

DIVERSIDADE DE FUNGOS AQUÁTICOS EM UMA LAGOA URBANA DA MATA ATLÂNTICA

Vinícius da Silva Rasvailer 

Universidade Estadual de Maringá,

Departamento de Biologia

viniciusrasvailer@gmail.com

Matheus Maximilian Ratz Scoarize 

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

de Ambientes Aquáticos Continentais,

Universidade Estadual de Maringá

maxscoarize@gmail.com

Evanilde Benedito 

Departamento de Biologia, Núcleo de

Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e

Aquicultura, Universidade Estadual de

Maringá

eva@nupelia.uem.br

Resumo

A Mata Atlântica é um dos *hotspots* de biodiversidade brasileiros e sofre massiva fragmentação, e até mesmo as florestas presentes em parques urbanos têm sido ameaçadas por ações antrópicas. O Parque do Ingá é um fragmento urbano de mata nativa, principal atração turística verde de Maringá e desempenha função educacional. O local abriga uma lagoa artificial, projetada para fins econômicos e recreativos, representando um ecossistema para os fungos aquáticos. Os fungos são vitais para a decomposição da matéria orgânica nos corpos hídricos, além de bioindicadores. A decomposição é um serviço ecossistêmico responsável pela ciclagem de nutrientes estabelecendo uma relação entre a vegetação ripária e a biota aquática. O trabalho teve como objetivo investigar a diversidade e a estrutura da microbiota local nos períodos de chuvas e seca. Amostras de fungos aquáticos foram coletadas nas margens do corpo central da lagoa e em suas áreas de conexão. Para a análise dos dados foram utilizados índices de diversidade biológica. Foram identificados 9 táxons nas amostras obtidas, sendo que no período de seca foi encontrada uma maior diversidade, enquanto na época de chuvas uma maior abundância. O valor de Shannon-Wiener foi 0,9 e o índice de dominância (Simpson) de *Anguillospora longissima* foi 0,4. Ante os índices, dados limnológicos e a relevância do parque, concluiu-se que são necessárias medidas urgentes para a restauração do ambiente, entre elas sugere-se medidas de manejo, monitoramento e conservação a serem incluídas na revisão do plano de manejo do parque.

Palavras-chave: Ecologia Urbana¹; Remanescente Florestal²; Micologia³.

AQUATIC FUNGI DIVERSITY IN AN URBAN SHALLOW LAKE FROM ATLANTIC FOREST

Abstract

The Atlantic Forest is one of the Brazilian biodiversity hotspots and suffers from a massive fragmentation, and even the forests present in urban parks have been threatened by anthropic actions. The Parque do Ingá is an urban fragment of native forest, being the main tourist attraction of Maringá, performing an educational function. The site houses an artificial shallow lake, designed for economic and recreational purposes, representing an ecosystem for aquatic fungi. They are vital for the decomposition of organic matter of water bodies, as well as bioindicators. Decomposition is an ecosystem service responsible for nutrient cycling that establishes a relationship between riparian vegetation and aquatic biota. The aim of this work was to investigate the diversity and structure of the local microbiota in rainy and dry periods. Aquatic fungal samples were collected on the shores of the shallow lake and in its connection areas. For data analysis, biological diversity indexes were used. Nine taxa were identified in the samples obtained, and in the dry season a greater diversity was found, while in the rainy season a greater abundance was found. The value of Shannon-Wiener was 0.9 and the dominance index (Simpson) of *Anguillospora longissima* was 0.4. Considering the indexes, limnological data and the relevance of the park, it was concluded that urgent measures are needed to restore the environment, among them it is suggested management, monitoring and conservation measures to be included in the review of the park's management plan.

Keywords: Urban Ecology¹; Forest Remnant²; Micology³.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os grandes ecossistemas brasileiros, dois estão classificados como *hotspots* de biodiversidade pelo alto endemismo e severo estado de degradação (Myers, 2000): Mata Atlântica e Cerrado. As ameaças à Mata Atlântica são diversas e a fragmentação aumenta a complexidade do desafio perene de conservá-la.

O Estado do Paraná apresenta menos de 10% de sua área como remanescente florestal da Mata Atlântica, com fragmentos predominantemente concentrados na Serra do Mar (INPE e SOS Mata Atlântica, 2011) e em parques nacionais, que mesmo legalmente protegidos, são constantemente ameaçados por discursos contrários às evidências científicas (Alves et al., 2019)(Garcia; Baptiston, 2014). Do total estadual, os fragmentos de Maringá compõem apenas 0,01% e os urbanos se tornam os principais espaços educacionais e vitrines turísticas (Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica, Maringá, Paraná, 2011).

No cenário maringaense, o Parque do Ingá é o principal atrativo turístico e uma renitência ao ambiente extensamente pavimentado. Ele é classificado como Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (Maringá, 2017) o que significa que é uma zona destinada a preservar os ecossistemas naturais da região, com pouca ou nenhuma ocupação humana, além de formular um uso plausível de acordo com os objetivos de conservação da natureza. Porém, apesar de

existir no Parque a nascente do córrego Moscados e um remanescente da mata nativa, foi realizado no riacho um barramento para a formação de uma lagoa artificial.

Os açudes, ou lagoas artificiais, são antropizações de interesse econômico e, nos centros urbanos, são arquitetados em uma tentativa de melhorar a qualidade de vida, promover atividades recreativas e/ou educacionais, e contribuir para a estabilidade do microclima (Martínez-Arroyo & Jáuregui, 2000). Essa alteração de sistema lótico para lântico modifica drasticamente as características limnológicas e pode impactar a decomposição de matéria orgânica (Sampaio et al., 2008). As lagoas urbanas não possuem a mesma plasticidade que as naturais e seu uso recreativo afeta diretamente a vegetação em suas margens, o que pode diminuir a proteção contra erosões e o aporte de material vegetal (folhas e outros detritos). Esses ambientes aquáticos são mais propensos a impactos negativos, como poluição das águas e eutrofização (Naselli-Flores, 2008).

Os fungos aquáticos associados ao folhicho encontrado em remansos de lagos e rios decompõem a matéria orgânica e executam múltiplos serviços ecossistêmicos. Alguns deles são conhecidos como hifomicetos de água doce e hifomicetos anfíbios: que esporulam abaixo da água e se desenvolvem em folhas que caem nesses ambientes (Bärlocher, 1992a).

Eles compõem a microbiota de ambientes aquáticos sendo importantíssimos decompositores de componentes vegetais, como galhos, folhas, detritos em geral e até

mesmo alguns polímeros das plantas. Compõem a maior parte da biomassa dos decompositores, atuam como os principais microrganismos em atividade de decomposição e são os decompositores mais importantes dos ambientes lóticos de pequeno porte, contudo, seu papel nas lagoas é incerto (Bärlocher, 1992b).

Esses fungos microscópicos caracterizam-se como cosmopolitas (Wood-Eggenschwiler & Bärlocher, 1985) por não possuírem limitações nos diversos tipos de zonas do planeta e terem a capacidade de se associar aos mais variados substratos, como troncos, raízes, vidro e plástico (Waid, 1954). Outra característica é que os fatores abióticos do ambiente desempenham importante função na composição das comunidades, sendo notável como a química do corpo hídrico os afeta. Por exemplo, dependem do pH, utilizam o nitrato e a amônia como fontes de nitrogênio, tornando-se independentes de vitaminas - salvo raras exceções, como *Volucrispora aurantiaca* (Suzuki & Nimura, 1961). Segundo Lecert & Chauvet (2008) a eutrofização do habitat resulta em uma redução considerável da diversidade dos fungos aquáticos.

Ademais, as comunidades desses fungos podem atuar como bioindicadores de corpos aquáticos (Solé et al, 2008), desde que levado em conta as alterações sazonais que ocorrem naturalmente com as espécies. Estes fungos têm se mostrado negativamente correlacionados com nutrientes e positivamente com a concentração de oxigênio, ou seja, a riqueza de

espécies e a abundância de esporos diminuem quando há um aumento de nutrientes (fósforo, nitrogênio) e aumentam quando a concentração de oxigênio dissolvido aumenta (Webster & Towfik, 1972).

Neste contexto, o presente estudo objetivou investigar a diversidade e a estrutura da comunidade de fungos aquáticos distribuídos em uma lagoa urbana de uma região subtropical úmida do bioma Mata Atlântica. Este estudo é inédito para a região e almejou identificar a composição da comunidade, indispensável à ciclagem de energia em cadeias alimentares aquáticas. Os resultados obtidos podem subsidiar medidas de manejo e monitoramento para a conservação da biodiversidade regional, que se encontra fortemente comprometida por pressões antrópicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Maringá, considerada uma cidade de porte médio com 423 mil habitantes, tornou-se sede de sua Região Metropolitana em 1998; 98,2% de sua população habita a zona urbana e seu índice de desenvolvimento humano é de 0,808 (IBGE, 2010).

A área urbana possui cerca de 50% da vegetação em reservas florestais e parques, distribuindo-se por 14 parques públicos, 1 particular e 6 áreas sem lei própria (Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica, Maringá, Paraná, 2011).

O Parque do Ingá Prefeito Adriano José Valente, com aproximadamente 4,73 hectares, é o principal ponto turístico verde da região. Situa-se na área central da cidade, denominado Bosque I. Essa unidade de conservação é um fragmento florestal integrante do bioma Mata Atlântica, e em meio às obras de urbanização em seu interior, encontra-se uma vegetação nativa da Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Borsato & Martoni, 2008) (Figura 1). A região conta com um clima Cfa (Alvares et al, 2013) - zona subtropical úmida, com clima oceânico, sem estação seca e com verões quentes, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. O município apresenta a temperatura média anual em torno de 20-21°C e a precipitação média anual por volta de 1.500 a 1.600 mm (Teodoro et al, 2003).

Ademais, em 2016, o parque passou por uma modificação em seu zoneamento ecológico, alterando-se de Área de Preservação Permanente (APP) para Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) (Maringá, 2017), que consiste em uma unidade de uso sustentável, de pequena extensão e baixa ocupação humana, que apresenta características naturais únicas destinadas a serem preservadas (Brasil, 2018).

O Parque apresenta uma lagoa com elevado índice de eutrofização, além de níveis consideráveis de fósforo e clorofila (Revisão do plano de manejo do parque, em preparação), sendo considerado um corpo aquático de classe 4. O Parque apresenta três lagoas interligadas, sendo a principal localizada no centro do

logradouro enquanto as lagoas da gruta Nossa Senhora e do Jardim Japonês encontram-se espaçadas entre si por poucos metros, são conectadas por pequenos canais e por apresentarem esta conectividade todas retratam um elevado índice de eutrofização, além de níveis consideráveis de fósforo e clorofila (Revisão do plano de manejo do parque, em preparação). São considerados corpos aquáticos de classe 4, portanto, são estritamente utilizados para náutica e harmonia paisagística, além de possuírem materiais flutuantes e substâncias de fácil sedimentação contribuindo para o assoreamento de canais de navegação. Nesta categoria são práticas proibidas o abastecimento para consumo humano, as recreações de contato primário (atividades e esportes aquáticos) e secundário (pesca e navegação), irrigação de hortaliças e frutas que se desenvolvam rente ao solo, proteção das comunidades aquáticas, mesmo que em terras indígenas, aquicultura e pesca em geral (ainda que amadora) e a dessedentação de animais, conforme a Resolução nº 357 de 17/03/2005 do CONAMA.

Amostragem dos dados limnológicos

As amostras limnológicas foram coletadas concomitantemente às amostras biológicas. Tanto a amostragem, quanto a análise dos dados coletados foram realizadas pelo laboratório de Limnologia Básica do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia). As variáveis ambientais como temperatura da água (°C), pH, condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$), turbidez (NTU),

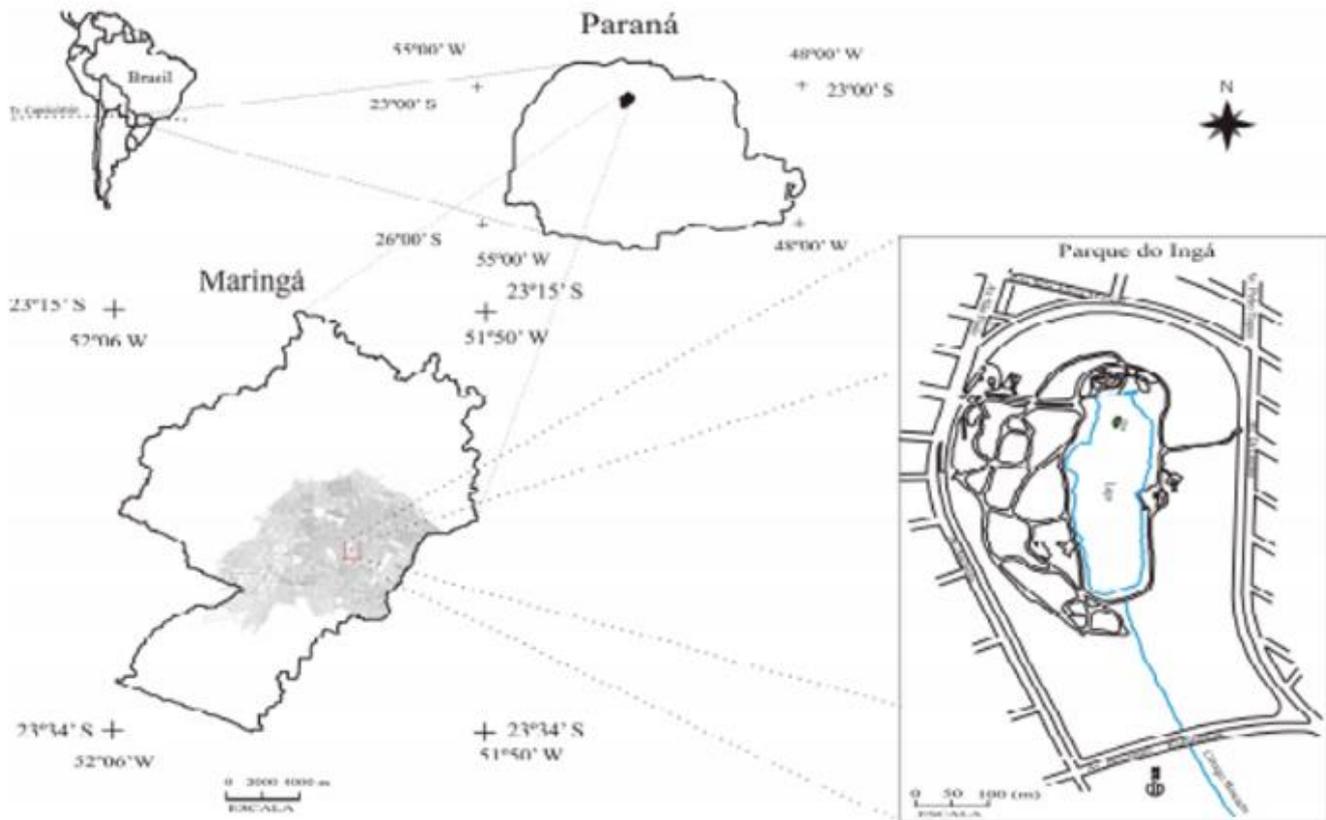


Figura 1. Localização do Parque do Ingá, no município de Maringá, Estado do Paraná, e da lagoa amostrada (Graça & Machado, 2007).

profundidade (cm) e oxigênio dissolvido (OD) (mg L^{-1}) foram amostradas por equipamentos digitais portáteis específicos para cada variável. Os nutrientes, nitrato (NO_3), amônio (NH_4), fósforo total (PT) e ortofosfato (PO_4), foram coletados em conformidade com protocolo específico para posterior análise em laboratório. A transparência da água (atenuação média da luz na coluna de água) foi estimada através do disco de Secchi (m).

Coleta e identificação dos fungos associados ao folhiço

Foram selecionados 11 pontos de coleta na margem, visando uma abrangência completa da borda, com aproximadamente a mesma distância (100 m) entre os pontos. Os pontos de coleta consistiram de remansos com acúmulo

de detritos vegetais, como por exemplo, folhas, galhos, partes de troncos, etc. Tanto a lagoa da gruta antiga de Nossa Senhora quanto a lagoa do Jardim Japonês, foram consideradas juntamente com a lagoa principal, como o mesmo ambiente, pois elas distam poucos metros entre si e se conectam, formando funcionalmente o mesmo ambiente para microrganismos. Foram realizadas duas amostras em pontos na margem selecionados aleatoriamente na de Nossa Senhora e uma amostra foi coletada no Jardim Japonês. Somando então, um total de 11 amostras por coleta. De cada ponto de acúmulo de folhas (remansos) foram retiradas cinco folhas negras aleatórias, com o intuito de garantir que as folhas já estivessem em um processo de decomposição e evitar que fossem de recentes

quedas. Duas amostragens foram realizadas: uma no período de seca (em julho de 2018) e a outra no de chuvas (em janeiro de 2019). As folhas coletadas foram acondicionadas em sacolas plásticas e mantidas em uma caixa térmica com gelo para processamento posterior.

Em laboratório, utilizando um cortador para folhas (cortador de cortiça - 10 mm), foram extraídos cinco discos (um por folha) de cada remanso (amostra), para esporulação fúngica. Os discos foram transferidos para erlenmeyers com 50 mL de água destilada e deionizada, depois, mantidos por dois dias (48 h) em um agitador orbital (90 rpm ou 1.5 Hz). A temperatura foi conservada em torno de 18°C. Esta metodologia é específica para a indução da formação de esporos, pois condiciona o fungo a um estado desfavorável de sobrevivência (estresse) (Graça et al, 2005). Posteriormente, a porção sobrenadante foi transferida para tubos Falcon, em que de imediato foram adicionados 2mL de formalina (4%) e antes da filtração, 2 mL de Triton X-100 (5%), para a fixação dos esporos. Para a identificação das espécies, foram filtrados 10 mL da suspensão com esporos em filtros de nitrato celulose (porosidade: 5 µm) com auxílio de uma bomba a vácuo. Os filtros foram corados com 0.05% de azul de algodão em 60% de ácido láctico. Os esporos foram identificados e contados sob microscópio (aumento de 400×), para 60 campos. Isso foi realizado visando padronizar a riqueza de espécies e a abundância de esporos (conídios). Esporos foram identificados a nível de espécie, sempre que possível, usando chaves de identificação específicas (Goh & Hyde,

1996; Chan et al, 2000; Gönczöl & Révay, 2002; Cruz et al, 2007; Cruz & Gusmão, 2009a; Cruz & Gusmão, 2009b; Barbosa et al, 2011; Fiuza & Gusmão, 2013; Fiuza et al, 2015).

Análise de dados

Utilizando a função Specaccum no ambiente R (R Core Team, 2018), do pacote vegan (Oksanen et al, 2017), foi realizada uma curva de acumulação, que consiste em um gráfico registrando um número de espécies na medida em que esforços amostrais foram feitos. A curva de acumulação aumenta consideravelmente no início, mas conforme novos esforços são adicionados (um número de buscas maior) a curva do gráfico tende a se estabilizar, ou atingir um padrão assintótico, indicando a riqueza local (Fisher et al., 1943).

Para as análises de diversidades foram utilizados os índices de Shannon-Winner, Alfa de Fisher e o índice de dominância de Simpson. O índice de Shannon-Winner mede a informação entrópica da distribuição, o tamanho da respectiva população como probabilidade e trata as espécies como símbolos, medindo a biodiversidade (Shannon & Winner, 1949). Alfa de Fisher, por sua vez, é um ótimo estimador da comunidade real, possível de ser medido quando a distribuição de espécies se ajustar a uma log série (Fisher et al., 1943); e por fim o índice de dominância de Simpson, que por analisar a variação da distribuição de abundância, foi calculado para verificação da dominância, variando de 0 a 1 (Simpson, 1949).

RESULTADOS

A caracterização limnológica da lagoa é de um sítio eutrofizado (Tabela 1) e não foram identificados valores diferentes entre os períodos de seca e chuvas para a transparência da água, PH e profundidade média. As concentrações de OD no período de seca foi 65% superior aos valores registrados para o

A espécie *Anguillospora longissima* representou 77,3% dos esporos encontrados, seguido por *Spadicoides cordanoides* com 11,9%. Os esporos de *T. alta*, *A. grandis* e *H. submersus* ocorreram apenas uma vez, em 0,4% do total de conídios.

O índice de diversidade de Shannon-Winner foi de 0,9. Para a relação de Alfa de

Tabela 1. Condições limnológicas (valores médios) nos dois períodos de coleta na lagoa do Parque do Ingá. Disco de Secchi (Secchi); Profundidade (Prof.) (cm); Temperatura da Água (T.) (°C); Condutividade (Conduct.) ($\mu\text{S cm}^{-1}$); pH; Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1}); Turbidez (NTU); NO_3 ($\mu\text{g L}^{-1}$); NH_4 ($\mu\text{g L}^{-1}$); PT ($\mu\text{g L}^{-1}$); PO_4 ($\mu\text{g L}^{-1}$).

	Variáveis Ambientais									
	Secchi	Prof.	T.	Conduct.	pH	OD	NO_3	NH_4	PT	PO_4
Período										
Seca	0,76	1,98	19,9	120,9	8,06	7,18	0,09	55,11	38,38,	10,6
Chuvas	0,78	2,03	28,6	126,4	7,36	4,57	0,07	24,72	10,36	3,55

período de chuvas.

A curva de acumulação (Figura 2) não atingiu o padrão assintótico esperado, o que indica que há potencial para mais estudos sobre riqueza de espécies nessa área urbana.

Foram identificados 9 táxons a partir de 269 esporos encontrados nas 22 amostras obtidas, sendo que no período de seca foi encontrada uma maior diversidade dos táxons, enquanto na época de chuvas uma maior abundância.

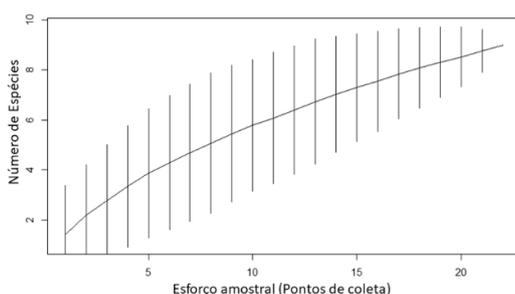


Figura 2. Curva de acumulação de espécies de hifomicetos aquáticos da lagoa do Parque do Ingá.

Fisher foi verificado o valor de 1,8, enquanto que a dominância de Simpson foi de 0,4.

DISCUSSÃO

As condições limnológicas da lagoa do Parque do Ingá são de um ambiente eutrofizado, o que é negativo para a presença de hifomicetos aquáticos. A temperatura é considerada dentro do esperado para a viabilidade dos fungos (Chandrashekar, 1991). Em contrapartida, eles são mais comuns em lagoas harmônicas, tal como Suzuki & Nimura (1961) abordam, com pH entre 6,2 e 6,5. No estudo, foi amostrado um pH alcalino (acima de 7), que resulta em uma perda elevada de espécies de hifomicetos aquáticos (Bärlocher, 1987). Porém, em ecossistemas lóticos esse fator não é determinante para a ocorrência de elevada riqueza de espécies (Scoarize, 2018). Para

Tabela 2. Número total de esporos por táxon de hifomicetos aquáticos registrados para o lago do Parque do Ingá, Maringá (PR).

Táxon	Pontos de coleta										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Anguillospora longissima</i> (Sacc. & P. Syd.) Ingold, 1942	13 [□]	34 [□]	55 [□]	21 [□]	11 [□]	5 [□]	13 [□]	12 [□]	16 [□]	5 [□]	13 [▲]
	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
<i>Spadicoides cordanoides</i> Goh & K.D. Hyde, 1997	0	0	31	0	0	0	0	0	1 [▲]	0	0
			▲								
<i>Aigialus grandis</i> Kohlm. & S. Schatz, 1986	0	0	1 [▲]	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heliscus submersus</i> H.J. Huds., 1961	0	0	0	0	0	0	0	0	1 [▲]	0	0
<i>Campylospora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	2 [▲]	0	0	0
<i>Taeniolella alta</i> (Ehrenb.) S. Hughes, 1958	0	1 [□]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fusariella obstipa</i> (Pollack) S. Hughes, 1949	0	3 [□]	0	1 [□]	0	0	0	0	0	0	5 [□]
<i>Articulospora tetracladia</i> Ingold, 1942	0	0	1 [□]	0	0	1 [□]	3 [□]	1 [□]	1 [□]	0	0
Sp1	8 [▲]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda: □ Táxons encontrados no período de chuvas; ▲ Táxons encontrados no período de seca.

sistemas lênticos ainda não há informações disponíveis.

A curva de acumulação obtida, embora não tenha atingido o padrão assintótico esperado, demonstra estar muito próxima do mesmo pela tendência apresentada. Destaca-se que estes primeiros resultados apresentados para a comunidade fúngica demonstram que a riqueza é baixa para a área com dominância elevada, o que prediz que o acréscimo em número de novas espécies deve ser muito baixo, mesmo com um elevado aumento de novas amostragens no local. Esta afirmação justifica-se pela distribuição dos pontos de coleta, distantes entre si, pela grande cobertura da área.

Durante as análises foi notória a presença massiva de *A. longissima*, enquanto outros táxons, como *F. obstipa*, ocorreu apenas nas imediações do Jardim Japonês, e *H. submersus* foi constatado apenas na gruta antiga de Nossa Senhora. É possível também identificar que em um mesmo ponto de coletam, houve diversidade diferente em relação aos períodos. O táxon *A. tetracladia* apareceu no período de chuvas, sendo ausente no período de seca. Outras espécies também tiveram sua presença restrita a um período ou local.

Neste trabalho foi possível identificar ocorrência maior de fungos aquáticos conforme a periodicidade de chuvas. Este fato pode não ser uma característica de fungos aquáticos, uma

vez que estudos como o de Schoenlein-Crusius, Moreira & Bicudo (2009) mostraram uma variação nas espécies referente a cada mês, e não a certas estações ou períodos. Portanto, torna-se um trabalho árduo obter a exatidão da ocorrência das espécies dessa comunidade de acordo com os períodos climáticos, algo justificável devido serem organismos diversos e cosmopolitas.

O índice de Shannon-Winner apresentou um baixo valor para os fungos da lagoa do Parque do Ingá, pois para que houvesse um maior valor, seria necessária uma distribuição mais equitativa da comunidade, o que neste inventário não foi possível, uma vez que a presença de *A. longissima* exerceu domínio na comunidade. Basicamente, a alta concentração de *A. longissima* afeta o índice de diversidade, já que o mesmo é sensível ao número de espécies. Esta espécie também foi dominante em ecossistemas aquáticos da região do Parque Nacional dos Campos Gerais, em Ponta Grossa-PR (Scoarize, 2018).

O valor baixo para Alfa de Fisher é esperado, pois encontrou-se baixa riqueza de espécies e alta abundância de esporos, sendo assim uma baixa equitabilidade.

O valor encontrado para a dominância de Simpson confirma a baixa diversidade para o lago do Parque do Ingá. Este índice prioriza a abundância da espécie ao invés da riqueza das mesmas. Assim, houve então uma dominância de *A. longissima* perante às outras espécies, consequentemente, seus esporos foram mais comuns que das outras. Este resultado é comum

nos estudos de fungos aquáticos na região Neotropical, sendo o *Anguillospora* o gênero mais comum e um dos mais predominantes na maioria das pesquisas (Schoenlein-Crusius, Moreira & Bicudo, 2009, Schoenlein-Crusius & Grandi, 2003, Schoenlein-Crusius, Moreira & Gomes, 2018; Scoarize, 2018). Os valores de diversidade foram baixos em relação a outros trabalhos realizados na zona subtropical, e de acordo com Duarte et al. (2008), a atividade de decomposição foliar por fungos aquáticos é menor em habitats poluídos, o que condiz com a atual situação da lagoa do Parque do Ingá, que atualmente encontra-se eutrofizada. A decomposição pode estar ocorrendo, apesar da baixa incidência de fungos, devido a presença de bactérias, pois esta lagoa urbana sofre acréscimo de nutrientes, o que favorece a elevada proliferação desses organismos. Este fenômeno não é compensatório, pois a taxa de decomposição realizada pelas bactérias é inferior à dos fungos (Duarte et al, 2008).

A despeito do baixo número de táxons, a recorrência de *A. longissima* foi unânime em todos os pontos de coleta. Essa predominância leva a crer que estes fungos tenham alguma vantagem sobre outros microrganismos decompositores, como é observado em fungos de ambientes aquáticos (Shearer & Zare-Mairan, 1988). Tal vantagem seria proveniente de um antimicrobiano natural presente nos fungos desta espécie, o anguillosporal, como apelidado por Harrigan et al. (1995).

Fungos aquáticos são organismos imprescindíveis à decomposição foliar de

ambientes de água doce. O estudo revelou uma baixa frequência desses fungos, o que se torna alarmante. É necessário que haja uma revisão do plano de manejo e conservação do Parque do Ingá, uma vez que a baixa incidência deste grupo de fungos resulta em uma ameaça a cadeia trófica do local. Como abordado por Chauvet et al (2016), as mudanças antropogênicas tem um impacto direto no desenvolvimento e reprodução dos fungos, o que resulta em impactos a microrganismos, plantas e animais que ali interagem. Ademais, em ambientes de água doce, a vegetação ripária e o solo em torno dos corpos hídricos alteram as características físico-químicas da água (Krauss et al, 2011). E por se tratar de uma ARIE, o Parque lida com o trânsito de pessoas que influenciam as diferentes fontes de poluição presente. Por outro lado, a manutenção do meio assegura novos habitats para fungos, o que permite a proliferação das espécies que são indispensáveis ao incremento da biodiversidade nos demais níveis tróficos da cadeia alimentar.

Considerando que o Parque é a principal vitrine turística verde de Maringá, alcunhada Cidade Verde, e que uma ARIE tem finalidade de uso plausível de acordo com os objetivos de conservação da natureza, a condição eutrofizada da lagoa principal somada à baixa riqueza de espécies de hifomicetos indica que são necessárias ações urgentes para efetivar o caráter de ARIE, recuperando serviços ecossistêmicos e garantindo a imagem ecológica da cidade.

Como lagoas artificiais urbanas são mais propensas a impactos, sugere-se um plano

para acompanhamento das condições da lagoa principal. O monitoramento do nível da água pode ser mensurado por funcionários públicos do Parque, de maneira regular e cotidiana. A análise da quantidade de água é necessária para a compreensão do potencial de diluição de variáveis limnológicas, estas que obrigatoriamente devem ser medidas mensalmente. As variáveis são indicadores da condição em que esses fungos vivem, portanto é de extrema importância seu acompanhamento.

Devido à sua localização ao centro da cidade, a recarga da bacia hidrográfica do Córrego Moscados deve ser investigada. Esta providência é determinante, pois caso ocorra uma redução gradual do volume de água na lagoa, ou seja, um descompasso da recarga, torna-se possível a seca destes corpos hídricos.

De acordo com o Plano de Manejo do Parque (2011), outro transtorno presente é a existência de esgotos clandestinos. O despejo incontrolado de rejeitos pode ajudar na contaminação do corpo aquático, aumentando a concentração de nutrientes, matéria orgânica e outras partículas.

Por se tratar de uma lagoa urbana é imprescindível que haja o acompanhamento de sua estrutura atual, para que dessa forma, saibam-se os valores esperados e compreenda os demais transtornos presentes. Ao atender essas questões, os impactos poderão ser amenizados e a eutrofização regulada, garantindo melhores condições à biota aquática e assegurando a qualidade dessa vitrine turística.

CONCLUSÃO

A investigação da diversidade e da estrutura da comunidade de fungos aquáticos em uma lagoa urbana altamente eutrofizada da Mata Atlântica revelou um baixo número de espécies. Por meio dos índices de diversidade, constatou-se baixa heterogeneidade da comunidade com prevalência de apenas uma espécie: *A. longissima*. A baixa diversidade de espécies desse grupo de decompositores, vital a ecossistemas de água doce, indica que o processamento da matéria orgânica pode estar comprometido, ou fortemente concentrado em outros decompositores. Isso afeta os serviços ecossistêmicos que a lagoa oferece e evidencia as condições adversas que a biota enfrenta. Medidas de recuperação desse ecossistema lântico devem ser implementadas urgentemente, especialmente considerando a vulnerabilidade dos fragmentos de Mata Atlântica. Os ecossistemas urbanos, especialmente as lagoas artificiais dos parques, servem como mostruários dos biomas e devem cumprir suas funções educacionais e conservacionistas. Portanto, sugere-se que a revisão do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica, Maringá, Paraná (de 2011) contemple objetivos específicos para os ambientes aquáticos e que novas medidas de manejo e monitoramento sejam efetivadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria de Meio Ambiente e Bem-Estar Animal de

Maringá, ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, ao Laboratório de Ecologia Energética e à Universidade Estadual de Maringá.

REFERÊNCIAS

ALVARES et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, no. 6, p. 711–728, 2013. < <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507> >

ALVES, G. H. Z. et al. Misguided policy may jeopardize a diverse South Brazilian environmental protection area. *Biota Neotrop.*, Campinas, v. 19, n. 1, 2019. < <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0574> >

BARBOSA, F. R. et al. Conidial fungi from the semi-arid Caatinga biome of Brazil, new species and records for *Thozetella*. *Mycotaxon*. v. 115, p. 327-334, 2011. < <https://doi.org/10.5248/115.327> >

BÄRLOCHER, F. Research on aquatic Hyphomycetes: historical background and overview. In: F. Bärlocher, (ed.). *The ecology of aquatic Hyphomycetes*. Springer Verlag, Berlin, pp. 1-15, 1992a. < https://doi.org/10.1007/978-3-642-76855-2_1 >

BÄRLOCHER, F. Recent developments in stream ecology and their relevance to aquatic mycology. In: F. Bärlocher, (ed.). *The ecology of aquatic Hyphomycetes*. Springer Verlag, Berlin, pp. 16-32, 1992b. < https://doi.org/10.1007/978-3-642-76855-2_1 >

BRASIL. Constituição. Resolução n. 357, de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, Brasília, DF, p. 58-63. < http://www.simae.sc.gov.br/admin/arquivos_download/resolucao-conama-n-3572005.pdf > Acesso em 18 de Fevereiro de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de

Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Brasília: MMA, 2011. p. 76. < <https://www.mma.gov.br/legislacao/areas-protegidas.html?download=1206:sistema-nacional-de-unidades-de-conserva%C3%A7%C3%A3o-snuc-e-pnap> >

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiologia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 26. n. 2. p. 273-285, 2008. < <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v26i2.1391> >

CHAN, S.Y.; GOH, T.K.; HYDE, K.D. In: Hyde KD, Ho WH, Pointing SB (eds) *Aquatic mycology across the millennium*. Fungal Diversity Press, Hong Kong, pp 89–107, 2000. < https://www.researchgate.net/profile/Teik_Khiang_Goh/publication/236589068_Ingoldian_fungi_in_Hong_Kong/data/02e7e5181c723efa4b000000/80-2000-Ingoldian-fungi-FD-5-89-107.pdf >

CHANDRASHEKAR, K.R.; SRIDHAR, K.R.; KAVERIAPPA, K.M. Aquatic hyphomycetes of a sulphur spring. *Hydrobiologia*. v. 218. p. 151-156, 1991. < <https://doi.org/10.1007/BF00006787> >

CHAUVET, E. et al. Beyond the water column: aquatic hyphomycetes outside their preferred habitat. *Fungal Ecology*. v. 19. p. 112-127, 2016. < <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.05.014> >

CRUZ, A. C. R.; GUSMÃO, L. F. P. Fungos conidiais na Caatinga: espécies associadas ao folheto. *Acta Botanica Brasilica*. v. 23. p. 999-1012, 2009a. < <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000400010> >

CRUZ, A. C. R.; GUSMÃO, L. F. P. Fungos conidiais na Caatinga: espécies lignícolas. *Acta Botanica Brasilica*. v. 23. p. 1133-1144, 2009b. < <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000400023> >

CRUZ, A. C. R.; MARQUES, M. F. O.; GUSMÃO, L. F. P. Fungos anamórficos (Hyphomycetes) da Chapada Diamantina: novos registros para o Estado da Bahia e Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 21. p. 847-855, 2007. < <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000400009> >

DUARTE, S. et al. Copper and zinc mixtures induce shifts in microbial communities and reduce leaf litter decomposition in streams. *Freshwater Biology*, v. 53. p. 91-101, 2008. < <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01869.x> >

FIUZA, P. O.; GUSMÃO, L. F. P. Ingoldian fungi from the semi-arid Caatinga biome of Brazil. *Mycosphere*, v. 4. p. 559-565, 2013. < doi.org/10.5943/mycosphere/4/6/10 >

FIUZA, P. O. et al. First records of Ingoldian fungi from the Brazilian Amazon. *Brazilian Journal of Botany*. v. 38. p. 615-621, 2015. < doi.org/10.1007/s40415-015-0157-7 >

FISHER, R. A.; CORBET, A. S.; WILLIAMS, C. B.; The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*. v. 12. p. 42-58., 1943. < https://www.jstor.org/stable/1411?seq=1#meta-data_info_tab_contents >

GARCIA, J. C.; BAPTISTON, K. R. Análise do projeto de Lei 7.123/2010 “Estrada Parque Caminhos do Colono” à luz do princípio da proibição do retrocesso ambiental. *Rev. Direito à Sustentabilidade*, v. 1, n. 1, 2014. < <http://saber.unioeste.br/index.php/direitoasustentabilidade/article/view/11052/7879> >

GOH, T. K.; HYDE, K. D. Biodiversity of freshwater fungi. *Journal of Industrial Microbiology*. v. 17. p. 328-345, 1996. < <https://doi.org/10.1007/BF01574764> >

GÖNCZÖL, J.; RÉVAY, A. Treehole fungal communities: aquatic, aero-aquatic and dematiaceous hyphomycetes. *Fungal Diversity*, v. 12; p. 19-34, 2002. < <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.469.3237&rep=rep1&type=pdf> >

GRAÇA, M. A. S.; BÄRLOCHER, F.; GESSNER, M. O. Methods to study litter decomposition: a practical guide. Springer Science & Business Media, 2005. 329 p.

GRAÇA, R. J.; MACHADO, M. H. Ocorrência e aspectos ecológicos de metazoários parasitos de peixes do Lago do Parque do Ingá, Maringá, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 29. no. 3. p. 321-326, 2007. <<https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v29i3.507>>

HARRIGAN, G. G. et al. Anguillosporal, a new antibacterial and antifungal metabolite from the freshwater fungus *Anguillospora longissima*. *Journal of natural products*. v. 58. n. 9. p. 1467-1469, 1995. <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/np50123a022>>

KRAUSS G. J. et al. Fungi in freshwaters: ecology, physiology and biochemical potential. *FEMS Microbiology Reviews*, Rev. 35. p. 620-651, 2011. <<https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00266.x>>

LECERF, A.; CHAUVET, E. Diversity and functions of leaf-decaying fungi in human-altered streams. *Freshwater Biology*, v. 53. p.1658-1672, 2008. <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.01986.x>>

MARINGÁ. Lei Ordinária no 10.353, de 12 de jan. de 2017. Dispõe sobre a oficialização do Parque do Ingá Prefeito Adriano José Valente como unidade de conservação na categoria Área de Relevante Interesse Ecológico, Maringá, PR, jan. 2017. <<http://leismunicipa.is/nfhpv>>

MARINGÁ. Prefeitura do Município de Maringá. Secretaria do Meio Ambiente. Plano de Manejo do Parque do Ingá. Maringá, PR: PMM. 2011.

MARTÍNEZ-ARROYO, A.; JÁUREGUI, E. On the environmental of urban lakes in Mexico City. *Urban Ecosystems*, 4 v. p. 145-166, 2000. <<https://doi.org/10.1023/A:1011355110475>>

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, 853–858, 2000. <[doi:10.1038/35002501](https://doi.org/10.1038/35002501)>

NASELLI-FLORES, L. Urban Lakes: ecosystems at risk, worthy of the best care. In: *Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference*, p. 1337, 2008. <<http://hdl.handle.net/10447/12690>>

OKSANEN, J. et al. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-4. <https://CRAN.Rproject.org/package=vegan>, 2017.

R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.r-project.org/>, 2017.

SAMPAIO, A. et al. Leaf litter decomposition in western iberian forested wetlands: lentic versus lotic response. *Limnctica*, v. 27. p. 96-106, 2008. <<http://hdl.handle.net/10400.5/5138>>

SCOARIZE, M. M. R. Distribuição e diversidade de hifomicetos aquáticos em riachos Neotropicais. *OceanDocs*, 58 pp, 2018. <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/4789>>

SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H., MOREIRA, C. G.; GOMES, E. P. C. Richness of ingoldian fungi and aquatic facultative fungi in the Parque Municipal do Carmo, São Paulo, São Paulo State, Brazil. *Hoehnea*, (AHEAD), v. 45. n. 3. p. 379-393, 2018. <<https://doi.org/10.1590/2236-8906-24/2018>>

SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; GRANDI, R. A. P. The diversity of aquatic Hyphomycetes in South America. *Braz. J. Microbiol.*, São Paulo. v. 34. n. 3. p. 183-193, 2003. <<https://doi.org/10.1590/S1517-83822003000300001>>

SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; MOREIRA, C. G.; BICUDO, D. C. Aquatic Hyphomycetes in the Parque Estadual das Fontes do Ipiranga - PEFI, São Paulo, Brazil. *Rev. bras. Bot.*, São Paulo. v. 32. n. 3. p. 411-426, 2009. <<https://doi.org/10.1590/S0100-84042009000300003>>

SOS MATA ATLÂNTICA E INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Relatório dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2008-2010, São Paulo, 2011. <https://www.sosma.org.br/wpcontent/uploads/2013/06/atlas_20112012_relatorio_tecnico_2013final.pdf>

SOLÉ, M. et al. Improved coverage of fungal diversity in polluted groundwaters by semi-nested. PCR, Science of The Total Environment. v. 406. p. 324-330, 2008. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.067>>

SUZUKI, S.; NIMURA, N. Relation between the distribution of aquatic Hyphomycetes in Japanese lake types. Botanical Magazine Tokyo, v. 74. p. 51-55, 1961.

TEODORO et al. Ecologia de *Lutzomyia* (*Nyssomyia*) *whitmani* em área urbana do município de Maringá, Paraná. Revista de Saúde Pública, p. 651-656, 2003. <<https://www.scielosp.org/article/rsp/2003.v37n5/651-656/pt/#ModalArticles>>

WAID, J. S. Occurrence of aquatic hyphomycetes upon the root surfaces of beech grown in woodland soils. Transactions of the British Mycological Society, v. 37, p. 420-421, 1954. <[https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(54\)80025-8](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(54)80025-8)>

WEBSTER, J.; TOWFIK, F. H. Sporulation of aquatic hyphomycetes in relation to aeration. Transactions of the British Mycological Society, v. 59. p. 353-364, 1972. <[https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(72\)80117-7](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(72)80117-7)>