necessariamente da região do Alqueva) e como tal é suscetível a que existam variações de comportamento.

Dividiu-se assim um lago em 3 regiões: zona terrestre, zona litoral e zona limnética, contudo cada uma destas regiões apresenta subdivisões, determinadas pela profundidade ou pela presença de espécies voadoras (ver figura 4). Como tal, as espécies foram distribuídas por 7 tipos de habitat (limnético bentónico, limnético pelágico, superfície de água limnética, litoral bentónico, superfície de água litoral, terrestre não voador e terrestre

voador), em que as interações entre os vários tipos de habitat, foram posteriormente definidas. Sendo que de acordo com as limitações presentes na tabela 2, considerou-se pouco provável que uma espécie da região limnética, interagisse com uma espécie terrestre, que não seja voadora, por exemplo, o que irá fazer com que as interações estejam mais próximas da realidade.

Tabela 2. Interações entre habitats. Esquema de possíveis interações entre os diversos habitats, presentes na rede 5.

Habitat		Possíveis interações						
		Limnético			Litoral		Terrestre	
		Bent.	Pela.	Sup.	Bent.	Sup.	N.Voador	Voador
Limnético	Bentónico	x	x		x			
	Pelágico	x	x	x	x	x		
	Superfície		x	x	x	x		x
Litoral	Bentónico	x	x		x	x	x	x
	Superfície		x	x	x	x	x	x
Terrestre	Não Voador				x	x	x	x
	Voador			x		x	x	x

Para além das cinco redes inferidas, segundo as regras de interação presentes na tabela 1, será também criada uma sexta rede de interação. Esta rede de interação, será inteiramente baseada em interações encontradas em literatura publicada. Das possíveis interações descobertas, na literatura, apenas serão contadas as interações que tenham como nível máximo taxonómico da Família, sendo que se uma interação for ao nível da Ordem, a mesma não será contada para a rede de interação criada, e apenas serão contadas espécies que se enquadrem nas 189 espécies em estudo. Esta regra deve-se ao

fato de o nível taxonómico da Ordem ser demasiado abrangente. Contudo, como as algas e as bactérias foram agrupadas em 4 filós de algas e 1 filo de bactérias, as mesmas não são abrangidas pela regra anterior.

Visualização das redes de interação

As representações gráficas das redes de interação em estudo, foram criadas através da utilização do pacote *igraph* (Csardi & Nepusz, 2006), do programa R, versão 4.0.2 (R Core Team, 2020), sendo que no total foram criados seis gráficos, através deste método. Para tornar possível uma maior diferenciação visual das interações recolhidas, utilizou-se o comprimento corporal dos machos das espécies, sendo que para os taxa, para as quais estes valores não estavam disponíveis, foram definidos valores padrão, por modo a tornar possível uma melhor diferenciação visual da representação dos resultados. Para além de uma diferenciação visual com base em comprimento corporal dos machos das espécies, optou-se também por utilizar um padrão de coloração, para os gráficos, de acordo com a dieta geral, sendo que: vermelho = carnívoros, laranja = omnívoros, verde = herbívoros, roxo = plantas e azul = algas e bactérias.

Com as interações obtidas nas várias redes de interação criadas, será analisada a conectividade (C) das mesmas. Este cálculo será realizado dividindo o número de ligações (L) presente numa rede, pelo número total de ligações possíveis (S^2) (Albouy et al., 2019), sendo que o número de taxa em estudo é 241 (S), podemos então inferir que $S^2=58081$ (241×241), ou seja que podem existir 58081 ligações no total, nas redes de interação em estudo.

Advertência - condicionamento Covid

Inicialmente, este projeto teria uma componente de campo e laboratorial, sendo que estaria programado para os meses de Abril e Maio, uma saída de campo, até à albufeira do Alqueva, onde se iria realizar a captura da fauna aquática, nomeadamente peixes, com recurso a pesca elétrica. Cada animal capturado, seria medido e pesado, sendo posteriormente submetido a um procedimento para induzir o vômito, antes de ser libertado, para tornar possível a recolha dos seus conteúdos estomacais (Amundsen & Hernández, 2019). Com os conteúdos estomacais, iria-se proceder a uma análise molecular, para determinar a dieta dessas espécies. Contudo devido ao surgimento do Covid-19 em Portugal, do qual resultou um confinamento total, foi necessário cancelar toda a componente prática deste projeto.

Com a componente prática cancelada, a única alternativa que restou, foi transformar este projeto num projeto bibliográfico, em que se determinou a rede trófica do Alqueva, através da construção de redes de interações, baseadas em conhecimento teórico.

Resultados:

Atributos e características funcionais

Com a informação presente na base de dados, criou-se então 5 redes de interação, por modo a determinar as possíveis interações entre os taxa em estudo. No total foram incluídas neste estudo 189 taxa, sendo que as espécies de anfíbios, mosquitos e libélulas foram duplicadas, por modo a tornar possível adicionar as larvas das mesmas às redes de interação. Esta decisão foi tomada, devido ao fato de a fase larval de estes três grupos ser exclusivamente/parcialmente aquática e de as mesmas ocuparem posições distintas na rede alimentar, consoante a sua fase de desenvolvimento, sendo que a fase adulta dos

mosquitos e libélulas é voadora, enquanto que a fase adulta dos anfíbios é semiaquática. Após este processo, o número em estudo passou para 241 taxa, de entre os quais estão 44 espécies de aves, 31 espécies de peixes, 10 espécies de mamíferos, 8 espécies de anfíbios (nomeadamente, *anura*), 3 espécies de répteis, 31 espécies de libélulas, 13 espécies de mosquitos, 14 espécies de crustáceos, 8 espécies de bivalves, 15 espécies de gastrópodes, 7 espécies de plantas, 4 filas de algas e 1 filo de bactérias (ver figura 5).

No entanto as espécies em estudo, não são necessariamente uma representação completa de todas as espécies presentes no sistema de Alqueva, tratando-se sim de uma aproximação baseada em informação recolhida, sendo que é possível e provável que existam mais espécies no sistema, que não estejam incluídas neste estudo.

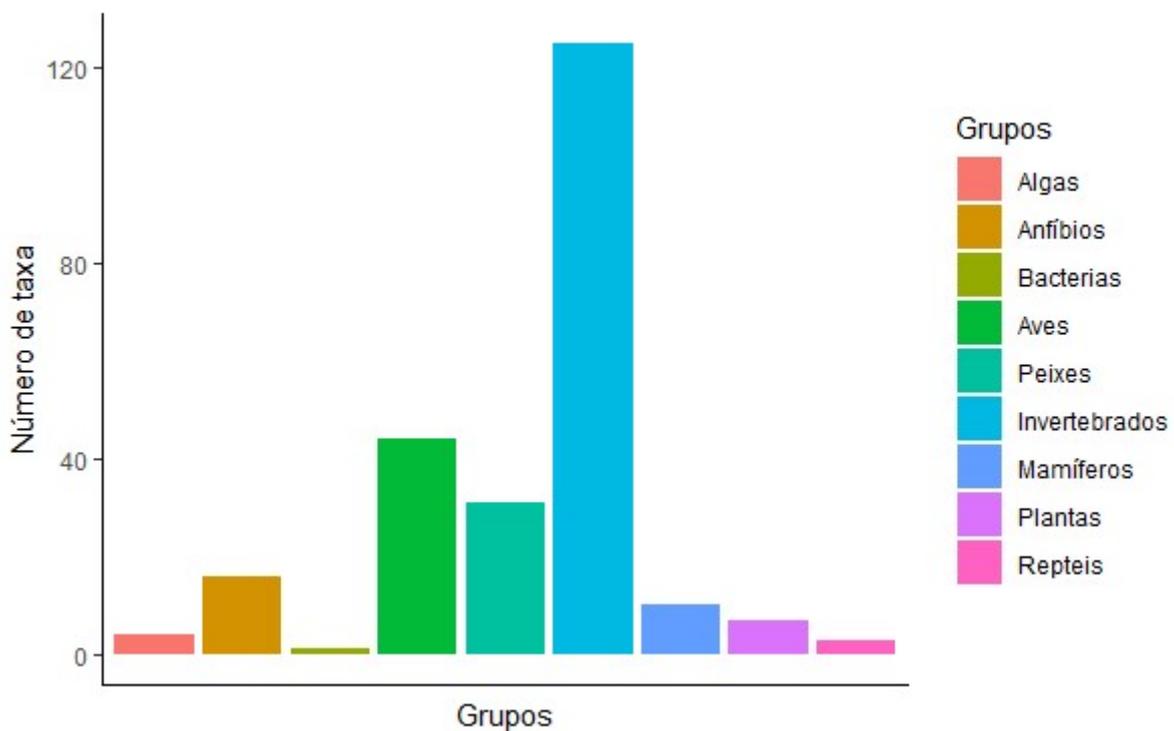


Figura 5. Distribuição dos taxa incluídos na base de dados. O gráfico indica que os grupos com maior riqueza específica são invertebrados, aves e peixes.

Com o número de taxa em estudo definido, o próximo passo, para se criar as redes de interação, de acordo com as regras indicadas na tabela 1, passou por determinar os grupos metabólicos dos taxa previamente selecionados, ou seja, quais eram consumidores e quais eram recursos. Para tal, determinou-se que todas as espécies animais, seriam consideradas como consumidores, enquanto todos os taxa de plantas, algas e bactérias seriam considerados como recursos, como é possível verificar na figura 6.

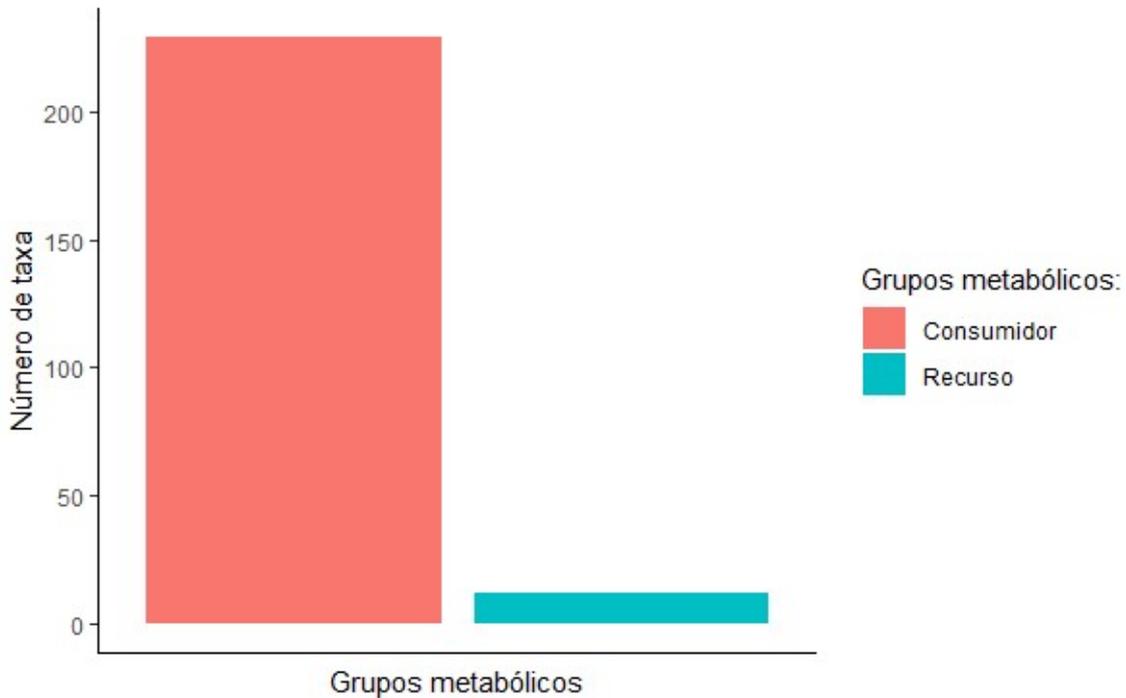


Figura 6. Distribuição dos grupos metabólicos. Existe uma maior preponderância de consumidores na base de dados, contudo estes resultados devem-se ao fato de o estudo ser tendenciosamente inclinado a favor dos consumidores, já que alguns dos grupos que representam os recursos (algas/bactérias), foram agrupados, sendo que esta inclinação também se deve à preponderância de informação sobre organismos de maiores dimensões, que normalmente são consumidores.

O próximo passo a determinar é a dieta geral das espécies selecionadas, o que foi possível, através de uma pesquisa bibliográfica. As espécies foram divididas, de acordo com os dados bibliográficos recolhidos, em quatro grupos: carnívoros, omnívoros, herbívoros e produtores. Sendo que esta divisão se encontra representada na figura 7.

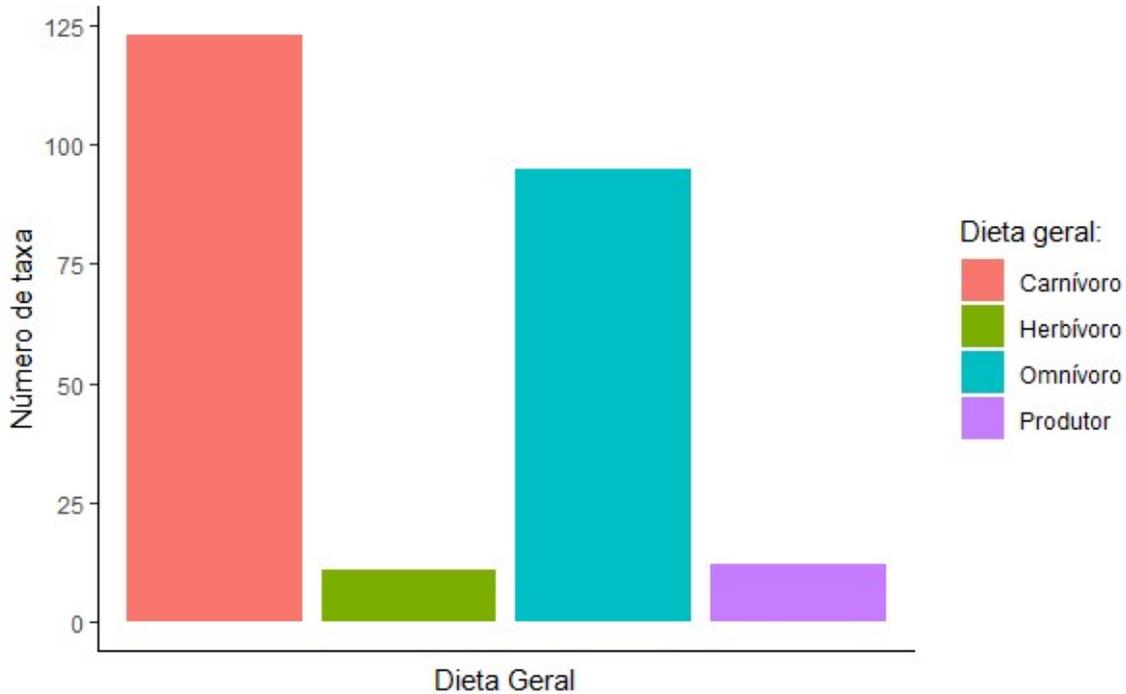


Figura 7. Distribuição da dieta geral. O gráfico demonstra uma maior proporção de carnívoros e omnívoros.

Para o quarto passo foi necessário dividir as espécies de acordo com o seu tamanho. As três divisões possíveis, de acordo com a tabela 1, são macro, meso e micro sendo que de acordo com as regras presentes na tabela 1, os invertebrados, onde se incluem as libélulas (fase larval e adulta), os mosquitos (fase larval e adulta), os crustáceos, os bivalves, e os gastrópodes foram diretamente incluídos na classe micro. Contudo não foram apenas os invertebrados os taxa, incluídos nesta classe, a fase larval dos anfíbios (nomeadamente, os girinos) também se incluem na classe micro.

Para dividir as classes macro e meso, que incluem todos os vertebrados (menos os girinos), foi necessário criar um histograma (ver figura 4), que de acordo com as regras determinadas na tabela 1, iria determinar a divisão das espécies. De acordo com a tabela 1, todas as espécies de vertebrados com menos de 1000g de peso, foram incluídas na classe meso, enquanto que as espécies com peso superior a 1000g, foram incluídas na classe macro, sendo que é possível verificar a distribuição das divisões na figura 8.

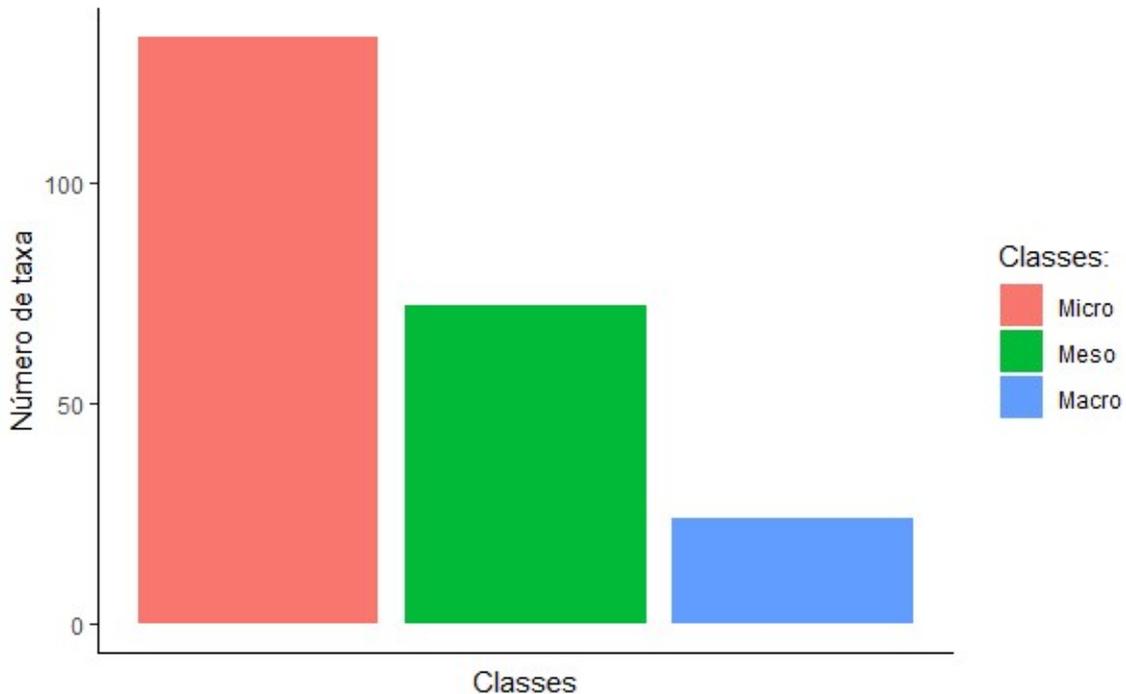


Figura 8. Distribuição das classes de tamanho. O gráfico que ilustra a divisão dos taxa entre as três classes utilizadas na rede de interação 4, em que macro equivale a vertebrados com mais de 1000g, meso é equivalente a vertebrados com menos de 1000g e micro equivale a invertebrados e girinos (forma “larval” dos anuros em estudo).

O quinto passo necessitou que os taxa fossem divididos por vários habitats. De acordo com a tabela 1, os taxa, teriam que ser divididos entre 3 zonas: zona terrestre, zona litoral e zona limnética, contudo cada uma destas zonas, apresenta subdivisões, consoante a profundidade ou a presença de espécies voadoras. A divisão dos taxa, pelas várias subdivisões, foi realizada consoante o seu habitat, estando esta divisão indicada na tabela 3. Assim é possível verificar que, 26 taxa estão indicados para o habitat terrestre voador, 9 taxa estão indicadas para o habitat terrestre não-voador, 74 para o habitat superfície de água na zona litoral, 52 para o habitat bentónico na zona litoral, 6 para o habitat superfície de água na zona limnética, 30 para o habitat pelágico na zona limnética e por fim 44 taxa para o habitat bentónico na zona limnética (ver figura 9).

Tabela 3. Taxa por habitat. Distribuição dos taxa pelos vários habitats que compõem as zonas representativas de um sistema aquático, nomeadamente um lago. Os habitats são os seguintes, n.v - não voador; v=voador; s= superfície de água; b= bentónico; p= pelágico.

	Terrestre		Litoral		Limnético		
	N.V	V	S	B	S	P	B
Aves		X	X		X		
Mamíferos	X					X	
Peixes						X	X
Répteis			X				
Anfíbios			X	X			
Odonata		X	X	X			
Díptera		X	X	X			
Gastrópodes							X
Crustáceos							X
Bivalves							X
Plantas			X				
Bactérias						X	
Algas						X	

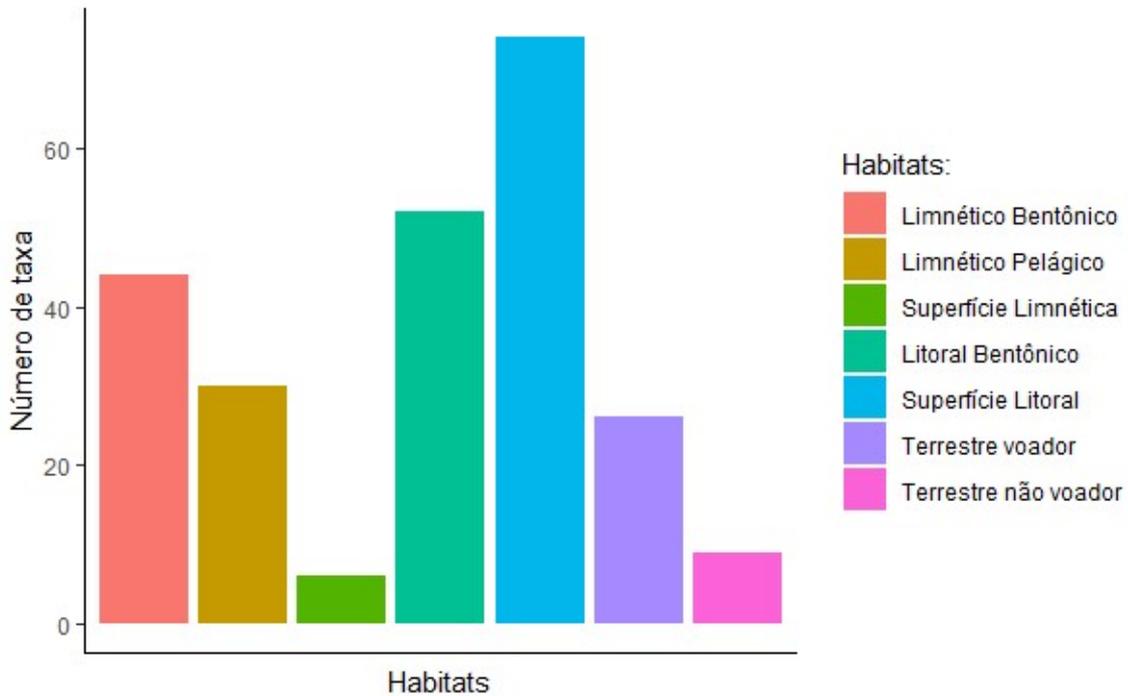


Figura 9. Distribuição por habitats disponíveis dos taxa incluídos na base de dados. O gráfico indica uma preponderância de taxa aquáticos na base de dados com os invertebrados como o grupo com maior riqueza específica.

Redes de interação

A rede de interação 1, em que todas as espécies interagem entre si (ver figura 10), é o ponto de partida deste estudo. Esta rede apresenta o número máximo de ligações possíveis, entre as espécies em estudo, sendo este $L=58081$, com uma conectividade máxima ($C=1$), ou seja 100% de conectividade entre as várias espécies em estudo.

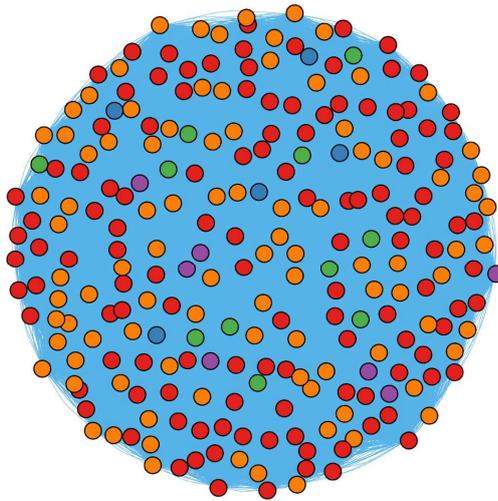


Figura 10. Gráfico da rede de interação 1 - Todas as interações. Representação gráfica da rede de interação 1, em que todos os taxa, em estudo, interagem entre si. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa e a dieta geral dos mesmos foi identificada através da utilização de cores: vermelho = carnívoro; laranja = omnívoro; verde = herbívoro; azul = algas/bactérias; roxo = plantas (ver figura A1 na secção Anexos, para visualizar a coloração de acordo com os grupos tróficos).

A rede de interações inferidas tendo como base os grupos metabólicos (ver figura 11), já apresenta uma ligeira redução no número de ligações entre os taxa, sendo que o número de ligações é ainda bastante elevado (i.e., $L=55189$; descida de 5% relativamente a $S^2=58081$), ou seja ocorreu uma redução de 2892 ligações, que equivale a uma conectividade muito alta (i.e. $C=0,95$). Esta redução de ligações, deve-se ao fato de na rede de interações inferidas tendo como base nos grupos metabólicos, segundo as regras da tabela 1, os recursos não efetuam ligações com os outros taxa, a menos que estejam a ser consumidos por outro taxa.

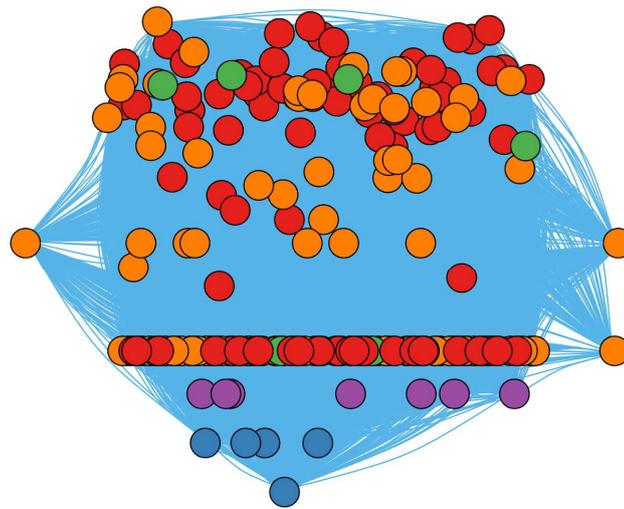


Figura 11. Gráfico da rede de interação 2 - Grupos metabólicos. Representação gráfica da rede de interação 2, tendo como base os grupos metabólicos. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa e a dieta geral dos mesmos foi identificada através da utilização de cores: vermelho = carnívoro; laranja = omnívoro; verde = herbívoro; azul = algas/bactérias; roxo = plantas (ver figura A2 na secção Anexos, para visualizar a coloração de acordo com os grupos tróficos).

Na rede de interações inferida baseando-se nas dietas gerais (ver figura 12), é possível verificar outra descida no número de ligações, sendo este $L=51182$ (descida de 12% relativamente à rede 1 onde todos os taxa interagem, $S^2=58081$), que equivale a uma conectividade de $C=0,88$. Esta redução, deve-se à divisão dos taxa de acordo com a sua dieta (carnívoro, omnívoro, herbívoro), o que naturalmente leva à redução do número de ligações, sendo que um carnívoro, deixará de fazer ligações com os produtores, enquanto que os herbívoros apenas consomem os produtores (ver regras de interação na tabela 1).

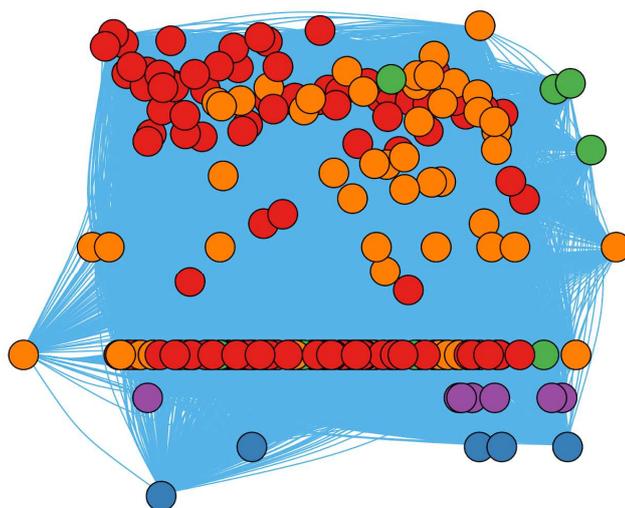


Figura 12. Gráfico da rede de interação 3 - Dieta geral. Representação gráfica da rede de interação, no qual está presente a regra três, da tabela 1, em que os taxa em estudo seriam divididos de acordo com a sua dieta. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa e a dieta geral dos mesmos foi identificada através da utilização de cores: vermelho = carnívoro; laranja = omnívoro; verde = herbívoro; azul = algas/bactérias; roxo = plantas (ver figura A3 na secção Anexos, para visualizar a coloração de acordo com os grupos tróficos).

Na rede de interações inferidas tendo como base nas classes de tamanho (ver figura 13), é evidente uma redução acentuada do número de ligações entre taxa, sendo $L=36952$ (descida de 36% relativamente a $S^2=58081$), com uma conectividade de $C=0.64$. Esta descida de 14230 ligações (aproximadamente 25%), deve-se à combinação das regras de interação, entre a rede de dieta geral e a rede de classes de tamanho, ou seja, na rede de classes de tamanho para além das possíveis interações entre as espécies estarem limitadas de acordo com a classe de tamanho a que pertencem, as mesmas continuam limitadas pela sua dieta (ver regras de interação na tabela 1).

É visível o isolamento de uma espécie de herbívoro na figura 13, este isolamento deve-se ao fato de a espécie em questão ser o único grande herbívoro (*Netta rufina*, uma ave que apenas será predada por outras espécies grandes), presente nos 241 taxa em

estudo, sendo esta a razão pela qual o software utilizado na representação gráfica, isolou a espécie, sendo possível verificar as ligações realizadas pelos seus predadores e as ligações, realizadas pela espécie, aos recursos que consome.

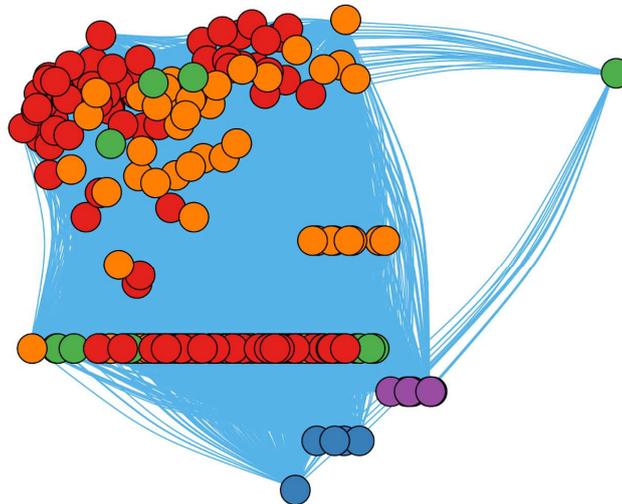


Figura 13. Gráfico da rede de interação 4 - Classes de tamanho. Representação gráfica da rede de interação, no qual está presente a regra quatro, da tabela 1, em que as espécies em estudo seriam divididas de acordo com o seu peso corporal. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa e a dieta geral dos mesmos foi identificada através da utilização de cores: vermelho = carnívoro; laranja = omnívoro; verde = herbívoro; azul = algas/bactérias; roxo = plantas (ver figura A4 na secção Anexos, para visualizar a coloração de acordo com grupos os tróficos).

Por fim a rede de interação relativa aos habitats (ver figura 14), demonstra mais uma redução acentuada do número de ligações, sendo que $L=23920$ (descida de 59% relativamente a $S^2=58081$), com uma conectividade de $C=0.41$.

Esta redução deve-se, novamente, ao fato de as regras (ver regras de interação na tabela 1) serem cumulativas, o que faz com que ao ser adicionada uma restrição de interações, consoante o habitat utilizado pelas espécies (ver tabela 2), o número de possíveis ligações entre as espécies desça, sendo que entre as redes de interação de classes de tamanho e de habitats, o número de ligações perdidas foi de 13032 ligações (aproximadamente 22%)

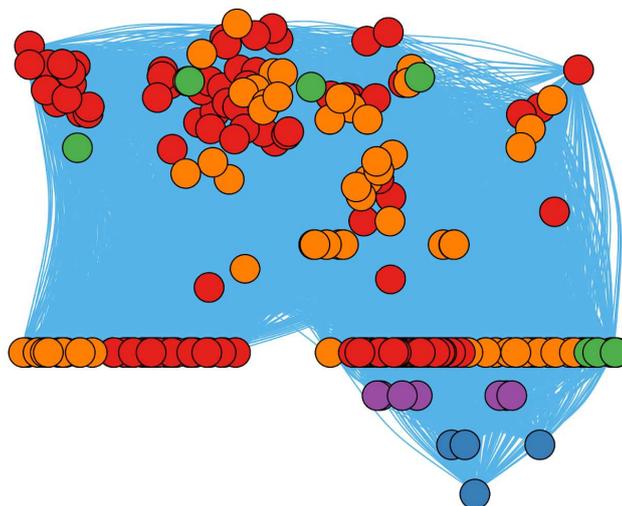


Figura 14. Gráfico da rede de interação 5 - Habitats. Representação gráfica da rede de interação, no qual está presente a regra cinco, da tabela 1, em que os taxa em estudo seriam divididas por 7 possíveis habitats, que constituem as zonas de um lago. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa e a dieta geral dos mesmos foi identificada através da utilização de cores: vermelho = carnívoro; laranja = omnívoro; verde = herbívoro; azul = algas/bactérias; roxo = plantas (ver figura A5 na secção Anexos, para visualizar a coloração de acordo com os grupos tróficos).

A figura 15, demonstra a progressão entre as cinco redes de interação, criadas com as regras presentes na tabela 1, da diminuição de ligações, entre as espécies, ao longo de cada rede, até que por fim, o número de ligações será o mais próximo da realidade.

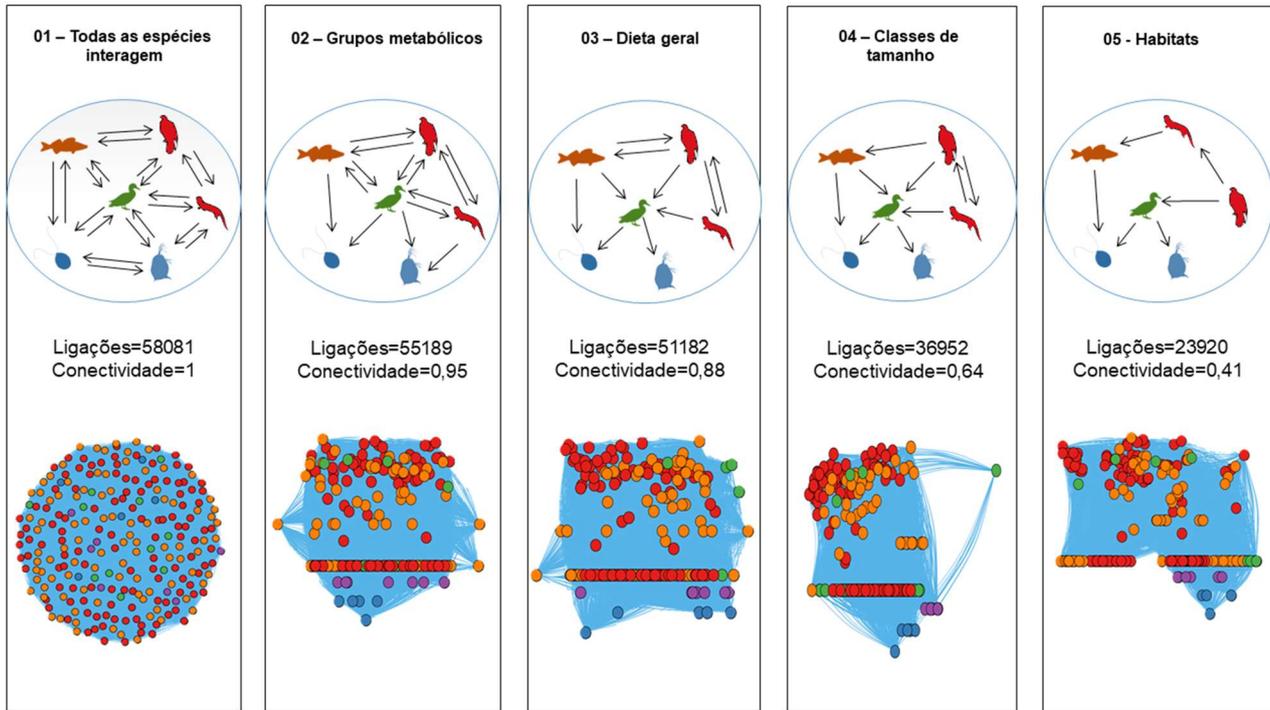


Figura 15. Progressão das redes de interação e das métricas que caracterizam a sua estrutura. Esquema que demonstra progressão do número de ligações e da conectividade das redes de interação e a evolução das redes tróficas, de acordo com as regras da tabela 1. Nas representações gráficas, os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os mesmos, sendo que a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa, enquanto que a dieta geral dos mesmos foi identificada através da utilização de cores: vermelho = carnívoro; laranja = omnívoro; verde = herbívoro; azul = algas/bactérias; roxo = plantas. Ao longo das redes tróficas, é possível verificar que quando uma interação desaparece, a seta que representa a mesma desaparece.

Com as redes de interação, baseadas na tabela 1, completas, a única rede que falta é a rede de interação - interações conhecidas. Esta rede foi inteiramente baseada em interações encontradas em literatura publicada e como consequência deste modo de recolha de informação, o número de ligações entre as espécies será muito inferior ao das outras redes de interação.

Como toda a informação foi recolhida da literatura e como se determinou, por modo a restringir as interações, que apenas seriam contadas as interações que tivessem um nível taxonómico máximo - Família, sendo que se uma interação for ao nível da Ordem, a mesma não seria contada para a rede de interação criada. Com estas restrições, o número de

ligações na rede de interação, foi $L=847$ (aproximadamente 1% das interações possíveis), com uma conectividade de $C=0.01$.

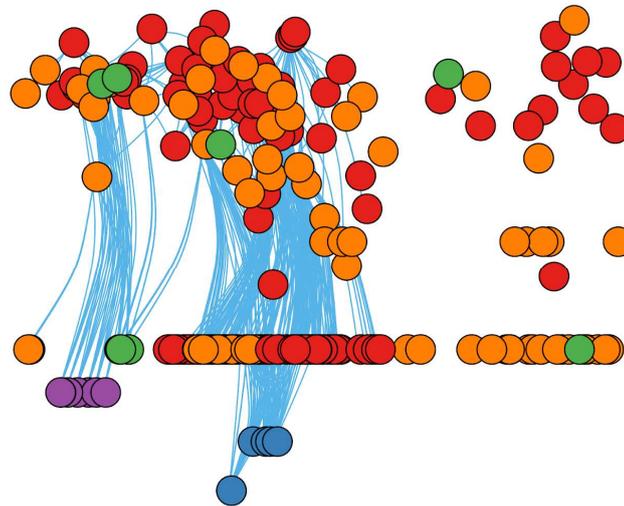


Figura 16. Gráfico da rede de interação 6 - Interações conhecidas. Representação gráfica da rede de interação 6, baseada em interações obtidas em literatura publicada, para os taxa em estudo no Alqueva. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa e a dieta geral dos mesmos foi identificada através da utilização de cores: vermelho = carnívoro; laranja = omnívoro; verde = herbívoro; azul = algas/bactérias; roxo = plantas (ver figura A6 na secção Anexos, para visualizar a coloração de acordo com os grupos tróficos).

Com as redes de interação completas é então possível comparar a rede de interação relativa aos habitats com a rede de interação baseada em interações conhecidas (ver figura 17). Sendo que é possível verificar que a rede de interação referente aos habitats, apresenta um $L=23920$, com uma conectividade de $C=0.41$, enquanto a rede de interações baseada em interações conhecidas apresenta um $L=847$, com uma conectividade de $C=0.01$, sendo que esta discrepância entre os valores, já era esperada, tendo em conta as várias lacunas que existem na bibliografia, no que diz respeito às interações entre as espécies.

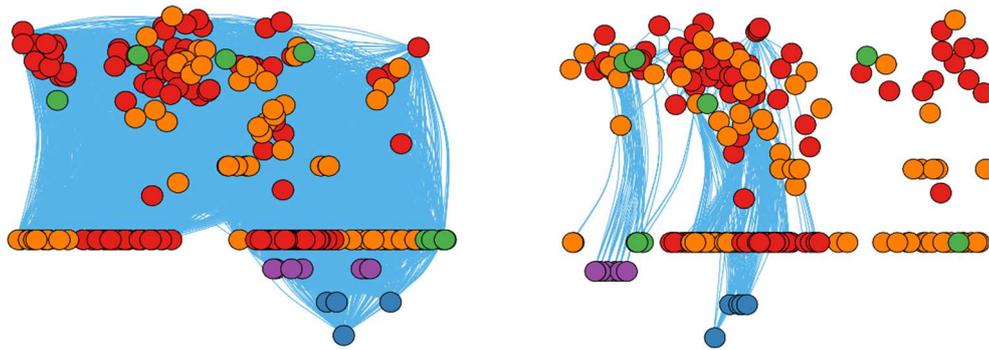


Figura 17. Comparação entre interações previstas e interações conhecidas. Comparação entre a rede de interação referente aos habitats, criada com base na tabela 1, e a rede de interação baseada em Interações conhecidas, baseada em interações obtidas em literatura publicada, para os taxa em estudo no Alqueva. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa e a dieta geral dos mesmos foi identificada através da utilização de cores: vermelho = carnívoro; laranja = omnívoro; verde = herbívoro; azul = algas/bactérias; roxo = plantas (ver figuras A5 e A6 na secção Anexos, para visualizar a coloração de acordo com os grupos tróficos).

Discussão:

As cinco redes de interação, baseadas nas regras de interação estipuladas na tabela 1 demonstram uma descida progressiva do número de ligações entre os taxa em estudo. Estas ligações excluídas correspondem a interações proibidas entre as espécies, sendo que a sua remoção ajuda a identificar quais são as interações plausíveis entre os taxa em estudo (Morales-Castilla et al., 2015) e desse modo fazer uma aproximação da estrutura real da rede ecológica.

Das 58081 ligações possíveis, presentes na rede de interação 1 (todos os taxa interagem entre si) verificou-se que na rede de interação seguinte (inferida com base nos grupos metabólicos) ocorreu uma descida de cerca de 5% do total de ligações. Esta perda

deveu-se à implementação de grupos metabólicos, dividindo os taxa em estudo, em consumidores e recursos, impossibilitando assim os recursos de realizarem interações de predação (Brose et al., 2006; Dunne, 2009).

Com a rede de interações baseadas na dieta geral, verificou-se uma perda de cerca de 7% das interações, relativamente à rede anterior. Esta descida ocorreu, devido à implementação da dieta geral, que impede que ocorram interações de predação-presa, entre carnívoros e recursos (e.g. produtores), ou herbívoros e carnívoros/omnívoros (Bronmark & Hansson, 2017).

Para a rede de interações inferidas com base nas classes de tamanho, verificou-se uma perda de cerca de 24% das interações, relativamente à rede anterior. Ao limitar as interações predador-presa dos taxa em estudo, de acordo com a sua massa corporal (Brose et al., 2019), através da criação de classes de tamanho (macro, meso e micro), verificou-se uma descida significativa do número de interações proibidas entre os taxa, contudo esta descida também se deve ao somatório das regras anteriormente utilizadas, sendo que este fator foi ainda mais evidente na rede de interações baseadas nos habitats.

Com a rede de interações baseadas nos habitats, verificou-se uma perda de cerca de 22% de interações, relativamente à rede anterior. Esta descida ocorreu, devido a vários fatores desde a implementação dos habitats como fator limitante, impedindo que determinadas espécies interajam entre si (e.g. uma espécie terrestre não voadora, dificilmente iria interagir com uma espécie limnética bentónica), como também se deve ao somatório das regras previamente utilizadas, na construção das redes anteriores.

Como tal, ao longo do estudo realizado desde a rede de interação 1, até à rede de interação 5, verificou-se a remoção de aproximadamente da 59% das interações proibidas entre os taxa em estudo, sendo que agora é possível comparar os resultados obtidos com os resultados presentes nos estudos de Morales-Castilla et al (2015) e Albouy et al (2019).

Morales-Castilla et al., 2015, apresentou dois exemplos de estudos relativos à dedução de redes tróficas, sendo estes a rede de interações do parque nacional do Serengeti (norte da Tasmânia) e de um recife de coral cubano. Para ambos os exemplos foram criadas 5 redes de interação em que as regras delimitantes das interações entre espécies são comuns a ambos os exemplos. A primeira rede de interação apresentada, tal como a que está presente neste estudo trata-se de uma rede de interações teórica, que é pouco provável de ocorrer na Natureza, em que todas as espécies interagem entre si. A

segunda rede, delimita as interações das espécies de acordo com o seu grupo trófico, a terceira rede delimita de acordo com as dietas dos consumidores, em estudo. A delimitação na quarta rede de interação envolveu o refinamento dos grupos, através da localização geográfica das espécies ou através do estabelecimento do espaço ambiental onde as espécies produtoras se alimentam. Por fim, a quinta e última rede de interação baseou-se em interações conhecidas.

No exemplo referente à rede de interação do parque nacional do Serengeti, em que $S=161$, o valor da primeira rede de interação é $L=25760$, sendo que entre a primeira e a segunda rede verificou-se uma remoção de aproximadamente 21.34% das interações ($L=20264$) proibidas. Entre a segunda e a terceira rede verificou-se uma perda de aproximadamente 1.49%, sendo que $L=19880$ para a terceira rede de interação. Por fim, entre a terceira e quarta redes de interação verificou-se uma remoção de cerca de 43.66% das interações ($L=8632$), sendo que o total de interações removidas neste exemplo foi de 66.49% do total.

No exemplo referente à rede de interação do recife de coral cubano, em que $S=265$, o valor da primeira rede de interação é $L=53361$, sendo que entre a primeira e a segunda rede verificou-se uma remoção de aproximadamente 27.76% das interações ($L=38548$) proibidas. Entre a segunda e a terceira rede verificou-se uma perda de aproximadamente 35.53%, sendo que $L=19587$ para a terceira rede de interação. Por fim, entre a terceira e quarta redes de interação verificou-se uma remoção de cerca de 4.45% das interações ($L=17212$), sendo que o total de interações removidas neste exemplo, foi de 67.74% do total.

O trabalho de Albouy et al., 2019, apresenta um estudo da rede trófica oceânica com $S=11365$ ($S_2=129163225$), para o qual foram criadas 5 redes de interação. A primeira rede de interação, neste exemplo baseou-se no tamanho corporal das espécies ($L=48134730$; 63% das interações iniciais removidas), a segunda rede de interação removeu as interações dos herbívoros ($L=46498021$; 1% em comparação com a primeira rede). A terceira rede removeu as interações entre as espécies que ocorrem em diferentes posições na coluna de água ($L=39009679$; descida de 6%); sendo um exemplo, a remoção de interações entre peixes pelágicos e peixes bentônicos. A quarta rede de interação removeu as interações das espécies que não ocorrem na mesma região, sendo um exemplo, um peixe tropical não se alimentar de um peixe de uma região temperada ($L=7055032$; descida de 24,6%). Por

fim, na quinta rede de interação, os produtores primários e secundários são ligados entre si e às espécies de peixe corretas (L=7062647).

Com estes dados foi então possível verificar que no estudo de Albouy et al, os fatores delimitantes que tiveram maior impacto sobre as redes de interação, foram o tamanho das espécies e a co-ocorrência das espécies no mesmo habitat, em que se verificaram, respetivamente, descidas de 63% e 24.6% das interações proibidas entre as espécies, sendo que estes resultados foram similares aos obtidos, nas redes de interação criadas de acordo com a Tabela 1. No entanto, para os taxa no Alqueva, não foi possível encontrar informação detalhada, relativa à co-ocorrência dos mesmos. Sendo que, de acordo com a informação recolhida é possível indicar que os taxa estão presentes no Alqueva, contudo não é possível obter resolução espacial suficiente, para realizar o mesmo estudo que Albouy et al.

No estudo de Morales-Castilla et al, foi possível verificar que para o exemplo referente ao parque nacional do Serengeti, os fatores que mais influência tiveram, na remoção de interações proibidas foram a atribuição de grupos metabólicos às espécies e o refinamento dos grupos, através da localização geográfica das espécies ou através do estabelecimento do espaço ambiental onde as espécies produtoras se alimentam, em que se verificaram, respetivamente, descidas de 21,34% e 43,66%. Para o exemplo referente ao recife de coral cubano, os fatores que mais influência tiveram foram a atribuição de grupos metabólicos e a definição da dieta dos consumidores, sendo que se verificaram respetivamente, descidas de 27,76% e 35,53%. Embora exista similaridade entre o resultado obtido na aplicação da localização geográfica das espécies ou através do estabelecimento do espaço ambiental onde as espécies produtoras se alimentam, os restantes resultados não são semelhantes aos resultados obtidos neste trabalho.

A última rede de interação, criada neste estudo, não se baseou num método de dedução de possíveis interações, como nas redes anteriores. Esta rede de interação baseou-se em interações, entre as espécies, conhecidas e observadas na literatura publicada, sendo que se as mesmas não tivessem ocorrido no sistema em estudo, nomeadamente a albufeira do Alqueva, mas tivessem sido observadas noutra sistema em que as espécies co-ocorressem iria-se supor que a interação seria igual, no sistema em estudo (Gray et al., 2015). Determinou-se, por modo a restringir as interações, que apenas seriam contadas as interações que tivessem um nível taxonómico máximo de Família.

Como tal, na rede de interações baseada em interações conhecidas, verificou-se um número limitado de interações obtidas na literatura, cerca de aproximadamente 1% do número máximo de ligações possíveis, com os taxa em estudo. Ao comparar este resultado, com os resultados obtidos nas redes de interações observadas, presentes no estudo de Morales-Castillas et al, foi possível verificar que os mesmos são semelhantes, sendo que para o exemplo referente ao parque nacional do Serengeti, os valores obtidos foram $L=592$, cerca de 2,3% das ligações possíveis, enquanto que para o exemplo referente ao recife de coral cubano, os valores obtidos foram $L=3625$, cerca de 6,8% das ligações possíveis.

Com os resultados finais das redes de interação, é possível comparar os resultados de ambos os métodos. As redes de interação, baseadas na tabela 1, demonstram uma redução progressiva do número de ligações entre as espécies, ao longo de cada rede, culminando na remoção de 59% das ligações proibidas, enquanto que a rede de interação, baseada em interações conhecidas demonstra um número extremamente reduzido de ligações, cerca de aproximadamente 1%, do total possível. Devido ao baixo número de ligações em comparação com a rede de interações baseada nos habitats seria possível considerar que a rede de interação baseada em interações conhecidas seria a que estaria mais próxima da realidade, contudo, devido à diferença nos métodos de obtenção de informação, para as redes de interação, esta comparação não é fiável. As redes de interação que utilizaram um método dedutivo, para obter os seus resultados tiveram como informação base uma base de dados, que embora esteja dependente de informação disponível e existam falhas que prejudicam os seus resultados finais (características importantes para este tipo de estudo, não estarem completas para todos os taxa, e.g. massa corporal, dieta geral), as mesmas não impedem que o estudo seja realizado (Pomeranz et al., 2018). Contudo a rede de interações baseada em interações conhecidas, apresentou grandes limitações, que invalidam os seus resultados, neste estudo, sendo observável na análise do gráfico (ver figura 16), que muitos taxa não apresentam qualquer tipo de ligação.

Como tal, as limitações deste método de dedução de redes tróficas, centram-se na existência, disponibilidade e qualidade da informação (Pomeranz et al., 2018; Gray et al., 2015). Sendo que a informação pode estar disponível, mas não ter a qualidade ou utilidade desejada (e.g. a informação relativa à alimentação das espécies, estar indicada ao nível taxonómico – Ordem, o que faz com que a informação seja demasiado abrangente para ser considerada útil), as interações entre as espécies em questão, não terem sido registadas, em literatura publicada, ou as interações nunca terem sido observadas e por consequência,

nunca terem sido registadas ou o fato de as interações entre as espécies, poderem simplesmente não existir, o que torna os resultados da rede de interações baseada em interações conhecidas, pouco fiáveis.

Inicialmente, para este estudo, as redes tróficas iriam ser inferidas através de uma análise molecular dos conteúdos estomacais (Amundsen & Hernández, 2019), das espécies de peixes presentes na albufeira do Alqueva e como tal, este método iria permitir determinar, o impacto que determinadas espécies têm sobre a rede trófica da região. Contudo, embora a análise molecular dos conteúdos estomacais, exibisse as interações, predador-presa, de algumas espécies, dificilmente seriam todas as interações que poderiam ocorrer na rede trófica aquática do Alqueva (estando dependente do número de espécies capturadas, das espécies capturadas e da alimentação dos exemplares capturados). No entanto, é necessário realizar este género de estudo molecular, para estudar a condição e estrutura da rede trófica da região.

Esta necessidade advém do fato de as barragens criarem perturbações nos sistemas aquáticos, que para além de afetarem as comunidades presentes nesse sistema, facilitam também a introdução de espécies invasoras, que com o seu crescimento populacional descontrolado, podem levar à extinção de outras espécies (quer por predação ou competição direta com as mesmas) (David et al., 2017; ISAC, 2006), sendo que das 31 espécies de ictiofauna recolhidas através da literatura publicada, para a albufeira do Alqueva, 11 são espécies invasoras (Collares-Pereira et al., 2007; Ribeiro et al., 2007; SIBC, 2014), sendo assim uma necessidade estudar os efeitos que as mesmas têm sobre as espécies autóctones e endémicas que existem na albufeira.

Considerações finais:

Para realizar o estudo de uma possível rede trófica da albufeira do Alqueva, procedeu-se com a recolha de um grupo de espécies e das suas características funcionais. A esta informação aplicaram-se várias regras, por modo a remover possíveis interações bióticas proibidas, por modo a inferir uma rede trófica teórica, que estivesse próxima da rede trófica real da região, sendo que a rede de interação final, criada por este processo foi posteriormente comparada a uma rede de interações conhecidas, incompleta devido à dificuldade de obtenção da informação necessária para a sua construção (e.g. interações predador-presa). Estas dificuldades realçam a necessidade que existe em se estudar a rede trófica da região do Alqueva, por modo a verificar a sua composição, as alterações causadas na mesma, devido às atividades antropogénicas, realizadas na região e os efeitos que as espécies invasoras, introduzidas no rio Guadiana estão a ter sobre as espécies autóctones e endémicas que lá existem.

Referências Bibliográficas:

- Albouy, C., Velez, L., Coll, M., Colloca, F., Le Loc'h, F., Mouillot, D., & Gravel, D. (2014). From projected species distribution to food web structure under climate change. *Global change biology*, 20(3), 730-741.
- Albouy, C., Archambault, P., Appeltans, W., Araújo, M. B., Beauchesne, D., Cazelles, K., ... & Pellissier, L. (2019). The marine fish food web is globally connected. *Nature ecology & evolution*, 3(8), 1153-1161.
- Almeida, A. P. G., Freitas, F. B., Novo, M. T., Sousa, C. A., Rodrigues, J. C., Alves, R., & Esteves, A. (2010). Mosquito surveys and West Nile virus screening in two different areas of Southern Portugal, 2004–2007. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 10(7), 673-680.
- Amundsen, P. A., & Sánchez-Hernández, J. (2019). Feeding studies take guts—critical review and recommendations of methods for stomach contents analysis in fish. *Journal of Fish Biology*, 95(6), 1364-1373.
- Anderson Fulan, J., Raimundo, R., Figueiredo, D., & Correia, M. (2010). Abundance and diversity of dragonflies four years after the construction of a reservoir. *limnetica*, 29(2), 0279-286.
- Artioli, L. G., Vieira, J. P., Garcia, A. M., & Bemvenuti, M. D. A. (2009). Distribuição, dominância e estrutura de tamanhos da assembleia de peixes da lagoa Mangueira, sul do Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 99(4), 409-418.
- Brönmark, C., & Hansson, L. A. (2017). *The biology of lakes and ponds*. Oxford University Press.
- Brose, U., Archambault, P., Barnes, A. D., Bersier, L. F., Boy, T., Canning-Clode, J., ... & Flores, A. A. (2019). Predator traits determine food-web architecture across ecosystems. *Nature ecology & evolution*, 3(6), 919-927.
- Brose, U., Williams, R. J., & Martinez, N. D. (2006). Allometric scaling enhances stability in complex food webs. *Ecology letters*, 9(11), 1228-1236.

Chícharo, L., Chícharo, M. A., & Ben-Hamadou, R. (2006). Use of a hydrotechnical infrastructure (Alqueva Dam) to regulate planktonic assemblages in the Guadiana estuary: basis for sustainable water and ecosystem services management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2), 3-18.

Chícharo, M. A., Chícharo, L. M., Galvão, H., Barbosa, A., Marques, M. H., Andrade, J. P., ... & Gouveia, I. (2001). Status of the Guadiana estuary (South Portugal) during 1996-1998: an ecohydrological approach. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 4(1), 73-89.

Csardi G, Nepusz T (2006). "The igraph software package for complex network research." *InterJournal, Complex Systems*, 1695. <https://igraph.org>.

Cohen, J. E., & Mulder, C. (2014). Soil invertebrates, chemistry, weather, human management, and edaphic food webs at 135 sites in The Netherlands: SIZEWEB: Ecological Archives E095-051. *Ecology*, 95(2), 578-578.

Collares-Pereira, M. J., Filipe, A. F., & Moreira da Costa, L. (2007). Os Peixes do Guadiana-Que Futuro. *Guia de Peixes do Guadiana Português. Edições Cosmos, Chamusca, Portugal*.

David, P., Thebault, E., Anneville, O., Duyck, P. F., Chapuis, E., & Loeuille, N. (2017). Impacts of invasive species on food webs: a review of empirical data. In *Advances in ecological research* (Vol. 56, pp. 1-60). Academic Press.

Duarte, G., Moreira, M., Branco, P., da Costa, L., Ferreira, M. T., & Segurado, P. (2018, May 30). PHish Database. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/TXCYS>

Dunne, J. A. (2006). The network structure of food webs. *Ecological networks: linking structure to dynamics in food webs*, 27-86.

Duraiappah, A. K., Naeem, S., Agardy, T., Ash, N. J., Cooper, H. D., Diaz, S., ... & Oteng-Yeboah, A. A. (2005). Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis; a report of the Millennium Ecosystem Assessment.

EDIA,S.A. (2020). Política Ambiental - EDIA,S.A.. [online] Available at: <https://www.edia.pt/pt/responsabilidade-social/politica-ambiental/> [Accessed 13 Jan. 2020].

Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (12/2019)

Gravel, D., Baiser, B., Dunne, J. A., Kopelke, J. P., Martinez, N. D., Nyman, T., ... & Roslin, T. (2019). Bringing Elton and Grinnell together: a quantitative framework to represent the biogeography of ecological interaction networks. *Ecography*, 42(3), 401-415.

Gray, C., Figueroa, D. H., Hudson, L. N., Ma, A., Perkins, D., & Woodward, G. (2015). Joining the dots: an automated method for constructing food webs from compendia of published interactions. *Food Webs*, 5, 11-20.

Grenouillet, G. & Schmidt-Kloiber., A. (2006):Fish Indicator Database. Euro-limpacs project, Workpackage 7 - Indicators of ecosystem health, Task 4, accessed via www.freshwaterecology.info, version 7.0 (accessed on 02.10.2020)

Karmiris, I. L. I. A. S., Kazantzidis, S. A. V. A. S., & Papachristou, T. G. (2010). Variation in diet composition of wintering waterfowl among Greek wetlands. *Avocetta*, 34(1), 21-28.

Kondolf, G. M., Rubin, Z. K., & Minear, J. T. (2014). Dams on the Mekong: Cumulative sediment starvation. *Water Resources Research*, 50(6), 5158-5169.

Kunstler, J. H. (2007). *The long emergency: Surviving the end of oil, climate change, and other converging catastrophes of the twenty-first century*. Open Road+ Grove/Atlantic.

Layer, K., Hildrew, A. G., & Woodward, G. (2013). Grazing and detritivory in 20 stream food webs across a broad pH gradient. *Oecologia*, 171(2), 459-471.

Mantel, S. K., Hughes, D. A., & Muller, N. W. (2010). Ecological impacts of small dams on South African rivers Part 1: Drivers of change—water quantity and quality. *SA Journal of Radiology*, 36(3).

Mooney, H., Larigauderie, A., Cesario, M., Elmquist, T., Hoegh-Guldberg, O., Lavorel, S., ... & Yahara, T. (2009). Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current opinion in environmental sustainability*, 1(1), 46-54.

Morales-Castilla, I., Matias, M. G., Gravel, D., & Araújo, M. B. (2015). Inferring biotic interactions from proxies. *Trends in ecology & evolution*, 30(6), 347-356.

Palma, P., Alvarenga, P., Palma, V., Matos, C., Fernandes, R. M., Soares, A., & Barbosa, I. R. (2010). Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Alqueva Reservoir (Portugal). *Environmental Science and Pollution Research*, 17(3), 703-716.

Palma, L., Beja, P., Dias, A., Ferreira, J., Mirinha, M., & Sánchez, R. (2013). Reintroducing the Osprey to Portugal. *Raptors Conservation*, (27).

Palma, P., Kuster, M., Alvarenga, P., Palma, V. L., Fernandes, R. M., Soares, A. M. V. M., ... & Barbosa, I. R. (2009). Risk assessment of representative and priority pesticides, in surface water of the Alqueva reservoir (South of Portugal) using on-line solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Environment International*, 35(3), 545-551.

Pereira, M. (2008). Programa de monitorização da biodiversidade das Albufeiras de Alqueva e Pedrógão.

Pérez, J. R., Loureiro, S., Menezes, S., Palma, P., Fernandes, R. M., Barbosa, I. R., & Soares, A. M. (2010). Assessment of water quality in the Alqueva Reservoir (Portugal) using bioassays. *Environmental Science and Pollution Research*, 17(3), 688-702.

Pérez-Quintero, J. C. (2007). Diversity, habitat use and conservation of freshwater molluscs in the lower Guadiana River basin (SW Iberian Peninsula). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17(5), 485-501.

Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). *Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)*. Princeton University Press.

Pinto, J. F. G. (2018). Zooplankton dynamics and water quality of the reservoirs from the Alqueva Irrigation System.

Pomeranz, J. P., Thompson, R. M., Poisot, T., & Harding, J. S. (2019). Inferring predator-prey interactions in food webs. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(3), 356-367.

Power, M. E., Dietrich, W. E., & Finlay, J. C. (1996). Dams and downstream aquatic biodiversity: potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change. *Environmental management*, 20(6), 887-895.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.R-project.org/>

Reques, R. (2014). Sapillo moteado ibérico—*Pelodytes ibericus* Sánchez-Herráiz, Barbadillo, Machordom y Sanchíz, 2000.

Ribeiro, F., Beldade, R., Dix, M., & Bochechas, J. (2007). Carta Piscícola Nacional Direcção Geral dos Recursos Florestais-Fluviatilis, Lda. *Publicação Electrónica (versão 09/2007)*.

Rodrigues, C. M., Moreira, M., Guimarães, R. C., & Potes, M. (2020). Reservoir evaporation in a Mediterranean climate: comparing direct methods in Alqueva Reservoir, Portugal. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(12), 5973-5984.

Rognstad, H. (2017). *Carbon lock-in or varieties of lock-in?—A study of the consequences of fossil fuel dependency on renewable energy policy* (Master's thesis).

SIBC 2014, Carta Piscícola Española. Publicación electrónica (versão 01/2015).

Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. & Usseglio-Polatera, P. Invertébrés d'Eau Douce: Systématique, Biologie, Écologie (CNRS Éditions, 2010).

U.S. Department of the Interior, 2006. *Invasive Species Definition Clarification And Guidance*. Washington, DC, pp.1-7.

Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., ... & Stiassny, M. L. J. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128-129.

Ziv, G., Baran, E., Nam, S., Rodríguez-Iturbe, I., & Levin, S. A. (2012). Trading-off fish biodiversity, food security, and hydropower in the Mekong River Basin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(15), 5609-5614.

Anexos:

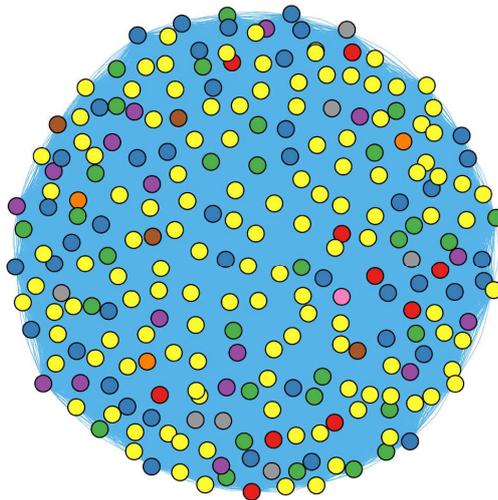


Figura A1. Gráfico da rede de interação 1 - Todas as interações. Representação gráfica da rede de interação 1, em que todos os taxa, em estudo, interagem entre si. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa, sendo que os grupos tróficos dos taxa, foi identificado através da utilização de cores: vermelho = mamíferos; azul = aves; verde = peixes; roxo = anfíbios; laranja = répteis; amarelo = invertebrados; castanho = algas; rosa = bactérias; cinzento = plantas.

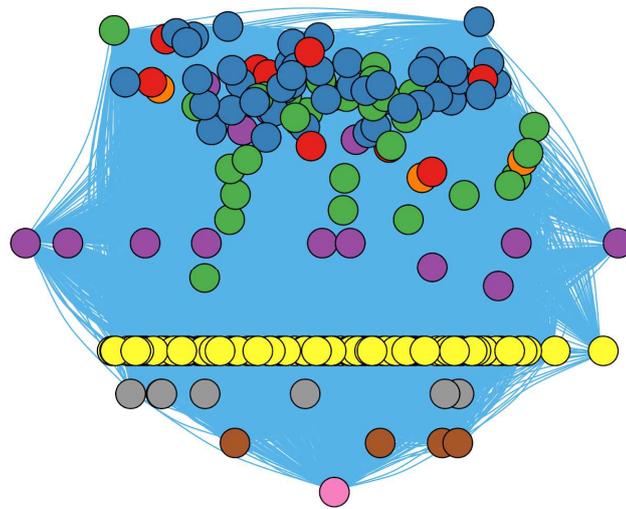


Figura A2. Gráfico da rede de interação 2 - Grupos metabólicos. Representação gráfica da rede de interação 2, no qual está presente a regra dois, da tabela 1, em que os taxa em estudo foram divididas em consumidores e recursos. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa, sendo que os grupos tróficos dos taxa, foi identificado através da utilização de cores: vermelho = mamíferos; azul = aves; verde = peixes; roxo = anfíbios; laranja = répteis; amarelo = invertebrados; castanho = algas; rosa = bactérias; cinzento = plantas.

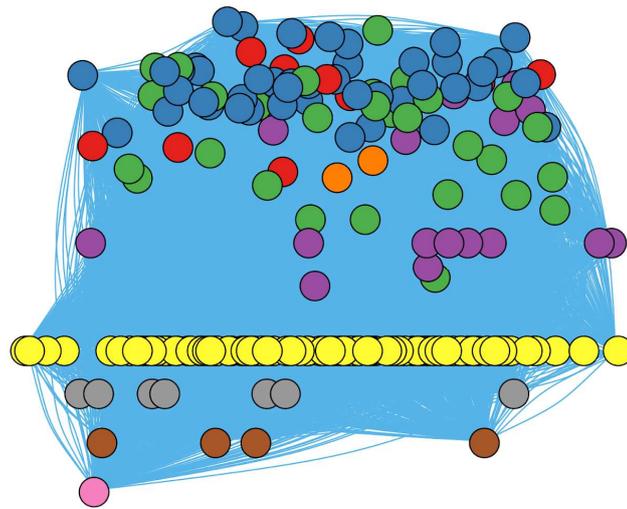


Figura A3. Gráfico da rede de interação 3 - Dieta geral. Representação gráfica da rede de interação, no qual está presente a regra três, da tabela 1, em que os taxa em estudo seriam divididas de acordo com a sua dieta. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa, sendo que os grupos tróficos dos taxa, foi identificado através da utilização de cores: vermelho = mamíferos; azul = aves; verde = peixes; roxo = anfíbios; laranja = répteis; amarelo = invertebrados; castanho = algas; rosa = bactérias; cinzento = plantas.

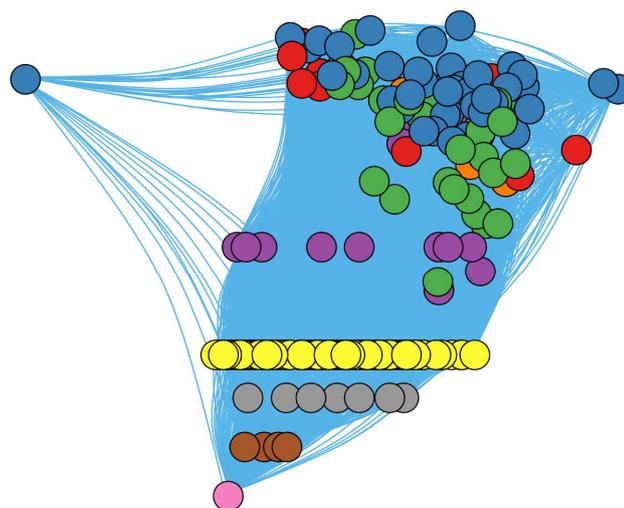


Figura A4. Gráfico da rede de interação 4 - Classes de tamanho. Representação gráfica da rede de interação, no qual está presente a regra quatro, da tabela 1, em que os taxa em estudo seriam divididas de acordo com o seu peso corporal. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa, sendo que os grupos tróficos dos taxa, foi identificado através da utilização de cores: vermelho = mamíferos; azul = aves; verde = peixes; roxo = anfíbios; laranja = répteis; amarelo = invertebrados; castanho = algas; rosa = bactérias; cinzento = plantas.

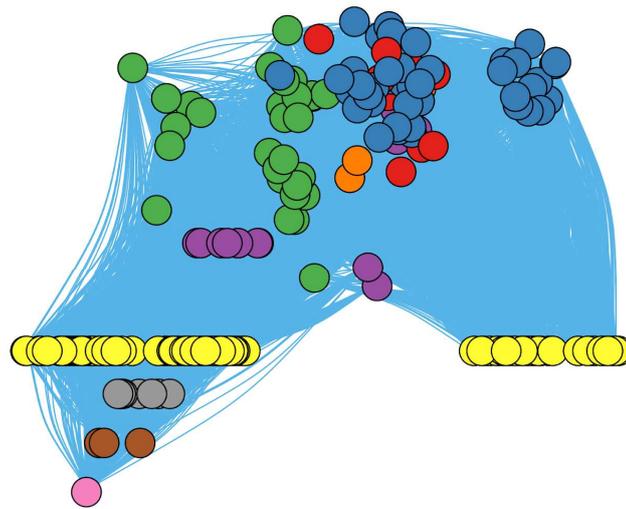


Figura A5. Gráfico da rede de interação 5 - Habitats. Representação gráfica da rede de interação , no qual está presente a regra cinco, da tabela 1, em que os taxa em estudo seriam divididas por 7 possíveis habitats, que constituem as zonas de um lago. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa, sendo que os grupos tróficos dos taxa, foi identificado através da utilização de cores: vermelho = mamíferos; azul = aves; verde = peixes; roxo = anfíbios; laranja = répteis; amarelo = invertebrados; castanho = algas; rosa = bactérias; cinzento = plantas.

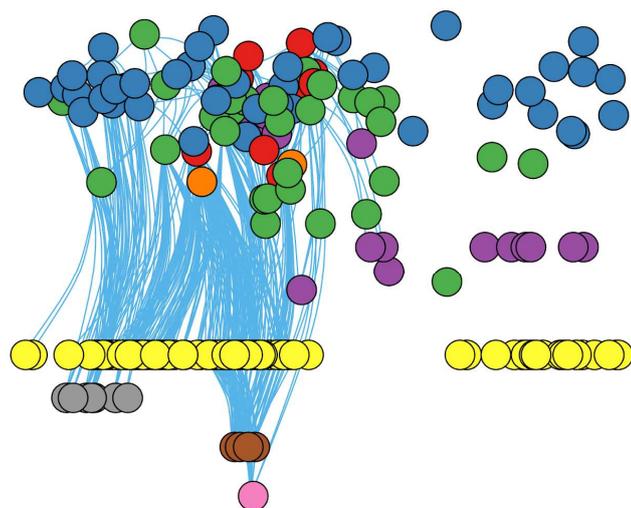


Figura A6. Gráfico da rede de interação 6 - Interações conhecidas. Representação gráfica da rede de interação 6, baseada em interações obtidas em literatura publicada, para os taxa em estudo no Alqueva. Na figura os símbolos representam taxa que estão interligadas por segmentos azuis que representam interações entre os taxa, nesta figura em particular a região demarcada a azul claro, indica as ligações entre os taxa, sendo que os grupos tróficos dos taxa, foi identificado através da utilização de cores: vermelho = mamíferos; azul = aves; verde = peixes; roxo = anfíbios; laranja = répteis; amarelo = invertebrados; castanho = algas; rosa = bactérias; cinzento = plantas.