

JAYNE CRISLENY PEREIRA DA SILVA

MICROPLÁSTICOS EM LAGOS RASOS TROPICAIS

SERRA TALHADA

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

MICROPLÁSTICOS EM LAGOS RASOS TROPICAIS

Jayne Crisleny Pereira da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Ecologia, Conservação e uso da Biodiversidade de Ambientes Aquáticos.

Prof.(a) Dr.(a) Jacqueline Santos Silva Cavalcanti

Orientador

Prof.(a) Dr.(a) Monica Ferreira da Costa

Co-orientador

SERRA TALHADA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada-PE, Brasil

S586m Silva, Jayne Crisleny Pereira da
Microplásticos em lagos rasos tropicais / Jayne Crisleny Pereira da
Silva. - Serra Talhada, 2019.
72 f. : il.

Orientadora: Jacqueline Santos Silva Cavalcanti

Coorientador: Monica Ferreira da Costa

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de
Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 2019.

Inclui referências e apêndices.

1. Sedimentos. 2. Bacias hidrográficas. 3. Recursos hídricos. I.
Cavalcanti, Jacqueline Santos Silva, orient. II. Costa, Monica Ferreira
da, coorient. III. Título.

CDD 631

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

MICROPLÁSTICOS EM LAGOS RASOS TROPICAIS

Jayne Crisleny Pereira da Silva

Dissertação julgada adequada para
obtenção do título de mestre em
Biodiversidade e Conservação pela
seguinte Banca Examinadora.

Aprovada em 15/07/2019.

Prof.^a. Dr.^a. Jacqueline Santos Silva Cavalcanti- Orientador
[Biodiversidade e Conservação/UFRPE]

Prof. Dr. Francisco Marcante Santana da Silva– Membro Interno
[Biodiversidade e Conservação/UFRPE]

Prof. Dr. Pierre Girard– Membro Externo
[Departamento de Biociências/ UFMT]

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, **Espedita Clênia e João Batista Júnior**, meus primeiros e melhores mestres, fontes constantes de inspiração e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a DEUS, por me dar disposição, força de vontade e pela saúde para realizar este trabalho.

Aos meus pais, Espedita Clênia e João Batista Júnior, por me apoiarem sempre durante minha jornada acadêmica, sem eles tudo isso não teria sentido, minha eterna gratidão por tudo.

A meu irmão Cléryston Pereira e a toda minha família, em muitos momentos fui ausente, mesmo assim me enviavam elogios e ânimo para prosseguir. *In memoriam*: Tia Jozefa Pereira, que partiu antes da defesa, muito obrigada pelo apoio, saudades!

À minha orientadora, Profa. Dra. Jacqueline Santos Silva Cavalcanti, obrigada pela paciência, pela oportunidade, apoio, amizade, orientações e por chamar minha atenção quando necessário.

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Monica Ferreira da Costa, cresci muito durante esse tempo no LEGECE, sou imensamente grata por todos os aprendizados, pela confiança, cuidados e por todas as orientações.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE-UAST), por tudo, especialmente pela concessão da bolsa durante o segundo ano do mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação e aos professores, especialmente: Mauro Melo, André Laurênio e Francisco Marcante.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, obrigada pela participação e colaboração.

A todos da minha turma de mestrado, vocês são muito especiais: Higo, Joecio e Philipe, muito obrigada por tudo.

Ao Departamento de Oceanografia da UFPE, que me acolheu durante todo o mestrado e disponibilizou o Ladin durante o período das análises.

Ao Laboratório de Gerenciamento de Ecossistemas Estuarinos e Costeiros por disponibilizar a estrutura e o espaço necessário para minha pesquisa. Agradeço também a todos os legeginhos, especialmente a Regina e Carlos pela injeção de alegria diária, Thaiane pelo treinamento e sugestões, Cibele e Mateus por se manterem sempre disponíveis para ajudar no que fosse preciso, gratidão.

A todos os integrantes do projeto ÁguaPE, que durante o período de coleta, foram mais que um grupo, em especial: Profa. Jacqueline-coordenadora do projeto, Prof. Pedro, Prof. Mauro, Maianne, Thais e Roberta.

•

*“Você não sabe o quanto eu caminhei para
chegar até aqui...*

*Percorri milhas e milhas do Sertão até o
Litoral, foram os mais belos caminhos do
aprendizado...*

De alguém que sonhou estar aqui hoje”

Resumo

A poluição por microplásticos em ambientes aquáticos de água doce tem sido alarmante nos últimos anos. O Brasil possui o maior número de ambientes de água doce do mundo, porém os estudos ainda são insipientes com ênfase em ambientes lóticos. O presente estudo analisou quarenta e oito lagos rasos ($\leq 4\text{m}$ de profundidade) em 8 diferentes bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. Apresenta ainda uma radiografia das variáveis ambientais, demográficas e da poluição por microplásticos em ambientes lênticos do estado. Os microplásticos encontrados foram classificados de acordo com sua cor, comprimento, área e tipo. Não se observou um padrão na distribuição de microplásticos nessas Bacias. Foram encontrados sedimentos arenosos, poluídos por microplásticos secundários em todas as bacias hidrográficas. Destes, 28% foram classificados como fragmentos ($6,6 \pm 9,4.\text{m}^{-2}$) e 72% como fibras ($40 \pm 11,2.\text{m}^{-2}$). Encontrou-se uma média 17,8 itens de microplásticos por m^{-2} , variando de 2 a 121 n. m^{-2} . A cor predominante foi transparente (526 MPs). Em mais da metade desses lagos (70,8%), as águas encontram-se fora dos critérios mínimos de qualidade sugerida pelo Conama 357/05. Sendo enquadradas nas classes II e III, correlacionadas positivamente com as maiores concentrações de microplásticos, principalmente nas bacias hidrográficas interiores do estado. Lagos localizados em zonas rurais apresentaram maior quantidade de microplásticos ($277 \pm 170.\text{m}^{-2}$) do que aqueles sob a influência de zonas urbanas ($235 \pm 144.\text{m}^{-2}$). Esses resultados indicam que os microplásticos estão contaminando os lagos rasos e suas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco.

Palavras-chave: Microplásticos, sedimento, lagos rasos, bacias hidrográficas.

Abstract

Microplastic pollution in freshwater aquatic environments has been alarming in recent years. Brazil has the largest number of freshwater environments in the world, but the studies are still insipid with emphasis on gothic environments. The present study analysed forty-eight shallow lakes ($\leq 4\text{m}$ deep) in eight different water basins of the state of Pernambuco. It also presents an X-ray of environmental, demographic and microplastic pollution variables in the state's centre environments. The microplastics found were classified according to their color, length, area and type. No pattern was observed in the distribution of microplastics in these basins. Sandy sediments have been found, polluted by secondary microplastics in all river basins. Of these, 28% were classified as fragments ($6,6 \pm 9,4. \text{m}^{-2}$) and 72% as fibres ($40 \pm 11,2. \text{m}^{-2}$). An average of 17.8 microplastic items per m^{-2} were found, ranging from 2 to 121 n. m^{-2} . The predominant color was transparent (526 MPs). In more than half of these lakes (70.8%), water is outside the minimum quality criteria suggested by Conama 357/05. Being framed in classes II and III, positively correlated with the higher concentrations of microplastic, mainly in the interior river basins of the state. Lakes located in rural areas had the highest number of microplastics ($277 \pm 170. \text{m}^{-2}$) than those under the influence of urban areas ($235 \pm 144. \text{m}^{-2}$). These results indicate that microplastics are contaminating the shallow lakes and their watersheds of the state of Pernambuco.

Keywords: microplastics, sediment, shallow lakes, river basins.

Lista de tabelas

	Página
Tabela 1- Poluição por microplásticos encontrados na água e nos sedimentos de ambientes de água doce nos últimos anos (2011-2019)	12
Tabela 2- Propriedades específicas de lagos rasos tropicais.....	13

Sumário

	Página
Dedicatória.....	05
Agradecimento.....	06
Resumo.....	08
Abstract.....	09
Lista de tabelas.....	10
1- Introdução.....	12
2- Referências bibliográficas.....	17
3- Artigo científico.....	22
3.1- Artigo científico I.....	24
4. Conclusão.....	56
Apêndice	58

1. Introdução

A poluição por plástico é uma preocupação global, com ocorrência em alta escala, por ser um poluente onipresente com crescimento exponencial proporcional ao acelerado desenvolvimento da população (JAMBECK et al., 2015). Estima-se que 8,3 bilhões de toneladas de plástico tenham sido fabricadas até o momento, sendo que cerca de 60% tem sido acumulado em aterros ou no ambiente natural (GEYER et al., 2017). Uma vez que entram no ambiente, os plásticos estão sujeitos a condições físicas, químicas e a processos de intemperismo biológico, que agem lentamente transformando grandes pedaços de plástico em fragmentos menores (BALDWIN et al., 2016).

Registros confirmam que a poluição por plástico vem se tornando cada vez maior em diferentes regiões (BERGMANN et al., 2016). Embora a poluição por plásticos seja comentada em todos os continentes, as pesquisas ainda estão concentradas no ambiente marinho (THOMPSON et al., 2009 ANDRADY, 2011; IVAR DO SUL et al., 2014). E pouco se entende sobre a poluição por plástico em ambientes continentais, sendo de ampla importância entender e explorar o ambiente continental (WAGNER et al., 2018).

Os plásticos são fabricados de diferentes tamanhos e cores, e ainda podem ser fragmentados ao longo do tempo com o processo de degradação (BROWNE et al., 2008). As partículas de plástico menores que 5 milímetros são comumente classificados como microplásticos (MPs) que são encontradas no ambiente em diversos formatos, devido à variedade de fontes (HIDALGO-RUZ et al., 2012). Podem ser de origem primária e secundária (BROWNE et al., 2008). MPs primários são considerados fundamentais para as indústrias de materiais de limpeza, na produção de cosméticos e nas indústrias têxteis (fibras sintéticas) (EERKES-MEDRANO et al., 2015). São industrialmente produzidos, de diferentes tamanhos e cores, comumente conhecidos como pellets (BROWNE et al., 2008). Os microplásticos secundários são aqueles originados da fragmentação e decomposição de plásticos maiores, incluindo fragmentos, filamentos e microfibras (ANDRADY et al., 2011). Apesar dessa definição e classificação serem amplamente utilizadas, nenhuma definição foi aceita universalmente em termos de faixa de tamanhos para microplásticos (HIDALGO-RUZ et al., 2012).

Pesquisas demonstram que os microplásticos são encontrados em altas concentrações em ambientes terrestres e aquáticos (WAGNER et al., 2017), sendo os oceanos os ambientes que apresentam maior quantidade de estudos e informações sobre esse poluente (JAMBECK et al., 2015). Recentemente, tem se estudado a ocorrência de

microplásticos nos ambientes aquáticos de água doce, terrestres e atmosféricos demonstrando ser um poluente universal (HORTON; DIXON, 2018). Nos últimos 5 anos, os estudos vêm caracterizando como esse poluente se integra aos ambientes terrestres e aquáticos de água doce (WAGNER et al., 2014), sendo esses considerados possíveis sumidouros para esse tipo de poluição (BALDWIN et al., 2016).

A poluição por microplásticos, em ambientes de água doce, foi registrada tanto para água como para sedimentos (HORTON et al., 2017). Estudos de microplásticos em sedimentos foram reportados para todos os continentes (ZBYSZEWSKI e CORCORAN, 2011; SRUTHY et al., 2019). Esses estudos concluíram que os MPs se acumulam no compartimento sedimentar e podem passar muito mais tempo nos sedimentos do que em outros compartimentos ambientais já estudados (BROWNE et al., 2011; BALDWIN et al., 2016).

A presença e as consequências ambientais dos microplásticos têm sido estudada principalmente na última década, juntamente com a ocorrência de microplásticos em ambientes de água doce, que podem conter monômeros residuais de fabricação presentes nos aditivos plásticos, os quais a biota pode adsorver produtos tóxicos e bioacumuladores presentes na água, como poluentes orgânicos persistentes (POPs) e metais pesados derivados de componentes químicos industriais (ANDRADY, 2011; BRENNECKE et al., 2016). Essas toxinas podem entrar na cadeia alimentar por meio da ingestão pela biota, podendo ocorrer biomagnificação (WRIGHT et al., 2013). Os impactos da ingestão de microplásticos têm sido registrados em animais de todos os níveis tróficos, desde o zooplâncton até a megafauna, seja pela morte por interrupção da digestão, seja pela alteração das funções metabólicas de crescimento e reprodução (DERRAIK, 2002). O que tem despertado preocupações de segurança alimentar, uma vez que a cadeia alimentar sem afetada pode causar potenciais consequências aos seres humanos (BROWNE et al., 2008; VAN CAUWENBERGHE et al., 2015).

Diante da importância desses ambientes continentais, a poluição por microplásticos nos ambientes de água doce ainda vem sendo descrita de maneira desafiadora, devido à baixa circulação e alta taxa de modificação ao longo do tempo desses ecossistemas (WAGNER et al., 2018). Ainda não há conhecimento suficiente em muitos aspectos para vincular as principais fontes, vias de transporte e o destino dos microplásticos nesses ambientes (DRIS et al., 2016). Os maiores números de estudos estão concentrados em rios e grandes lagos (>4 metros de profundidade) (WAGNER et

al., 2017; SU et al., 2016; YUAN et al., 2019), registrando grandes quantidades de partículas de plástico na coluna d'água e no sedimento (Tabela 1).

Os lagos rasos são caracterizados como corpos d'água com cerca de 4 metros de profundidade que podem passar por longos períodos de estiagem (AGOSTINHO et al., 2005). Abrigam uma ampla diversidade de espécies e servem como um gradiente vertical para a drenagem urbana (ERKES-MEDRANO et al., 2015). Lagos denominados rasos possuem propriedades específicas (Tabela 2), e podem ser temporários ou perenes, os quais são de suma importância para a existência dos ecossistemas locais (FRANÇA e MELO, 2006). Os lagos rasos e corpos de água menores (≤ 4 metros) ainda são pouco discutidos e conhecidos, mesmo sendo caracterizados como as principais fontes de transporte de partículas de MPs para as bacias hidrográficas (JAMBECK et al., 2015).

Tabela 1: Poluição por microplásticos encontrados na coluna d'água e nos sedimentos de ambientes de água doce nos últimos anos (2011-2019).

Localização	Abundância de MPs	Tipo de amostra	Referências	Diagnóstico
Lago Huron, Canadá, EUA.	3, 209. m ⁻³	Sedimento	Zbyszewski e Corcoran, 2011	Moderado
Rio San Gabriel, riacho, EUA.	12, 932. m ⁻³	Água de superfície	Moore et al., 2011	Muito
Lagos de Genebra, Europa.	9. m ⁻² (sedimento), 48,146. km ⁻² (água).	Sedimento e Águas Superficiais	Faure et al., 2012	Muito
Barragem das Três Gargantas, China.	48,146. km ⁻²	Água da superfície	Alencastro, 2012	Muito
Lago Garda, Itália, Europa.	1,108. m ⁻²	Sedimento	Imhof et al., 2013	Moderado
Lagos Superiores, Huron e Erie, Canadá, EUA.	43, 157. km ⁻²	Água da superfície	Eriksen et al., 2013	Muito
Lago Hovsgol, Mongólia, Ásia.	20,264. km ⁻²	Água da superfície	Free et al., 2014	Muito
Rio Danúbio, Áustria, Europa.	316,8. m ⁻³	Água da superfície	Lechner et al., 2014	Pouco
Rio Reno, Alemanha, Europa.	64. kg ⁻¹	Sedimento	Wagner et al., 2014	Moderado
Rio St. Lawrence, Canadá, EUA.	13, 759. m ⁻²	Sedimento	Castañeda et al., 2014	Muito
Lagos Erie e St. Clair, Canadá, EUA.	1, 576. m ⁻²	Sedimento	Zbyszewski et al., 2014	Moderado
Barragem das Três Gargantas, China.	13,617. km ⁻²	Água da superfície	Zhang et al., 2015	Muito
Lagos da Genebra, Europa.	280. m ⁻²	Água da superfície	Dris et al., 2015	Pouco
Lago Taihu, China.	234,6. kg ⁻² (sedimento), 25,8. L ⁻¹ (água).	Sedimento e Águas Superficiais	Su et al., 2016	Muito
Lago Winnipeg, Canadá.	748,000. km ⁻²	Água da superfície	Anderson et al., 2017	Muito
Rio do Gallatin (Montana, EUA).	1,2. L ⁻¹	Água da superfície	Barrows et al., 2018	Pouco
Lagos Vembanad, Kerala, Índia.	252.80. m ⁻²	Sedimento	Sruthy et al., 2019	Muito
Lagos de Poyang, China.	506. kg ⁻² (sedimento), 34. L ⁻¹ (água).	Sedimento e Águas Superficiais	Yuan et al., 2019	Muito
Pantanal, Brasil.	31. L ⁻¹	Água da superfície	Faria et al., 2019	Moderado
Lagos rasos de Pernambuco, Brasil.	1,323. m ⁻²	Sedimento	Este Estudo	Moderado

***Diagnóstico:** pouco, moderado e muito poluído, de acordo com as conclusões dos estudos.

Tabela 2: Propriedades específicas de lagos rasos tropicais.

Propriedades	Lagos rasos temporários	Lagos rasos perenes
Flutuação do nível da água	Pequena, estável.	Irregular, depende da hidrografia dos lagos.
Entrada de água	Depende de pequenos tributários e fontes difusas superficiais e subterrâneas.	Depende de tributários superficiais.
Saída de água	Irregular, depende da profundidade da coluna de água.	Relativamente estável, superficial.
Tempo de resiliência	Longo, de um a vários anos.	Variável de meses a anos.
Extinção de luz	Gradiente verticais predominante, baixa extinção de luz.	Gradientes horizontais predominantes, baixa extinção de luz.
Padrão de oxigênio dissolvido	Vertical com oxigênio máximo mais comum que o mínimo.	Vertical com oxigênio mínimo mais comum que máximo a partir do metalimnio.

Adaptado de: WETZEL (2001); TUNDISI (2003).

Esses corpos d'água doce são importantes ecossistemas aquáticos, que suportam usos múltiplos das águas e dos sedimentos, tais como consumo humano e animal, irrigação, atividades industriais, diluição de poluentes, transporte, recreação, pesca, entre outros (MELO JÚNIOR et al., 2007). Não existe um levantamento intensificado da situação da poluição por microplásticos desses lagos rasos na região Nordeste do Brasil. A maioria dos trabalhos na região, são levantamentos da biota, em ambientes lóticos e em reservatórios de grande porte da bacia do Capibaribe (ALMEIDA et al., 2010).

Entretanto, existe um grande número de lagos rasos naturais e artificiais nas outras bacias hidrográficas do estado, que servem como depósitos hídricos essenciais para populações animais e humanas da região, e que nunca foram sequer inventariados em termos de biodiversidade. Muito menos em relação aos níveis de poluição por microplásticos.

Esses ambientes, por serem menores, também demonstram mais rapidamente que estão expostos a algum tipo de poluição, através da alteração das suas características físicas, químicas e biológicas (WAGNER et al., 2018).

O presente estudo é resultado do projeto ÁGUAPE: Avaliação da qualidade da água em lagos rasos de Pernambuco: como andam nossas águas? (APQ 1268/2015), que teve

como objetivo, diagnosticar a qualidade da água em diferentes lagos rasos de Pernambuco. Esta proposta estudou ecossistemas de diferentes localidades e características de 8 das 13 bacias hidrográficas de Pernambuco com estratégia amostral padronizada. Além de caracterizar as condições ambientais locais (fatores físico-químicos da água e heterogeneidade de habitats), da qualidade ambiental impactada por resíduos sólidos e regionais (clima, pluviometria, bacia hidrográfica).

O presente trabalho buscou responder as seguintes perguntas:

- I. Os lagos rasos localizados em diferentes bacias hidrográficas do estado de Pernambuco, podem estar com suas margens contaminadas por microplásticos?
- II. A abundância de microplásticos nas amostras de sedimento das margens dos lagos rasos, pode ser caracterizada nesses ambientes conforme a distância da margem que são depositados?
- III. Há uma diferença significativa de MPs entre lagos situados em zonas urbanas, periurbanas e rurais?
- IV. As variáveis ambientais e demográficas em cada lago raso são correlacionáveis com a abundância de microplásticos nos sedimentos?

A pesquisa tem como objetivo identificar e classificar os microplásticos ($MPs \leq 5 \text{ mm}$) encontrados nas amostras de sedimento coletadas em lagos rasos tropicais.

2. REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. **Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil**. Maringá – PR: Editora Mega diversidade, v.1,n.1, p.70-78, 2005.
- ALENCASTRO, D. **Pollution due to plastics and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea**. Arch. Sci. 65, 157e164, 2012.
- ALMEIDA, V. L. S, MELO-JÚNIOR, M., PARANAGUÁ, M. N, LARRAZÁBAL, M. E.L & MELÃO, M. G. G. **O zooplâncton de água doce e seu estudo em reservatórios do Nordeste do Brasil**. In: Moura, A. N, Araújo, E. L., Bittencourt-Oliveira, M. C, Pimentel, R. M. M. & Albuquerque, U. P. (Eds.). **Reservatórios do Nordeste do Brasil: biodiversidade, ecologia emanejo**. Bauru: Canal6, p. 441-475, 2010.
- ANDERSON, J. C.; PARK, B. J.; PALACE, V. P. **Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems**. Environmental Pollution, V. 218, p. 269- 280, 2016.

ANDERSON, P. J.; WARRACK, S.; LANGEN, V.; CHALLIS, J. K.; HANSON, M. L.; RENNIE, D. M. **Microplastic contamination in Lake Winnipeg, Canada.** Environmental Pollution, v. 225, p. 223–231, 2017.

ANDRADY, A. L. **Microplastics in the marine environment.** Marine Pollution Bulletin. 62, 1596-1605, 2011.

BALDWIN, A. K.; CORSI, S. R.; MASON, S. A. **Plastic Debris in 29 Great Lakes Tributaries: Relations to Watershed Attributes and Hydrology.** Environmental Science and Technology, v. 50, n. 19, p. 10377–10385, 2016.

BALLENT, A., CORCORAN, P.L., MADDEN, O., HELM, P.A., LONGSTAFFE, F.J. **Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments.** Marine Pollution Bulletin. 110 (1), 383 e 395, 2016.

BROWNE, M.A.; DISSANAYAKE, A.; GALLOWAY, T.S.; LOWE, D.M.; THOMPSON, R.C. **Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.).** Environ. Sci. Technol. 42, 5026–5031, 2008.

BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVEN, S. J.; TEUTEN, E. L.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. C. **Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks -** Environmental Science & Technology. p. 9175–9179, 2011.

BARROWS, A. P. W.; NEUMANN, C. A.; BERGER, M. L.; SHAW, S. D. **Grab vs. neuston tow net: a microplastic sampling performance comparison and possible advances in the field.** Analytical Methods, 9 (9), 1446-1453, 2017.

CASTAÑEDA, R. A.; AVLIJAS, S.; SIMARD, M. A.; RICCIARDI, A. **Microplastic pollution in St. Lawrence River sediments.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 71, n. 12, p. 1767–1771, 2014.

DRIEDGER, A. G. J., DURR, H. H., MITCHELL, K., VAN CAPPELLEN, P. **Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: A review.** Journal of Great Lakes Research, 41, 9–19, 2015.

DRIS, R., GASPERI, J., ROCHER, V., SAAD, M., RENAULT, N., TASSIN, B. **Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris.** Environ. Chem. 12 (5), 592 e 599, 2015.

DRIS, R., GASPERI, J., SAAD, M., MIRANDE, C., TASSIN, B. **Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment?** Mar. Pollut. Bull. 104 (1), 290 e 293, 2016.

EERKES-MEDRANO, D.; THOMPSON, R.C.; ALDRIDGE, D.C. **Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs.** Water Research, v. 75, p. 63-82, 2015.

ERIKSEN, M.; MASON, S.; WILSON, S.; BOX, C.; ZELLERS, A.; EDWARDS, W.; FARLEY, H.; AMATO, S. **Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes.** Marine Pollution Bulletin, v. 77, n. 1–2, p. 177–182, 2013.

FARIA, E., GIRARD, P., NARDES, C. S., MORESCHI, A., CRISTIANO, S. W., FERREIRA, J. L. A., COSTA, M. F. **Microplastics pollution in the South American Pantanal.** Peer J Preprints., 2019.

- FAURE, F., CORBAZ, M., BAECHER, H., DE ALENCASTRO, L.F. **Pollution due to plastics and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea.** Arch. Dis. Sci. 65, 157–164, 2012.
- FRANÇA, F.; MELO, E.; GÓES-NETO, A.; ARAÚJO, D.; BEZERRA, M. G.; RAMOS, H.M.; CASTRO, I. GOMES, D. **Flora vascular de açudes de uma região do Semi-árido da Bahia, Brasil.** Acta Botanica Brasilica 17(4): 549-559, 2003.
- FREE, C. M.; JENSEN, O. P.; MASON, S. A.; ERIKSEN, M.; WILLIAMSON, N. J.; BOLDGIV, B. **High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake.** Marine Pollution Bulletin, v. 85, n. 1, p. 156–163, 2014.
- GEYER, R., JAMBECK, J.R., LAW, K.L. **Production, use, and fate of all plastics ever made.** Sci. Adv. 3 (7), e1700782, 2017.
- HIDALGO-RUZ, V., GUTOW, L., THOMPSON, R.C., THIEL, M. **Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification.** Environ. Sci. Technol. 46 (6), 3060e3075, 2012.
- HORTON, A. A.; WALTON, A.; SPURGEON, D. J.; LAHIVE, E.; SVENDSEN, C. **Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities.** Science of the Total Environment, v. 586, p. 127–141, 2017.
- HORTON, A. A.; DIXON, S.J. **Microplastics: An introduction to environmental transport processes.** Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, v. 5, 2018.
- IMHOF, H.K., IVLEVA, N.P., SCHMID, J., NIESSNER, R., LAFORSCH, C. **Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles.** Curr. Biol. 23 (19), 867e 868, 2013.
- IVAR DO SUL, J. A.; COSTA, M. F. **The present and future of microplastic pollution in the marine environment.** Environmental Pollution, v. 185, p. 352–364, 2014.
- JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. **Plastic waste inputs from land into the ocean.** Science (80-.). 347, 768-771, 2015.
- LEBRETON, L.C., VAN DER ZWET, J., DAMSTEEG, J.W., SLAT, B., ANDRADY, A., REISSER, J. **River plastic emissions to the world's oceans.** Nat. Commun. 8, 15611, 2017.
- LECHNER, A., KECKEIS, H., LUMESBERGER-LOISL, F., ZENS, B., KRUSCH, R., TRITTHART, M., GLAS, M., SCHLUDERMANN, E. **The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river.** Environ. Pollut. 188, 177e181, 2014.
- MCCORMICK, A., HOELLEIN, T.J., MASON, S.A., SCHLUEP, J., KELLY, J.J. **Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river.** Environ. Sci. Technol. 48: 11863–1187, 2014. <https://doi.org/10.1021/es503610r>.
- MOORE, C. J. **Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat.** Environmental Research 108, 131–139, 2008.
- MELO JÚNIOR, M., ALMEIDA, V. L. S., NEUMANN-LEITÃO, S., PARANAGUÁ, M. N. & MOURA, A. N. **O estado da arte da biodiversidade de**

rotíferos planctônicos de ecossistemas límnicos de Pernambuco. Biota Neotropica 7(3): 9p. 2007.

MOORE, C. J.; LATTIN, G. L.; Zellers, A. F. **Quantity and type of plastic debris flowing from urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California.** Journal of Integrated Coastal Zone Management 11(1), 65–73, 2011.

SCHINDLER, D.W.;HECKY, R.E.;MCCULLOUGH, G.K.;**The rapid eutrophication of Lake Winnipeg: greening under global change.** J. Gt. Lakes. Res. 38, 6e13, 2012.

SCHMIDT, N.; THIBAUT, D., GALGANI, F.;PALUSELLI, A., Semper_e, R. **Occurrence of microplastics in surface waters of the Gulf of lion (NW Mediterranean sea).** Prog. Oceanogr. 163, 214e220, 2018.

SILVA-CAVALCANTI, J. S.; SILVA, J. D.B.; FRANÇA, E. J.; ARAÚJO, M. C. B.; GUSMÃO, F.**Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource.** Environmental Pollution, v. 221, p. 218-226, 2017.

SRUTHY, S.; RAMASAMY, E.V. **Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: The first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India.** Environmental Pollution, v. 222 p. 315-322, 2019.

SU, L.; XUE, Y.; LI, L.; YANG, D.; KOLANDHASAMY.; LI, D.; SHI, H. **Microplastics in Taihu Lake, China.** Environmental Pollution, v. 216, p. 711–719, , 2016.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. **Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos.** In: REBOUÇAS, A; BRAGA, B; TUNDISI, J.G. **Uso e conservação.** 2. ed. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados, USP, p.195-225,2003.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficinas de Textos. 631p. 2008.

VAN CAUWENBERGHE, L.; DEVRIESE, L.; GALGANI, F.; ROBBENS, J.; JANSEEN, C. R. **Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects.** Marine Environmental Research, v. 111, n. i, p. 5–17, 2015.

WAGNER,M.; SCHERER, C.; ALVAREZ-MUÑOZ, D.; BRENNHOLT, N.; BOURRAIN, X.; BUCHINGER, S.; FRIES, E.; GROSBOIS, C.; KLASMEIER, J.; MARTI, T., RODRIGUEZ-MOZAZ, S., URBATZKA, R., VETHAAK, A., WINTHER-NIELSEN, M.; REIFFERSCHIED, G. **Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know.** Environ. Sci. Eur. 26, 12, 2014.

WAGNER, M.; LAMBERT, S. **Freshwater Microplastics The Handbook of Environmental Chemistry, 58 Series** Editors: Damià Barceló · Andrey G. Kostianoy, 2018.

WANG, J.; PENG, J.; TAN, Z.; GAO, Y.; ZHAN, Z.; CHEN, Q.; CAI, L. **Microplastics in the surface sediments from the Beijiang River littoral zone: Composition, abundance, surface textures and interaction with heavy metals.** Chemosphere, v. 171, p. 248–258, , 2017.

WANG, W.; YULING, W.; CHEN, Y.; WANG, J. **Chen, Microplastics in surface waters of Dongting Lake and Hong Lake, China.** Science of the Total Environment, v. 633, p. 539–545, 2018.

WETZEL, R. G. **Limnology. Lake and River Ecosystems.** 3ed. San Diego: Academic Press, 1006 p. 2001.

WRIGHT, S.L., THOMPSON, R.C., GALLOWAY, T.S. **The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review.** Environ. Pollut. v.178, 483–492, 2013.

YUAN, W., LIU, X., WANG, W., DI, M., WANG, J. **Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China.** Ecotoxicol. Environ. Saf. 170, 180e187, 2019.

ZBYSZEWSKI, M., CORCORAN, P.L., HOCKIN, A. **Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America.** J. Great Lakes Res. 40, 288–299, 2014.

ZHANG, K., GONG, W., LV, J., XIONG, X., WU, C. **Accumulation of floating microplastics behind the three Gorges Dam.** Environ. Pollut. 204, 117e123, 2015.

3. Artigo científico

3.1 - Artigo científico I

Artigo científico a ser encaminhado a **Revista Water Research**.

.

Todas as normas de redação e citação, doravante, atendem as estabelecidas pela referida revista, exceto o idioma.

Declaração sobre plágio

Eu, Jayne Crisleny Pereira da Silva, autora da dissertação intitulada “ Microplásticos em lagos rasos tropicais”, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, declaro que:

- O trabalho de pesquisa apresentada nesta dissertação, exceto onde especificado, representa uma pesquisa original desenvolvida por mim;
- Esta dissertação não contém material escrito ou dados de terceiros, de qualquer fonte bibliográfica, a menos que devidamente citada e referenciada no item “Referências Bibliográficas”.

Serra Talhada, 13 de setembro de 2019

Jayne Crisleny Pereira da Silva

POLUIÇÃO DE SEDIMENTOS DE LAGOS RASOS TROPICAIS POR MICROPLÁSTICOS.

Jayne Crisleny Pereira da Silva¹, Jacqueline Santos Silva-Cavalcanti^{1,2}, Monica Ferreira da Costa²

¹Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife - PE, 52171-900; ²Laboratório de Ecologia e Gestão de Ambientes Costeiros e Estuarinos, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Arquitetura, s/n, Recife-PE, 50740-540, Brasil.

* E-mail do correspondente: jacque_ss@hotmail.com

Destaques da pesquisa:

- O registro da ocorrência de microplásticos em ambientes de água doce ainda é insipiente, mas vem crescendo e tem se mostrado tão preocupante quanto a de ambientes marinhos;
- Microplásticos secundários do tipo fibra (72%) e fragmento (28%) foram frequentes em sedimentos de lagos rasos;
- Lagos localizados em zonas rurais apresentaram maior quantidade de microplásticos em relação aos mais próximos de zonas urbanizadas;
- Microplásticos entre 3-4 mm foram os mais frequentes em sedimentos arenosos;
- Os menores níveis de OD (0,8 a 4,6) e maiores níveis de NTU (110 a 405) foram correlacionados positivamente com as maiores concentrações de MPs.

Resumo

A observação da ocorrência de microplásticos em ambientes de água doce vem crescendo recentemente e os dados são tão preocupantes quanto para ambientes marinhos. O presente estudo analisou quarenta e oito lagos rasos com profundidade ($\leq 4\text{m}$) em 8 diferentes bacias hidrográficas de Pernambuco, caracterizando variáveis ambientais, demográficas e identificando e classificando a poluição por microplásticos ($\text{MPs} \leq 5\text{ mm}$). Os microplásticos foram classificados de acordo com sua cor, comprimento, área e tipo. Em todas as bacias hidrográficas foram encontrados sedimentos arenosos, poluídos por microplásticos secundários, destes 28% foram classificados como fragmentos ($6,6 \pm 9,4\text{ m}^{-2}$) e 72% como fibras ($40 \pm 11,2\text{ m}^{-2}$). As águas dos lagos encontram-se fora dos critérios mínimos de qualidade estabelecidos pelo Conama 357/05. Os menores níveis de OD (0,8 a 4,6) e maiores níveis de NTU (110 a 405) foram correlacionados positivamente com as maiores concentrações de MPs ($r^2=0,52$), principalmente nas bacias hidrográficas interiores do estado. Lagos localizados em zonas rurais apresentaram maior quantidade de microplásticos do que aqueles sob a influência de zonas urbanas. Mais pesquisas são necessárias para entender as fontes, retenção e transporte dos microplásticos em áreas de lagos rasos, assim menor será a contaminação de outros ambientes.

Palavras-chave: Microplásticos, sedimento, lagos rasos, bacias hidrográficas.

1. Introdução

Microplásticos (MPs) são partículas <5 mm e são comumente classificados como componentes primários que podem ser industrializados, como as microesferas (Eriksen et al., 2013). Podem ainda ser produzidos de maneira secundária, se originando de itens maiores e de fragmentos degradados (Andrady, 2011; Browne et al., 2011).

Por décadas a poluição por microplásticos foi descrita em ambientes marinhos, até as ilhas mais remotas, devido a sua alta distribuição (Ivar do Sul et al., 2014). Poucos relatos foram feitos ainda em ambientes continentais (Wagner et al, 2017), diante da importância de entender e apresentar os possíveis impactos da poluição por MPs em corpos d' água doce, nos últimos anos uma crescente preocupação científica tem sido despertada (Eriksen et al., 2015). Uma vez que são ambientes caracterizados como sumidouros e as principais vias de transportes de microplásticos para os oceanos (Jambeck et al., 2015).

As pesquisas em ambientes continentais, se concentram principalmente em rios e grandes lagos (Su et al., 2016), mas os estudos em lagos rasos são insipientes (Yuan et al., 2019), esses corpos d'água doce geram equilíbrio para as bacias hidrográficas e estão sendo cada vez mais poluídos por pequenas partículas de plástico (Wagner et al., 2018). Como consequência, a qualidade ambiental tem sido fragilizada e tem impactado a biota, pois registros de ingestão por microplásticos têm sido referidos em animais de todos os níveis tróficos, desde o zooplâncton até a megafauna (Derraik, 2002).

Recentemente, diversos ambientes de água doce estão poluídos por microplásticos, sendo descritos como partículas onipresentes, com altas concentrações comparáveis ao ambiente marinho (Wang et al., 2018; Horton et al., 2017; Baldwin et al., 2016; Castañeda et al., 2014; Blettler et al., 2017; Silva-Cavalcanti et al., 2017; Faria et al., 2019; Wang et al., 2017; Free et al., 2014; Su et al., 2016). O Brasil mesmo sendo o país com maior número de corpos de água doce do mundo (Lopes et al., 2014), estudos em relação a poluição por MPs ainda são recentes (Blettler et al., 2017; Faria et al., 2019), principalmente em ambientes de lagos rasos.

Os lagos rasos são ambientes de pequena profundidade (≤ 4 m), os quais no Nordeste do Brasil, esses corpos d'água são caracterizados por longo período de estiagem e escassez de água (Wetzel, 2001). Devido a essas características, estes ambientes quase sempre possuem suas margens habitadas e sofrem com intensificadas atividades antrópicas (Agostinho et al., 2005).

As fontes de microplásticos em ambientes de água doce são descritas com cautela (Wagner et al, 2018), pois ainda não há conhecimento suficiente para vincular fontes, vias

de transporte e destino de microplásticos em ambientes de água doce (Dris et al., 2016). No entanto, estudos anteriores evidenciam que provavelmente são provenientes de efluentes de estações de tratamento de águas residuais, precipitação atmosférica, descarte direto da população, escoamento das áreas agrícolas e possíveis recreações (Lechner et al., 2014; Baldwin et al., 2016). Nas bacias hidrográficas, as cidades são citadas como as principais fontes de microplásticos (Wang et al., 2017). Mas a dinâmica dos microplásticos nas bacias hidrográficas é praticamente desconhecida (Wang et al., 2017; Dris et al., 2018). Os lagos rasos e corpos de água doce que contêm altas concentrações de microplásticos, geralmente são relacionados a contaminação a partir das águas de efluentes industriais e residenciais através da drenagem urbana (Horton et al., 2017; McCormick et al., 2016).

As bacias hidrográficas são caracterizadas como as principais fontes de transporte de microplásticos para os oceanos (Jambeck et al., 2015). Os alcances, superiores e inferiores das bacias hidrográficas, incluem uma diversidade de tipos de usos (Miller et al., 2017), como as regiões de maior crescimento do estado de Pernambuco (pop. 1.637,834), áreas de agricultura, pesca, recreação ao ar livre e em geral, sempre ligadas a alta frequência de visitantes e habitantes (Lambert et al., 2018). No entanto, nenhuma correlação ainda foi feita em relação às diferentes características demográficas e a poluição de microplásticos em sedimentos de diferentes distâncias da margem desses lagos rasos.

Este estudo teve como objetivo avaliar os níveis de poluição por microplásticos em sedimentos de lagos rasos de diferentes bacias hidrográficas de Pernambuco, a fim de examinar as concentrações de microplásticos em lagos rasos e revelar fatores que impulsionam a abundância de microplásticos nestes ambientes. A hipótese desse trabalho é que a quantidade de microplásticos esteja relacionada ao uso do solo dos lagos rasos urbanos, periurbanos e rurais e que as concentrações sejam significativamente maiores, diante das características demográficas e variáveis ambientais. Para isso, escolheu-se o compartimento sedimentar para representar esses processos.

2. Material e Métodos

2.1. Descrição das áreas de estudo

O estado de Pernambuco possui uma grande diversidade de corpos d'água desde a região do sertão até a região costeira. Nesta diversidade, encontram-se os lagos rasos, que estão distribuídos em todo território do estado, nas diferentes mesorregiões do estado. As bacias hidrográficas de Pernambuco escolhidas para o estudo foram: Capibaribe, Una, Sirinhaém, Goiana, Itamaracá, Ipojuca, Pajeú e Moxotó (Figura 1). Dos corpos d'água do estado, 48 lagos rasos foram selecionados, proporcionalmente a área de cada bacia hidrográfica, de acordo com algumas características pré-estabelecidas, sendo elas: constituir-se de ambientes naturais ou artificiais, ter pequena profundidade (<4 m) e serem de livre acesso.

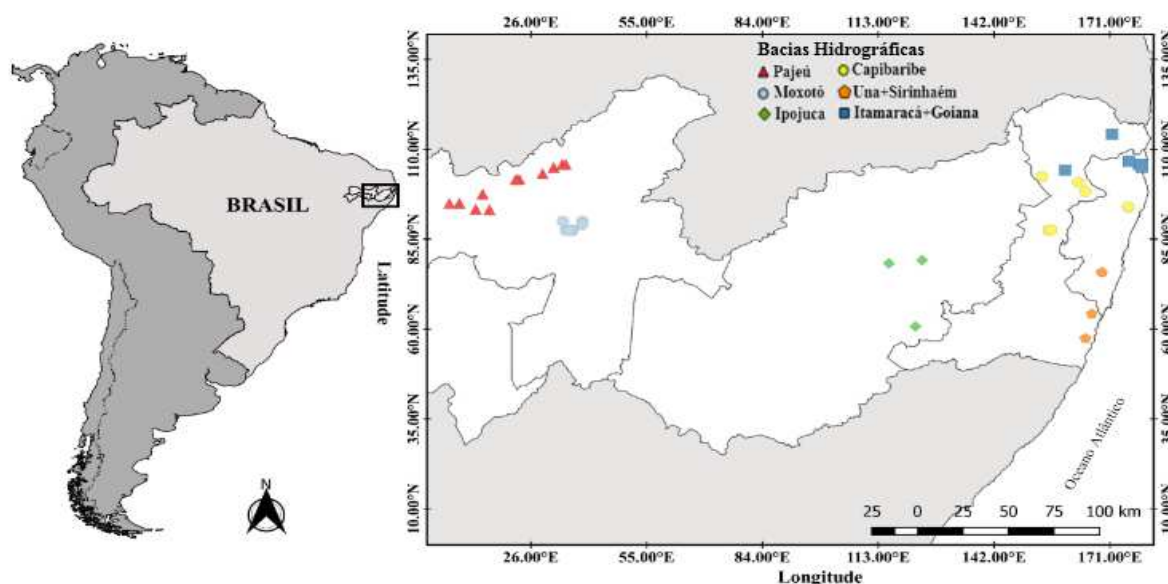


Figura 1. Mapa de localização dos lagos rasos estudados. Os pontos no mapa são os lagos rasos por bacia hidrográfica.

Os lagos também foram enquadrados de acordo com uso: urbano, periurbano e rural (Tabela 1). Lagos de área urbana são aqueles localizados dentro de cidades (≥ 1.740 hab. km²). Lagos de região periurbana são aqueles localizado na periferia das cidades (Miranda, 2008). Rurais são lagos localizados próximos ou em áreas propostas às atividades da agricultura e aquicultura (Tabela 1).

Tabela 1: Caracterização dos lagos rasos de acordo com as bacias hidrográficas, áreas e características dos lagos analisados. (Nº de lagos por cada bacia hidrográfica).

Características				No. lagos estudados		
Bacias Hidrográficas	Área (km²)	Dens. pop. aprox. (hab. km⁻²)	Precip. anual total (2013- 2014 mm)	Urbana	Periurbana	Rural
Itamaracá+Goiana	4,211	1,683	1,200	4	3	-
Una+Sirinhaém	8,830	1,596	920	3	-	-
Capibaribe	7,454	11,443	1,500	5	3	-
Ipojuca	3,435	2,009	720	4	-	-
Moxotó	8,772	346,3	640	2	-	9
Pajeú	16,685	766,5	513	6	-	9

Fonte: IBGE, 2010; APAC, 2017.

2.2. Procedimento em Campo

As coletas de sedimento foram realizadas nos meses de outubro e novembro de 2013 e agosto de 2014, na região litorânea dos lagos. Optou-se por realizar as coletas em períodos pós-chuvas (~2 meses) nas diferentes bacias hidrográficas. Por isso, o estudo foi realizado com apenas uma visita, pois as bacias hidrográficas interiores (bacias do Pajeú e do Moxotó), passam por um longo período de seca e os lagos temporários praticamente desaparecem.

As amostras de sedimento foram coletadas através de um amostrador cilíndrico com volume aproximado de 19 cm³ (15x20 cm), com capacidade de 300g de sedimento (Turra e Denadai, 2015). Em cada lago foram coletadas três réplicas para análise da contaminação em relação a distância da margem, o transecto era realizado sempre nas margens com maior área de mata ciliar, a cada 5 m de distância da margem até uma distância de 10 m. Um total de 141 amostras foram coletadas.

2.3. Coleta das variáveis ambientais

As variáveis abióticas da água foram coletadas para caracterização dos lagos rasos. Essas variáveis foram utilizadas a fim de avaliar se existia uma relação com a quantidade de microplásticos encontrados nos sedimentos desses ambientes de água doce. Outra hipótese testada foi se existia correlação das mesmas com o tamanho do grão e as variáveis demográficas.

2.3.1. Variáveis abióticas da água

Durante as coletas de sedimento, também foram realizadas aferições e coletas de variáveis abióticas da qualidade da água: Oxigênio dissolvido (mg. L^{-1}), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), sólidos em suspensão (g. L^{-1}), turbidez (NTU) e pH. As aferições ocorreram através do uso de sonda multiparamétrica Horiba modelo U-52. A precipitação anual total de 2013 e 2014 para cada bacia hidrográfica foi coletada a partir dos dados da APAC (APAC, 2017).

2.3.2. Granulometria dos sedimentos

Para avaliar a distribuição granulométrica dos sedimentos dos lagos rasos, as amostras de sedimentos foram peneiradas à seco através do método de Suguio (1973). As amostras de sedimento foram analisadas através de programa Sysgran e classificados de acordo com diagrama Folke Ward (1957).

2.4. Coleta das variáveis demográficas

Foram extraídas do Google Earth informações sobre a área de drenagem dos lagos, área da mata ciliar no ponto de coleta, porcentagem de área verde e densidade demográfica (Google, 2018).

As imagens do Google Earth do ano de amostragem (2013) foram georreferenciadas e o cálculo da porcentagem da área verde nos pontos de coleta, calculado a partir da área de vegetação de cada lago, dividida pela área total da bacia hidrográfica. Todos os cálculos foram processados no QGis (Neteler et al., 2008).

A densidade demográfica foi calculada através de uma sobreposição de dados, cruzando os limites dos lagos e os limites das bacias hidrográficas (área/ km^2), segundo o último censo demográfico (IBGE, 2010).

2.5. Procedimento em laboratório

O sedimento foi lavado a úmido na peneira de malha $63\ \mu\text{m}$ até que a fração fina fosse eliminada e restasse apenas a fração areia. As amostras foram então para estufa a $60\ ^{\circ}\text{C}$ até secar totalmente (Turra e Denadai, 2015).

O sedimento foi analisado para identificação de microplásticos com análise sob microscópio estereoscópico de marca Carl Zeiss Stemi 2000-C. Cada partícula de microplástico foi identificada por tipo, cor, tamanho, comprimento e área (Ivar do Sul,

2007). As imagens foram obtidas com o *Software AxioVs40 V 4.8.2.0* de Carl Zeiss Vision. Quando a amostra apresentava muita matéria orgânica, era acrescentada uma solução de 10% de H₂O₂, para tentar eliminação da matéria orgânica e facilitar a triagem.

2.6. Análise dos dados

A densidade total de microplásticos foi expressa em número de partículas por m⁻² de sedimento. O comprimento dos microplásticos foi expresso em mm. O teste de Shapiro-Wilk foi usado para verificar a homocedasticidade das variâncias (Vieira, 2006).

Uma ANOVA (Two-way ANOVA) foi conduzida para avaliar as possíveis diferenças entre as quantidades de microplásticos, de acordo com suas diferentes classificações (tamanho, tipo e cor).

Também foi realizada uma análise de variância (Two -way ANOVA), para verificar as prováveis diferenças significativas das variáveis abióticas da qualidade da água (temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido e sólidos totais), para todos os lagos onde os sedimentos foram coletados. Quando a ANOVA mostrou diferença significativa, um teste *a posteriori* (Tukey test) foi utilizado para determinar quais médias foram significativamente diferentes no nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Para verificar as possíveis correlações entre as características coletadas a partir das imagens de satélite e as concentrações de microplásticos foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. Todos os testes foram realizados utilizando o Biostat 5.3 (Manuel, 2007).

3. Resultados

3.1. Variáveis ambientais

3.1.1. Variáveis abióticas da água dos lagos rasos

Analisando a qualidade das águas dos lagos rasos, nas diferentes bacias hidrográficas, evidenciamos que 27,1% enquadram-se na classe I, 43,7% na classe II e 29,2 % na classe III segundo a resolução do Conama 357/05.

As variáveis abióticas dos lagos variaram entre as bacias hidrográficas. A precipitação total mensal ($p < 0,001$) apresentou média global de $197,5 \pm 65,6$ mm. A menor média

registrada foi referente a bacia do Pajeú com 29,9 mm. A maior média registrada foi de 229 mm na bacia do Capibaribe no mês de outubro.

A temperatura da água registrada nos lagos rasos é característica de ambientes tropicais (23 a 32,8 °C). Foi observada diferença significativa entre a temperatura da água dos lagos de todas as bacias hidrográficas ($p < 0,001$), com valores superiores na bacia do Capibaribe. O pH variou de 4,51 a 9,78 entre os lagos rasos, observando-se diferença significativa para o pH entre as bacias hidrográficas, principalmente para a bacia do Pajeú (Paj) ($p < 0,001$).

O oxigênio dissolvido apresentou valores que variaram de 0,8 a 11,58. Ocorreu diferença significativa do oxigênio dissolvido nos lagos rasos urbanos e periurbanos ($p < 0,001$), sendo registrados maiores valores nos lagos das bacias do Pajeú e do Moxotó.

A turbidez apresentou grandes variações entre os lagos rasos do Estado, chegando a um mínimo de 1.2 NTU e no máximo de 405 NTU. Os valores de turbidez também apresentaram diferença significativa entre os lagos rasos do Capibaribe (Cap) e do Pajeú (Paj) ($p < 0,001$). Os menores níveis de OD (0,8 a 4,6) e maiores níveis de NTU (110 a 405) foram correlacionados positivamente com as maiores concentrações de MPs (40 a 120) ($p = 0,002$, $R^2 = 0,52$).

A partir da análise dos sólidos totais dissolvidos (g/L TDS) foi possível constatar uma variação de 0,01 a 3,6 g/L. Houve diferença significativa para os valores de sólidos totais dissolvidos nos lagos ($p < 0,001$), com valores extremamente superiores nas bacias do Pajeú (Paj) e do Moxotó (Mox) (Figura 2A).

3.1.2. Granulometria dos sedimentos

Os resultados obtidos foram de sedimentos arenosos. Os diagramas de Shepard (1954) das amostras mostram que o sedimento ficou concentrado nas áreas 5, 9 e 10, sendo denominados de areia argilosa, areia ou areia siltica (Figura 2B).

Os sedimentos do tipo areia média foram comuns em 91% dos lagos analisados. Em relação ao grau de seleção, de acordo com os resultados os grãos são bem selecionados a moderadamente selecionados.

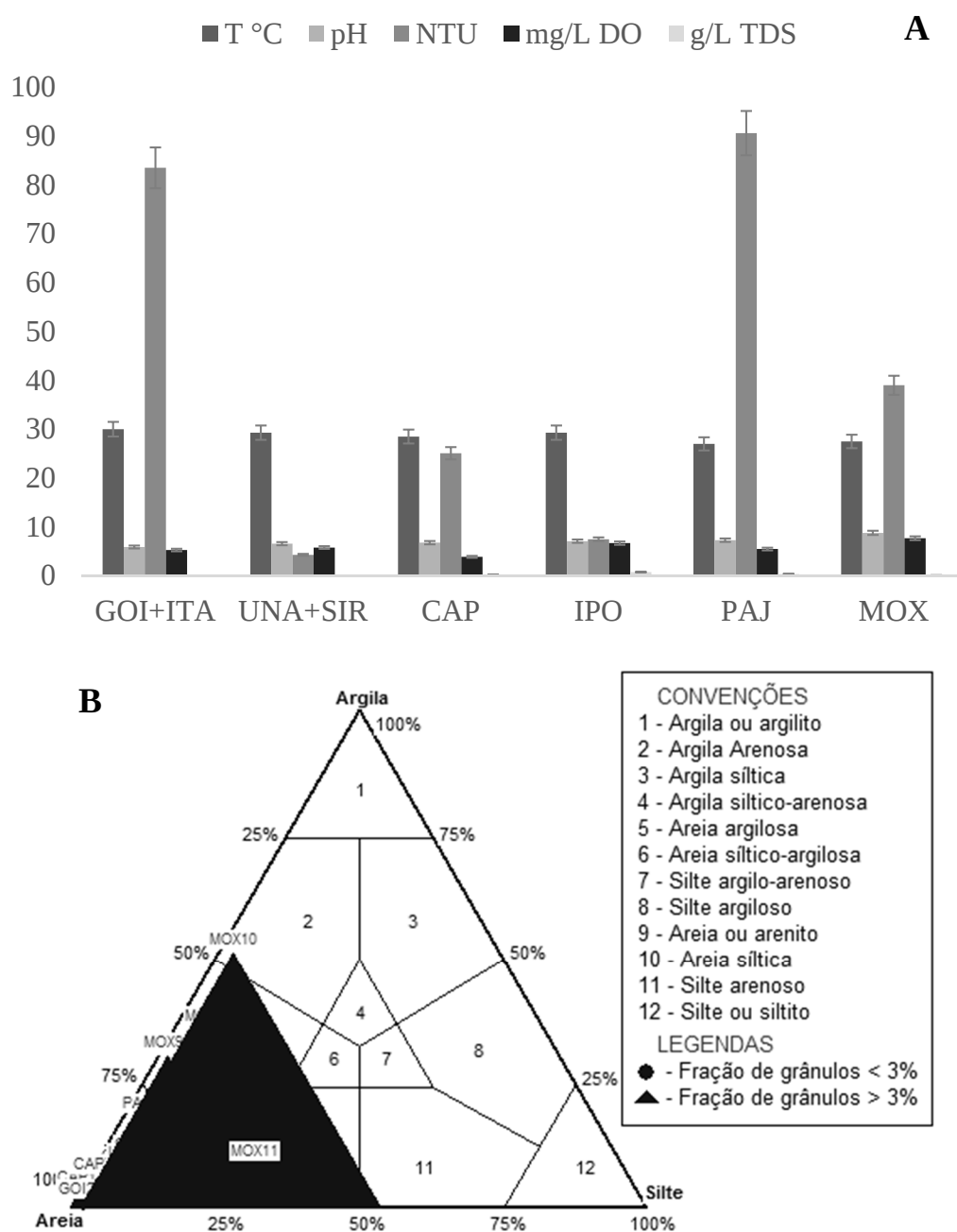


Figura 2. A. Distribuição das variáveis abióticas, nos meses de outubro e novembro de 2013. As variáveis foram: Temperatura da água, pH, Turbidez, Oxigênio dissolvido, Sólidos totais e **B.** Diagrama de Folk. Bacias Hidrográficas: **GOI+ITA**- Itamaracá+Goiana, **UNA+SIR**- Una+Sirinhaém, **CAP**- Capibaribe, **IPO**- Ipojuca, **PAJ**- Pajeú, **MOX**- Moxotó.

3.2. Abundâncias dos microplásticos

Os microplásticos foram encontrados em todas as 141 amostras (100%) de sedimentos dos 48 lagos rasos analisados ($N = 1.323$ partículas). Os sedimentos classificados do tipo areia média foi o mais comum (91%), entre os lagos analisados, sendo estes os mais contaminados por microplásticos secundários (Figura 3).

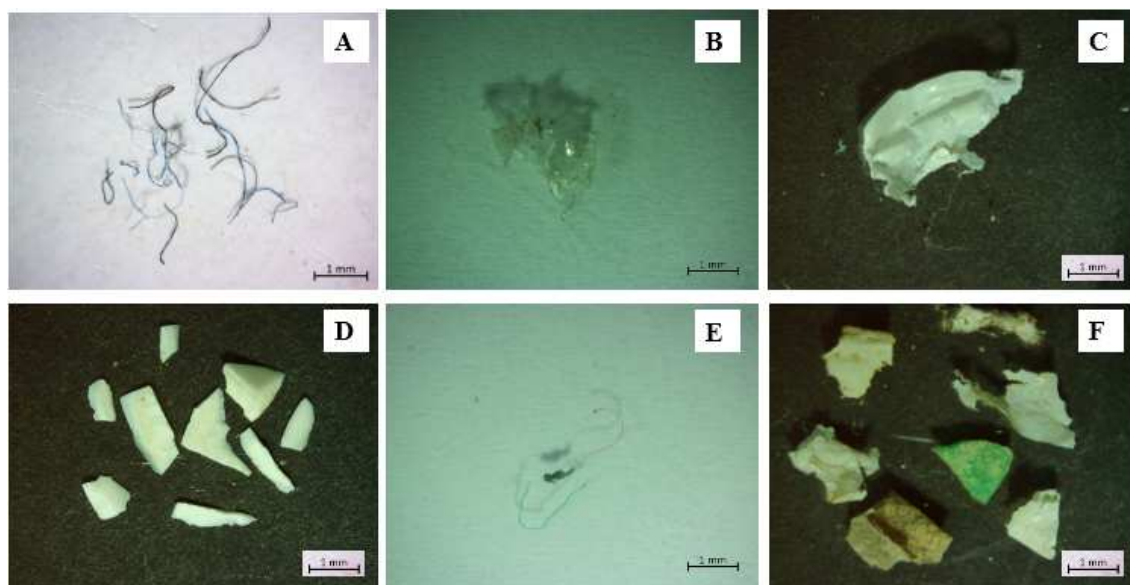


Figura 3: Exemplos de diferentes microplásticos encontrados nos sedimentos dos lagos rasos **(A)** microfibras sintéticas de diferentes cores, **(B)** fragmento duro e transparente, **(C)** microplástico flexível branco, **(D)** fragmentos brancos, **(E)** microfibras sintéticas e fragmento azul e **(F)** diversos tipos de fragmentos.

Cerca de 28% dos MPs encontrados foram do tipo fragmentos ($6,6 \pm 9,4.m^{-2}$) e 72% foram fibras sintéticas ($40 \pm 11,2.m^{-2}$). As fibras foram o tipo mais comum de microplásticos encontrados em todos os sedimentos analisados (Tabela 2).

Tabela 2. Concentrações (m^{-2}) de microplásticos nos lagos rasos no Estado de Pernambuco. Os dados estão demonstrados no formato Média $\pm$ Desvio Padrão (Min. – Max.). Pontos de coleta: **GOI+ITA-** Itamaracá+Goiana, **UNA+SIR-** Una+Sirinhaém, **CAP-** Capibaribe, **IPO-** Ipojuca, **PAJ-** Pajeú, **MOX-** Moxotó.

Área	Ponto de Coleta	Total Méd.±Desvpad (Min.-Máx.)	Fragmentos Méd.±Desvpad (Min.-Máx.)	Fibras Méd.±Desvpad (Min.-Máx.)
Urbana=24	CAP1	44±2,3 (12-16)	5±2,1 (0-4)	39±18,1 (12-15)
	CAP2	25±3,7 (4-11)	14±2,5 (2-7)	11±5,3 (2-5)
	CAP3	9±1,7 (2-5)	5±1,5 (0-3)	4±2,1 (0-2)
	GOI1	24±3,6 (4-12)	17±5,5 (0-11)	7±2,8 (1-5)
	CAP4	15±2,6 (3-8)	0±0 (0)	15±6,7 (3-8)
	CAP5	75±13,5 (3-30)	23±3,1 (20-23)	52±23,6 (15-22)
	CAP6	42±4,9 (6-15)	15±6,8 (2-7)	27±13,4 (1-15)
	IPO1	12±3,6 (5-12)	1±1,7 (0-1)	11±4,9 (1-7)
	IPO2	25±9,3 (8-25)	1±0,5 (0-1)	24±11,3 (4-12)
	IPO3	41±3,7 (8-15)	1±1,1 (0-1)	40±17,3 (8-23)
	UNA1	32±4,1 (5-13)	1±0,5 (0-1)	31±13,7 (8-15)
	UNA2	25±2,5 (9-19)	0±0 (0)	25±11,3 (5-13)
	IPO4	37±5,1 (2-12)	6±2,6 (0-5)	31±6,1 (3-6)
	IPO5	15±1,1 (2-4)	2±0,5 (0-1)	13±8,1 (2-11)
	IPO6	40±5,2 (9-19)	0±0 (0)	18±4,9 (2-4)
	IPO7	14±1,5 (5-8)	4±1,1 (0-2)	10±16,2 (7-19)
	PAJ1	15±1,1 (4-6)	2±1,1 (0-2)	13±6,1 (1-8)
	PAJ2	47±10,4 (4-24)	8±3,1 (0-6)	17±6,1 (4-13)
	PAJ3	19±0,5 (6-7)	3±1,1 (0-2)	16±7,4 (5-13)
	PAJ4	30±3,6 (7-14)	1±0,5 (0-1)	29±13,1 (5-6)
	PAJ5	19±1,5 (5-8)	1±0,5 (0-1)	18±8,1 (7-14)
	PAJ6	19±3,5 (3-10)	1±0,5 (0-1)	18±8,4 (5-8)
	MOX3	11±6,4 (3-11)	4±2,3 (0-4)	7±2,4 (2-5)
	MOX11	28±5,8 (5-16)	2±0,7 (0-1)	26±11,6 (4-15)
	ITA1	41±9,8	26±13,3	15±7,7

		(7-25)	(0-24)	(1-7)
	ITA2	31±10,2 (3-22)	2±1,1 (0-2)	29±11,6 (3-22)
	ITA3	15±1,3 (4-6)	2±0,5 (0-1)	13±6,1 (4-5)
	CAP7	28±1,5 (5-8)	1±0,5 (0-1)	27±12,0 (6-14)
	SIR1	15±4,7 (5-14)	4±1,1 (2-4)	11±5,6 (1-5)
	GOI2	19±2,1 (6-10)	4±3,1 (1-3)	15±7,4 (2-7)
Rural=18	PAJ7	17±5,5 (2-12)	3±1,7 (0-3)	14±6,1 (2-9)
	PAJ8	21±6,2 (2-14)	5±1,5 (0-3)	16±7,4 (0-11)
	PAJ9	24±4,9 (4-13)	2±0,5 (0-1)	22±9,5 (4-13)
	PAJ10	32±10,2 (3-22)	5±2,1 (0-4)	27±10,9 (3-20)
	PAJ11	22±3,1 (2-8)	14±2,5 (2-7)	8±3,5 (2-4)
	PAJ12	121±5,1 (35-45)	69±3,1 (20-26)	52±23,6 (15-22)
	PAJ13	20±2,6 (8-13)	2±0,7 (0-1)	18±8,1 (3-9)
	PAJ14	45±6,5 (9-22)	17±4,7 (2-11)	28±12,7 (7-13)
	PAJ15	36±16,2 (7-19)	0±0 (0)	36±16,2 (7-19)
	MOX1	11±5,1 (4-14)	0±0 (0)	11±5,3 (2-5)
	MOX2	25±11,3 (4-14)	0±0 (0)	25±11,3 (4-14)
	MOX4	21±2,5 (3-8)	2±1,1 (0-2)	19±8,4 (3-11)
	MOX5	14±2,1 (3-7)	1±0,5 (0-1)	13±6,1 (3-6)
	MOX6	47±12,1 (3-27)	13±3,7 (1-7)	34±14,4 (6-21)
	MOX7	19±1,5 (5-8)	5±1,5 (1-3)	14±7,1 (2-6)
	MOX8	27±5,6 (3-14)	14±5,5 (1-11)	13±5,6 (1-9)
	MOX9	14±2,0 (3-7)	4±1,5 (1-3)	10±4,9 (2-4)
	MOX10	55±9,8 (7-25)	1±0,5 (0-1)	54±27,2 (6-25)

Não houve diferença significativa entre os lagos rasos estudados para as concentrações de microplástico (Figura 4). Porém mesmo com a semelhança, alguns lagos rasos de destacam-se com altas concentrações, que variaram de 30 a 55 itens de microplásticos.

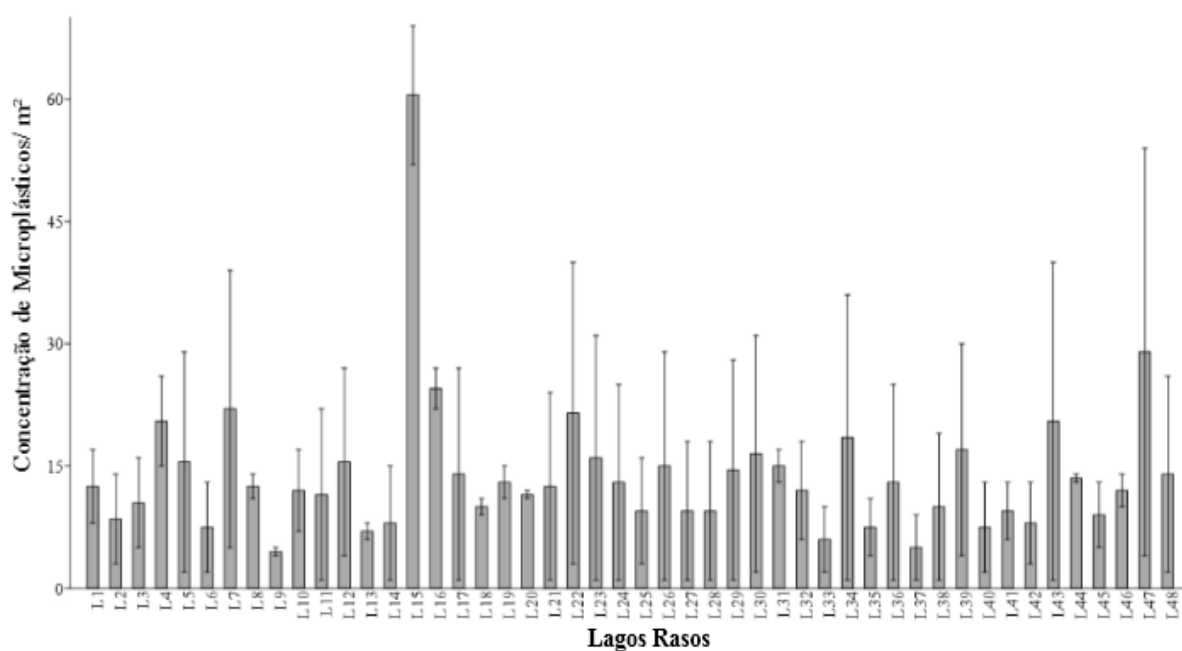


Figura 4: Concentrações de microplásticos nos lagos rasos analisados.

Em relação ao uso do solo, houve diferença significativa entre (fragmentos e fibras) (Two-way ANOVA: $F_{1,46} = 62,3$ $p = <0,001$), nas diferentes bacias hidrográficas de Pernambuco (Figura 6).

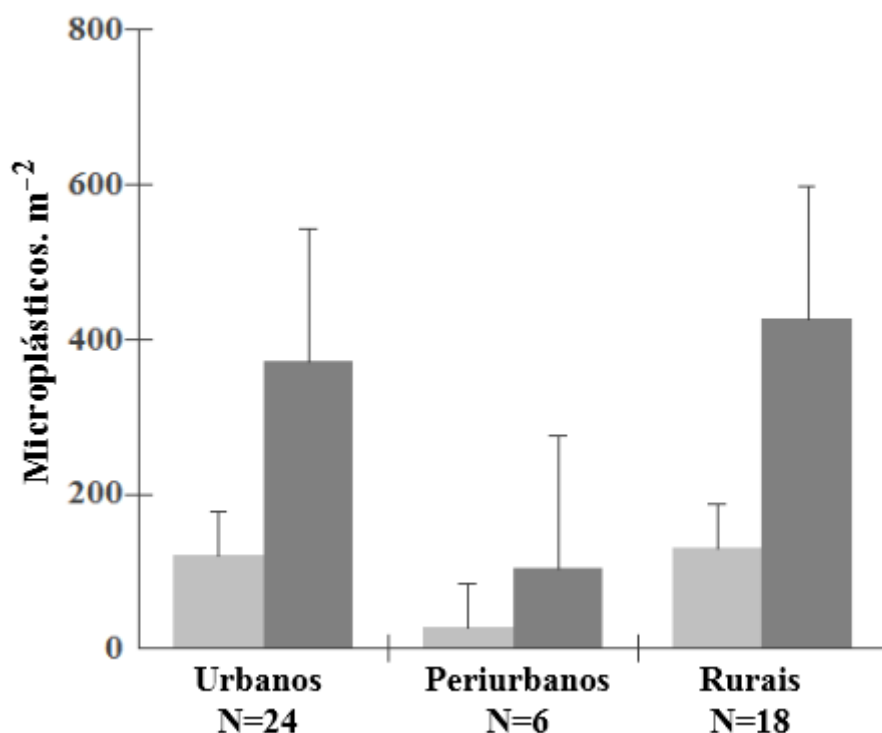


Figura 5: Microplásticos em zonas urbanas, periurbanas e rurais respectivamente.

Lagos localizados em áreas rurais apresentaram uma maior quantidade de microplásticos quando comparado aos demais (Figura 5). Os itens de fibras sintéticas foram os mais abundantes na zona Urbana (490 itens;43%), zona Periurbana (131 itens;10%) e zona Rural (555 itens;47%) ($p < 0,001$).

Em relação ao transecto da distância da margem, a deposição dos microplásticos variou muito entre os lagos rasos, para fragmento e fibra. Porém, as concentrações totais por bacia hidrográfica foram significativamente diferentes entre cada distância analisada. Quanto mais distante da margem, maior é o número de microplásticos nos sedimentos. Margem ($R^2 = 0.76$; $p = 0.0002$), 5m ($R^2 = 0.77$; $p = 0.0002$) e 10m ($R^2 = 0.85$; $p < 0.0001$).

Os sedimentos das bacias hidrográficas de Itamaracá+Goiana (I+G) e Capibaribe (Cap), estavam mais poluídas na margem ($27 \pm 3 \text{ m}^{-2}$). Na bacia hidrográfica Ipojuca (Ipo) sedimentos a 5m da margem foram mais pesadamente contaminados por Mps ($48 \pm 12,1 \text{ m}^{-2}$). No entanto, as bacias hidrográficas do Pajeú (Paj), Moxotó (Mox) e Una+Sirinhaém (U+S) ($46 \pm 10,3 \text{ m}^{-2}$), se encontram mais poluídas na distância de 10m da margem (Figura 6).

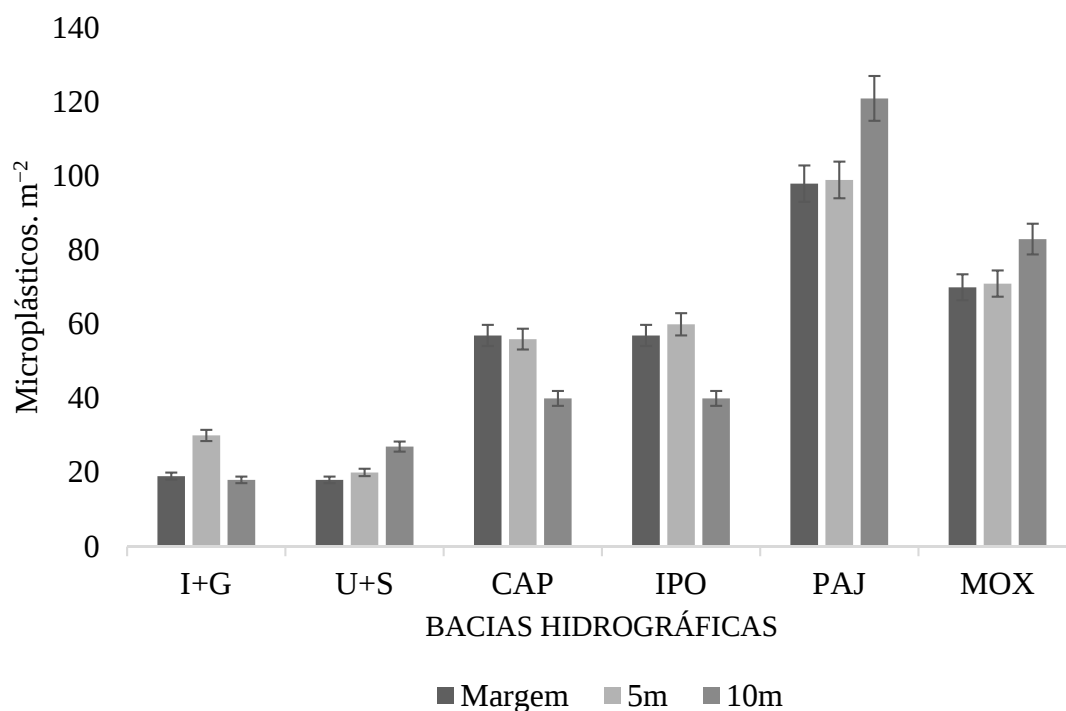


Figura 6: Variação das concentrações totais de microplásticos de acordo com a distância da margem, onde os microplásticos são depositados.

A frequência de microplásticos foi significativamente maior ($p \leq 0,001$) para os lagos das bacias do Ipojuca (Ipo), classificados como urbanos (Imagem 7).

3.3. Distribuição dos microplásticos

As maiores concentrações de microplásticos encontram-se nas bacias do Moxotó (Mox) ($46 \pm 12,7 \cdot \text{m}^{-2}$), Ipojuca (Ipo) ($48 \pm 12,1 \cdot \text{m}^{-2}$) e Capibaribe (Cap) ($28,5 \pm 5,2 \cdot \text{m}^{-2}$). Todas as bacias hidrográficas que abrangem o estudo apresentaram seus lagos poluídos por microplásticos (Figura 7).

As fibras foram os itens mais comuns encontrados nos sedimentos dos lagos rasos. Quanto as partículas de fragmentos, também foram encontradas em todas as bacias hidrográficas. As concentrações de fibras sintéticas aumentam significativamente da parte mais interior para o litoral do estado ($<0,001$).

Foram encontradas nas bacias do Ipojuca (Ipo) ($26 \pm 13,8 \cdot \text{m}^{-2}$), Capibaribe (Cap) ($11 \pm 8,1 \cdot \text{m}^{-2}$), Una, Sirinhaém (U+S) ($13 \pm 6,5 \cdot \text{m}^{-2}$), Goiana e Itamaracá (G+I) ($10 \pm 5,1 \cdot \text{m}^{-2}$), as mais baixas concentrações de partículas de fragmentos ($4,6 \pm 2,5 \cdot \text{m}^{-2}$). As maiores concentrações de fragmentos encontram-se nas bacias do Pajeú (Paj) ($35,5 \pm 21,9 \cdot \text{m}^{-2}$) e do Moxotó (Mox) ($32 \pm 17,1 \cdot \text{m}^{-2}$).

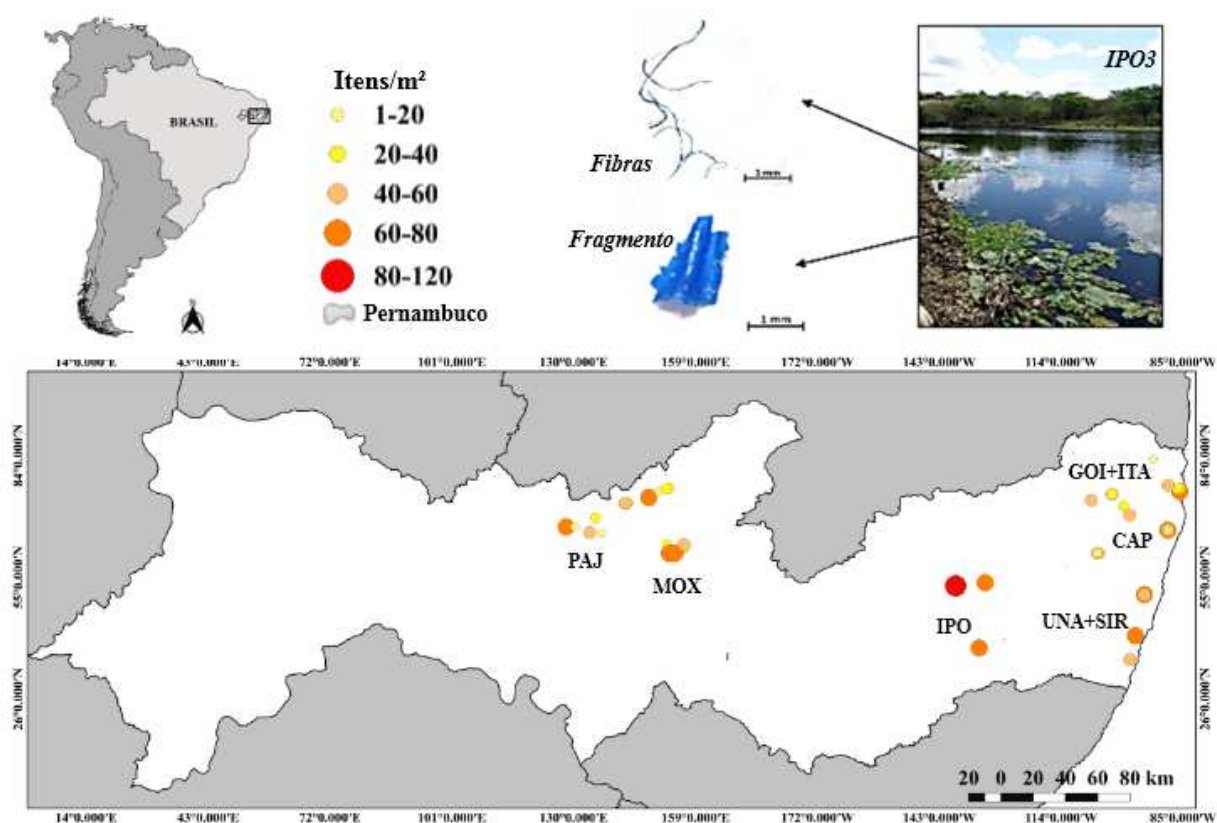


Figura 7: Distribuição espacial de microplásticos em sedimento dos lagos rasos analisados (N=48).

3.4.Cores e tamanhos

Várias (7) cores foram identificadas para os microplásticos, com predomínio de transparente (526 itens; 49%), branco (209 itens; 20%), azul (165 itens; 15%), preto (58 itens; 6%), vermelha (58 itens; 5%), verde (41 itens; 4%) e amarelo (15 itens; 1%) (Figura 8).

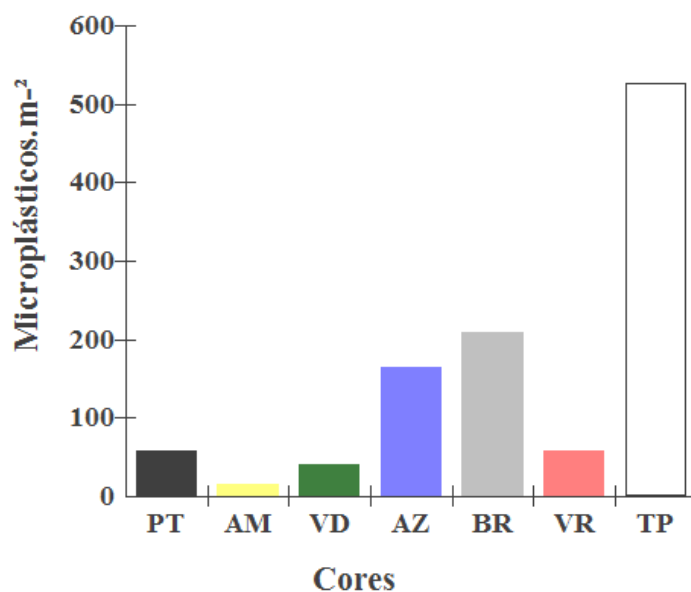


Figura 8: Cores dos microplásticos nos lagos (N=48), PT=Preto, AM=Amarelo, VD=Verde, AZ=Azul, BR=Branco, VR=Vermelho e TP = Transparente.

Microplásticos medindo 3,1-4,0 mm foram os mais representativos para todos os lagos rasos. A categoria 1,0-2,0 mm foi a menos frequentes entre os lagos estudados.

Tabela 3: Concentrações de microplásticos por categoria de tamanho.

Categoria	(FO)	Média± Des.pad	%
1,0-2,0 mm	204	8,0±6,5	15
2,1-3,0 mm	277	5,0±3,6	21
3,1-4,0 mm	371	4,0±3,1	28
4,1-5,0 mm	258	5,0±2,3	20
5,1-6,0 mm	213	3,0±1,9	16

3.5.Variáveis demográficas

As características demográficas dos lagos rasos foram correlacionadas com as concentrações médias de microplásticos, sendo que a única variável que se apresentou

significativa ($p < 0,001$), foi a densidade demográfica. Os coeficientes de correlação variaram de 0.5971 a -0.2407, (Tabela 4).

Tabela 4: Resultado da correlação de Pearson das variáveis demográficas dos lagos rasos.

Características	Coefficiente de correlação de Pearson	Valor de p
Área de drenagem	0,5971	0,0488
Mata Ciliar no ponto de amostragem	0,5224	0,4554
Porcentagem de área verde	0,2859	0,5340
Densidade demográfica	-0,2407	< 0,0001

4. Discussão

4.1. Variáveis ambientais

4.1.1. Variáveis abióticas da água dos lagos rasos

Quanto aos parâmetros físico-químicos da água, a maioria (70,8 %) das águas dos lagos rasos analisados estão fora do padrão aceitável para qualquer consumo, podendo influenciar diretamente na qualidade ambiental desses lagos rasos (Lee et al., 2010). Esses dados servem para caracterização dos lagos rasos estudados e mesmo que este estudo não tenha avaliado o estado trófico, traz variáveis da qualidade da água, apresentando um conjunto de informações ecológicas que podem colaborar com futuros estudos na região (Almeida, 2012).

As maiores concentrações de microplásticos encontram-se nos lagos com menores valores de Oxigênio dissolvido e com maiores níveis de turbidez. Isso indica que a poluição por plásticos na margem destes lagos, pode ser constante e pode está influenciando na eutrofização desses lagos rasos (Baldwin et al., 2016), uma vez que a entrada de água é baixa ou estável e a poluição microplástica pode durar um longo período, assim como a recuperação desses lagos (Geyer et al., 2017).

Avaliando a qualidade das águas dos lagos rasos de Pernambuco, Pinheiro (2014) utilizou microcrustáceos planctônicos como ferramenta de biomonitoramento. O autor

afirma que mais de 54% desses corpos d'água foram caracterizados como mesoeutróficos, quase 21% como eutróficos e 25% como hipereutróficos. As bacias hidrográficas do Pajeú, Moxotó e a bacia de Itamaracá apresentaram valores elevados de turbidez, se assemelhando ao estudo de Pinheiro (2014), o que pode estar relacionado com a presença de partículas em suspensão e menores quantidades dos sólidos totais dissolvidos (Wetzel, 2001). Podendo ser um dos fatores, diretamente relacionado como acúmulo de microplásticos, devido ao fato desses ambientes terem baixa circulação e baixa taxa de resiliência (Wetzel, 2001).

Em análise dos impactos ambientais das margens dos mesmos lagos rasos, Mariani (2015) e Silva (2015) constataram altos valores de macroplásticos, em todas as bacias hidrográficas. Plásticos advindos de atividades da população e de esgotos domésticos, com um alto potencial de fragmentação, assim como neste estudo, os microplásticos podem estar relacionados a mesma fonte (McCormicket al. 2016).

4.1.2. Granulometria dos sedimentos

A presença dos microplásticos foi constatada em sua maioria em sedimentos de areia, classificados por Folk e Ward (1957) como areia média. Isso mostra que quanto mais descompactado o sedimento, menor é o acúmulo de partículas de microplásticos (Thompson et al., 2011). Nossos resultados sugerem que o tamanho do grão dos sedimentos é padrão, indicando que mesmo com a heterogeneidade das bacias hidrográficas estudadas, os lagos rasos ainda assim os sedimentos são semelhantes (Wetzel, 2001).

4.2. Abundâncias dos microplásticos

A abundância dos microplásticos nos sedimentos dos lagos rasos indica uma influência de processos de fragmentação local e de constante uso antrópico por estarem localizados em áreas de agricultura e de pesca, e com baixa densidade populacional. Outros estudos também destacam esses padrões (Vianello et al., 2013; Wang et al., 2018) e chamam a atenção, como possíveis fontes de microplásticos secundários.

A contaminação por microplásticos foi confirmada nos 48 lagos rasos analisados, corroborando com estudos anteriores que já haviam registrado a contaminação por macro e microplásticos entre 1 e 5 milímetros na bacia do Pajeú (Mariani, 2015; Silva, 2015; Freire & Silva-Cavalcanti, 2013; Silva-Cavalcanti et al., 2017). Os valores de microplásticos nesse estudo foram semelhantes a outros ambientes de água doce (Li et

al., 2018), assim como em outros estudos em ambientes de lagos, (Imhof et al., 2013; Lechner et al., 2014).

Apesar dos lagos serem diferentes em sua topografia e estarem nas proximidades de diferentes fontes potenciais, a poluição por microplásticos foi comum em todos os lagos estudados. Isso pode estar associado ao uso comum nas diferentes bacias hidrográficas (Dris et al 2016). Além disso, a proporção de microplásticos no sedimento mostrou-se diferente para itens de fragmentos e de fibras sintéticas. Esse fato pode estar relacionado com as características demográficas desses lagos rasos (Wagner et al, 2014).

As fibras foram o tipo de microplásticos mais frequentemente detectados, nossos resultados sugerem que ambientes de lagos rasos, diretamente ou indiretamente recebem efluentes gerados pela população do entorno (Su et al., 2016; Fischer et al., 2016). Possivelmente, as fibras são oriundas da pesca, já que parte dos lagos são próximos de povoados, onde vivem pescadores e também são frequentados para esse uso. Outros estudos, também confirmam que os resultados de fibras são maiores, em lagos utilizados para aquicultura e pesca, estabelecendo um padrão de uso e uma possível fonte (Eriksen et al., 2013; Andrady et al., 2011; Li et al., 2018).

Outra fonte também bastante recorrente pode ser as fibras advindas da lavagem de roupas sintéticas, que são despejadas através do lançamento do esgoto doméstico, nas proximidades destes lagos, que é a principal fonte para outros lagos próximos de povoados e cidades (Browne, 2015; Anderson et al., 2017). Os lagos rasos encontram-se principalmente nas bacias interiores do estado e sabe-se que quase não existem Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) próximo dessas bacias interiores (ANA, 2017). Contribuindo como uma potencial fonte de poluição para os lagos rasos situados nas bacias do Pajeú e do Moxotó, já que não há nenhuma etapa de remoção das fibras que são diretamente despejadas nos esgotos domésticos (Dris et al., 2015). Microplásticos do tipo fibra podem ainda ser oriundos de contaminação atmosférica, por serem facilmente transportados pelo vento (Dris et al., 2016). Estudos anteriores confirmam que é uma possibilidade para áreas que não são tão frequentadas pela população (McCormick et al., 2014; Baldwin et al., 2016). Essa seria uma possível explicação para alguns lagos mais isolados, localizados em áreas privadas e rurais, predominantemente contaminados por fibras.

A quantidade de fragmentos foi menos expressiva que a quantidade de fibras, provavelmente por estarem relacionados com o uso do local, já que são de formatos irregulares e advindos de quebra de plásticos maiores (McCormick et al., 2016). E por

estarem nas proximidades de atividades agrícolas, da construção civil e criação de animais, que acabam relocando o sedimento, podendo ser uma ação que maneje os sedimentos desses corpos d' água e os fragmentos podem ser da mesma fonte, dada a variedade de resíduos plásticos que são depositados nas margens destes lagos (Wang, 2016).

Os lagos rasos são ambientes lênticos (Lopes et al., 2014), e apenas sofrem modificações em sua área de drenagem, quando ocorre uma grande variação na precipitação anual (Esteves & Suzuki, 2011). Os resultados demonstram que os microplásticos podem se acumular no sedimento em diferentes distâncias de suas margens. Isso pode estar relacionado, a pequena profundidade e baixa circulação, proporcionando menor interação entre a água e o sedimento, possibilitando que as partículas fiquem acumuladas por mais tempo no local que são depositadas (Vianello et al. 2013).

4.3. Distribuição dos microplásticos

Os itens de fragmento e fibra estão distribuídos nas diferentes bacias hidrográficas do estado. Os fragmentos estão distribuídos predominantemente na bacia do Moxotó (Mot), Ipojuca (Ipo) e do Capibaribe (Cap), região com alta densidade populacional. Outros estudos demonstram que os sedimentos de água doce podem influenciar na quantidade desse poluente (Van Cauwenberghe et al., 2013; Wright et al., 2013).

Os fragmentos também se destacaram na bacia do Pajeú, região com menor variação hídrica (APAC, 2017). Essa característica, possibilita a utilização desses lagos rasos, para atividades de construção civil e agricultura, estabelecendo um potencial para fragmentação de partículas maiores (Wagner, 2018).

Nas bacias do Ipojuca e do Moxotó, os lagos rasos são próximos de atividades com máquinas (zonas rurais) e de rodovias, sendo uma possível explicação para a alta quantidade de fragmentos nestes lagos. Provavelmente por esses lagos serem propícios a escassez hídrica, combinada de fatores relacionados com a ação antrópica, influencie no acúmulo dessas partículas (Browne, 2015). Além disso, à hidrografia desses lagos é fragilizada devido as interações dos fatores físicos, químicos e biológicos (Dris et al., 2016). Por serem utilizados para os mais diversos usos, como a criação de animais, esses lagos apresentam a superfície do solo fragilizada e esse tipo de poluição pode acumular-se (Baldwin et al., 2016).

As fibras foram onipresentes neste estudo, isso também é citado para estudos em grandes lagos (Su et al., 2016), onde são associadas às intensas atividades antrópicas

(Horton et al., 2017). E elas independem de condições hídricas (Baldwin et al., 2016). Uma vez que mesmo com uma grande variação na precipitação entre as bacias hidrográficas, não determinou uma influência na quantidade de microplásticos do tipo fibra. Um padrão que é apresentado no mundo todo para ambientes de lagos (Ballent et al., 2016; Zhang et al., 2017).

4.4. Cores e tamanhos

As principais cores encontradas nos microplásticos, nesse estudo, foram transparente, branco e azul. Estes corroboraram outros trabalhos, onde os autores também mostraram que estas cores são predominantes (Su et al., 2016; Fischer et al., 2016). Cores mais escuras ou mais coloridas são mais ingeridas pelos organismos, sobretudo a cor azul (Lavers et al., 2013). A maior disponibilidade de cores pode causar maior frequência de ingestão nestas áreas (Silva- Cavalcanti et al., 2017). Uma vez que as áreas não são tão amplas e a preferência alimentar e o estímulo da cor não pode ser descartado (Free et al., 2014).

É importante entender essa dinâmica das cores dos MPs em ambientes lênticos, nossos resultados indicam que as águas da maioria dos lagos rasos estão com altos níveis de turbidez e que as cores azul, verde e amarelo são frequentes nos lagos rasos que se encontram eutrofizados, subsequentes das intensas atividades antrópicas, essa informação é fundamental para as condições alimentarem da biota, uma vez que não se tem o conhecimento dos impactos causados até então. Outros estudos consideram como uma situação alarmante, diante da falta de monitoramento dessas áreas, com um alto potencial de bioassimilação e bioacumulação de substâncias (Faure et al., 2012).

A circulação e entrada de nutrientes, pode formar um acúmulo de fragmentos (Andrady et al., 2011). Isso explica a predominância de tamanho dos microplásticos encontrados serem de (3,1-4,0 mm) nos sedimentos dos lagos. O teor de matéria orgânica, comparando com outros lagos e até com o ambiente marinho que possuem maior circulação, é superior e possibilita maior acúmulo desses tamanhos de partículas (Dris et al., 2016). No entanto, partículas menores (1,0-2,0 mm) tendem a se acumularem em sedimentos mais dinâmicos (Andrady et al., 2011).

A distribuição de microplásticos em relação ao tamanho e ao tipo (fragmento e fibra) foram bem heterogêneos nos diferentes lagos rasos, indicando que as partículas podem ser oriundas de fontes distintas.

4.5. Variáveis demográficas

Ao relacionar as variáveis demográficas dos lagos rasos, foi encontrada uma correlação negativa ($p < 0,001$), com as concentrações de microplásticos, principalmente em relação ao número de habitantes por km². Quanto menor a densidade populacional, maior a quantidade de MPs nos sedimentos, indicando que os lagos rasos localizados nas bacias interiores do estado, sofrem com degradação ambiental local. Diferentemente de outros estudos que também fizeram a mesma correlação, nos rios do Japão (Kataoka et al., 2019) e nos lagos da China (Wang et al., 2018) que mencionam a poluição por MPs relacionada com alta densidade populacional e a grandes centros urbanos, como as principais fontes de microplásticos nas bacias hidrográficas (Wagner, 2018). Nossos resultados demonstram que essas variáveis podem ser explicativas de maneira isolada, mas que devem ser mais analisadas quando vinculada a uma fonte.

Portanto, uma vez que a qualidade ambiental das bacias hidrográficas do Estado, sofrem com esse tipo de contaminação, é importante que um monitoramento seja realizado mesmo que esses ambientes não tenham contato direto com os rios e com os oceanos. É imprescindível que os lagos sejam analisados e monitorados, assim menor será a contaminação de outros ambientes (Free, et. al., 2014).

Lagos de todos os continentes já estão poluídos por MPs (McCormick et al., 2014), geralmente os dados avaliados são relacionados a biota e afim de investigar as possíveis fontes da poluição por microplásticos, os autores não costumam associar a qualidade ambiental dos lagos com os níveis de poluição encontrados, essa lacuna é comum para outros ambientes, essa abordagem pode auxiliar na conservação desses ambientes e até estabelecer um melhor entendimento em ambientes de água doce.

5. Conclusão

A ocorrência de microplásticos em ambientes aquáticos continentais tropicais deve ser uma preocupação crescente para a comunidade científica.

A abundância de microplásticos em sedimentos foi heterogênea para todos os lagos rasos, independente do uso das bacias hidrográficas.

A qualidade das águas dos lagos rasos enquadra-se principalmente nas classes II e III (70,8%), segundo a resolução do Conama 357/05. Os valores estiveram acima do

permitido para as bacias do Pajeú, Moxotó e Itamaracá, correlacionadas positivamente com as maiores concentrações de microplásticos.

As características ambientais que obtiveram relação com as concentrações de microplásticos, principalmente em lagos urbanos e rurais, foram o oxigênio dissolvido e a turbidez, por serem variáveis abióticas de resposta rápida em ambientes poluídos.

As fibras foram onipresentes com altas densidades ($40 \pm 11,2.m^{-2}$) devido as atividades antrópicas como a pesca, agricultura, a construção civil e o aporte urbano.

A deposição de microplásticos foi maior nos sedimentos com 10m de distância da margem, principalmente para as bacias hidrográficas interiores do estado, que sofrem com a escassez hídrica, por longos períodos.

Quanto ao tamanho e as cores, as partículas estão disponíveis de todos os tamanhos e cores, podendo ser ingerido por qualquer tipo de organismo da cadeia alimentar. Sua persistência no meio ambiente significa que os microplásticos tornam-se menores e mais tóxicos ao longo do tempo.

As categorias de tamanho de MPs demonstraram que os sedimentos estão descompactados e que esses ambientes sofrem com o intenso uso antrópico, causando o acúmulo de microplásticos.

Agradecimentos: JCPS agradece a UFRPE e à CAPES - Ministério da Educação pela bolsa de Mestrado. MFC é bolsista do CNPq. FACEPE (APQ 1268/2015).

Referências

- Agência Pernambucana de Águas e Clima. 2017. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br> Acesso em: 24 de novembro de 2017.
- Agostinho, A.; Thomaz, S. M.; Gomes, L. C., 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. Maringá – PR: Editora Mega diversidade, v.1,n.1, p.70-78.
- Anderson, J. C.; Park, B. J.; Palace, V. P., 2016. Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. **Environmental Pollution**, V. 218, p. 269- 280.
- Anderson, P. J.; Warrack, S.; Langen, V.; Challis, J. K.; Hanson, M. L.; Rennie, D. M. 2017. Microplastic contamination in Lake Winnipeg, Canada. **Environmental Pollution**, v. 225, p. 223–231.
- Andrady, A. L., 2011. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**. 62, 1596-1605.

Ayres, M.; A. D. L.; S. A., 2007. BioEstat 5.0 : Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Bélem: MCT; IDSM; CNPq, 364p.

Baldwin, A. K.; Corsi, S. R.; Mason, S. A., 2016. Plastic Debris in 29 Great Lakes Tributaries: Relations to Watershed Attributes and Hydrology. **Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 19, p. 10377–10385.

Barnes, D.K., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.* 364, 1985–1998.

Ballent, A., Corcoran, P.L., Madden, O., Helm, P.A., Longstaffe, F.J. 2016. Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments. **Marine Pollution Bulletin**. 110 (1), 383 e 395.

Browne, M. A.; Crump, P.; Niven, S. J.; Teuten, E. L.; Tonkin, A.; Galloway, T.; Thompson, R. C., 2011. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks - *Environmental Science & Technology*. p. 9175–9179.

Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis an interpretation, 2nd ed. Primer-E.

Costa, M. F.; Barletta, M., 2015. Microplastics in coastal and marine environments of the western tropical and sub-tropical Atlantic Ocean. **Environmental Sciences: Processes and Impacts**, v. 17, n. 11, p. 1868–1879.

Diniz, L. P. Can nearby eutrophic reservoirs sustain a differentiated biodiversity of planktonic microcrustaceans in a tropical semiarid basin?. *ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ONLINE)* **JCR**, v. 89, p. 2771-2783, 2017.

Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., Tassin, B., 2016. Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? *Mar. Pollut. Bull.* 104 (1e2), 290e293.

Eerkes-Medrano, D.; Thompson, R.C.; Aldridge, D.C. 2015. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. **Water Research**, v. 75, p. 63-82.

Eriksen, M.; Mason, S.; Wilson, S.; Box, C.; Zellers, A.; Edwards, W.; Farley, H.; Amato, S., 2013. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes.

Marine Pollution Bulletin, v. 77, n. 1–2, p. 177–182.

Esteves, F.A. & Suzuki, M.S. 2011. Comunidade fitoplanctônica. In: ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência. capítulo 21, p. 375-445.

Faria, E., Girard, P., NardeS, C. S., Moreschi. A., Cristiano, S. W., Ferreira, J. L. A., Costa, M. F. Microplastics pollution in the South American Pantanal. Peer JPreprints., 2019.

França, F.; Melo, E.; Góes-Neto, A.; Araújo, D.; Bezerra, M. G.; Ramos, H.M.; Castro, I. Gomes, D. 2003. Flora vascular de açudes de uma região do Semi-árido da Bahia, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 17(4): 549-559.

Fischer, E. K.; Paglialonga, L.; Czech, E.; Tamminga, M., 2016. Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments - A case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). **Environmental Pollution**, v. 213, p. 648–657.

Freire, B.B., Silva-Cavalcanti, J.S., 2013. Analise Quali-Quantitativa de Resíduos Sólidos ao Longo do rio Pajeú, Semiárido Nordeste. In: a Conferencia da Terra, 2012, João Pessoa. Livro Eletrônico Terra: qualidade de vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades. João Pessoa (PB): UFPB, 2013. In: Seabra, G. (Ed.), Terra: [livro eletrônico]: Qualidade de Vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades, ISBN 978-85-237-0630-2, pp. 588e597.

Free, C. M.; Jensen, O. P.; Mason, S. A.; Eriksen, M.; Williamson, N. J.; Boldgiv, B., 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. **Marine Pollution Bulletin**, v. 85, n. 1, p. 156–163.

Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* 3 (7).

Google. **Google Earth**. Versão 7.3.2. 2018. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: 15 mar. 2019.

Horton, A. A.; Walton, A.; Spurgeon, D. J.; Lahive, E.; Svendsen, C. 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, v. 586, p. 127–141.

IBGE, Cidades e estados. 2018. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2019.

Imhof, H.K., Ivleva, N.P., Schmid, J., Niessner, R., Laforsch, C. 2013. Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Curr. Biol.* 23 (19), 867e 868.

Ivar do Sul, J. A.; Costa, M. F., 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. **Environmental Pollution**, v. 185, p. 352–364.

Ivar, J. A.; Costa, M. F.; Fillmann, G., 2017. Occurrence and characteristics of microplastics on insular beaches in the Western Tropical Atlantic Ocean. **PeerJ Preprints**, p. 1–11.

Jambeck, J. R.; Geyer, R.; Wilcox, C.; Siegler, T. R.; Perryman, M.; Andrady, A.; Narayan, R.; Law, K. L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* (80-.). 347, 768-771.

Kanhai, L. D.K., Officer, R.; Lyashevka, O.; Thompson, R. C.; O'Connor, I., 2017. Microplastic abundance, distribution and composition along a latitudinal gradient in the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin.* 115, 307-314.

Kataoka, T.; Nihei, Y.; Kudou, K.; Hinata, H. 2019. Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan. v. 244, p. 958-965.

Kershaw, P. J., 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment. *Rep. Stud. GESAMP*, 90.

Klein, S.; Worch, E.; Knepper, T. P., 2015. Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the rhine-main area in Germany. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 10, p. 6070–6076.

Klein, S., Dimzon, I.K., Eubeler, J., Knepper, T.P., 2018. *Freshwater Microplastics*. Springer, pp. 51e67.

Lavers, J. L.; Hodgson, J. C.; Clarke, R. H., 2013. Prevalence and composition of marine debris in Brown Booby (*Sula Leucogaster*) nests at Ashmore Reef Mar. *Pollut. Bull.* 77, 320-324.

Lavers, J. L.; Bond, A. L., 2016. Selectivity of flesh-footed shearwaters for plastic colour: evidence for differential provisioning in adults and fledglings. *Mar. Environ. Res.*, 113, 1-6.

Lavers, J. L.; Bond, A. L., 2017. Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114,

6052-6055.

Lasee, S.; Mauricio, J.; Thompson, W. A.; Karnjanapiboonwong, A.; Kasumba, J.; Subbiah, S.; Morse, A. N.; Anderson, T. A., 2017. Microplastics in a freshwater environment receiving treated wastewater effluent. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 13, n. 3, p. 528–532.

Lechner, A., Keckeis, H., Lumesberger-Loisl, F., Zens, B., Krusch, R., TRITTHART, M., Glas, M., Schludermann, E. 2014. The Danube so colourful: a potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. *Environ. Pollut.* 188, 177e181.

Lee, J.H.; Kim, J.M.; Kim, D.S.; Huang, S.J.; An, K.G. 2010. Nutrients and chlorophyll-a dynamics in a temperate reservoir influenced by Asian monsoon along with in situ nutrient enrichment bioassays. *Limnology*, v. 11, p. 49-62.

Leite, A. S.; Santos, S. S. Costa, Y.; Hatje, V., 2014. Influence of proximity to on na urban center in the pattern of contamination by marine debris. *Mar Pollut. Bull.* 81, 242-247.

Li, J.; Liu, H.; Chen, J. P.; 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*. v. 137, p. 362-374.

Lopes, F.B.; Andrade, E.M.; Meireles, A.C.M.; Becker, H.; Batista, A.A. 2014. Assessment of the water quality in a large reservoir in semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 4, p. 437-445.

Mariani, R. F. **Avaliação do nível de contaminação por resíduos sólidos em lagos rasos de duas Bacias Hidrográficas de Pernambuco**. Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE. 2015.

Martins, J.; Sobral, P., 2011. Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter of size? *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2646-2653.

Mason, S. A.; Garneau, D.; Sutton, R.; Chu, Y.; Ehmann, K.; Barnes, J.; Fink, P., Papazissimos, D.; Rogers, D. L., 2016. Microplastics pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. 218, 1045-1054.

- McCormick, A., Hoellein, T.J., Mason, S.A., Schluep, J., Kelly, J.J., 2014. Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river. *Environ. Sci. Technol.* 48: 11863–11871. <https://doi.org/10.1021/es503610r>.
- McCormick, A.R.; Hoellein, T.J.; London, M.G.; Hittie, J.; Scott, J.W.; Kelly, J.J., 2016. Microplastic in surface waters of urban rivers: Concentration, sources, and associated bacterial assemblages. *Ecosphere* v. 7, p.1556.
- Miller, R.Z., Watts, A.J.R., Winslow, B.O., Galloway, T.S., Barrows, A.P.W., 2017. Mountains to the sea: river study of plastic and non-plastic microfiber pollution in the northeast USA. *Mar. Pollut. Bull.* 124 (1), 245e251
- Miranda, L.I., 2008. Produção do espaço e planejamento em áreas de transição rural urbana: o caso da Região Metropolitana do Recife-PE/ Lívia Izabel Bezerra de Miranda. Recife.
- Moore, C. J.; Moore, S. L., Leecaster, M. K., Weisberg, S. B., 2001. A comparison of Plastic and Plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin* 42, 1297–1300.
- Moore, C. J., 2008. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat *Environmental Research* 108, 131–139.
- Moore, C. J.; Lattin, G. L.; Zellers, A. F., 2011. Quantity and type of plastic debris flowing from urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11(1), 65–73.
- Peters, C. A.; Bratton, S., 2016. Urbanization is a major influence on microplastics ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. *Environ. Pollut.*, 210, 380-387.
- Pinheiro, T. S. A. 2014. **Cladóceros (Branchiopoda, Cladocera) e sua relação com a qualidade ambiental de alguns lagos rasos de Pernambuco.** Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE.
- Rodrigues, M. O.; Abrantes, N.; Gonçalves, F. J. M.; Nogueira, H.; Marques, J. C.; Gonçalves, A. M. M., 2018. Spatial and temporal distribution of microplastics in water and sediments of a freshwater system (Antuã River, Portugal). **Science of the Total Environment**, v. 633, p. 1549–1559.
- Schindler, D.W., Hecky, R.E., Mccullough, G.K., 2012. The rapid eutrophication of Lake Winnipeg: greening under global change. *J. Gt. Lakes. Res.* 38, 6-13.

- Silva-Cavalcanti, J. S.; Araújo, M. C. B.; Costa, M. F., 2009. Plastic litter on an urban beach - a case study in Brazil. *Waste Management & Research (ISWA)*, v. 27, p. 93-97.
- Silva, J. C. P. 2015. **Avaliação da qualidade da água em lagos rasos das bacias hidrográficas de Pernambuco: Do litoral ao Sertão, Como andam nossas águas?**. Monografia (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada-PE.
- Silva-Cavalcanti, J. S.; Silva, J. D.B.; França, E. J.; Araújo, M. C. B.; Gusmão, F., 2017. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. ***Environmental Pollution***, v. 221, p. 218-226.
- Song, Y. K.; Hong, S. H.; Jang, M.; Han, G. M.; Jung, S. W.; Shim, W. J., 2017. Combined Effects of UV Exposure Duration and Mechanical Abrasion on Microplastic Fragmentation by Polymer Type. ***Environmental Science and Technology***, v. 51, n. 8, p. 4368–4376.
- Su, L.; Xue, Y.; Li, L.; Yang, D.; Kolandhasamy.; Li, D.; Shi, H., 2016. Microplastics in Taihu Lake, China. ***Environmental Pollution***, v. 216, p. 711–719.
- Thornton, L.; Jackson, N.L. (1998) - Spatial and temporal variations in debris accumulation and composition on an estuarine shoreline, Cliffwood Beach, New Jersey USA. *Marine Pollution Bulletin*, 36(9):705-711. DOI:10.1016/S0025-326X(98)00041-1.
- Thompson, R. C.; Olsen, Y.; Mitchell, R. P.; Davis, A.; Rowland, S. J.; John, A. W. G.; McGonigle, D.; Russell, A. E., 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science* (80). 304, 838-838.
- Thompson, R. C.; Swan, S. H.; Moore, C. J.; Saal, F. S., 2009. Out plastic age. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 364, 1973-1976.
- Van Cauwenberghe, L.; Janssen, C. R., 2014. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environ. Pollut.* 193, 65-70.
- Van Cauwenberghe, L.; Devriese, L.; Galgani, F.; Robbins, J.; Janseen, C. R., 2015. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. ***Marine Environmental Research***, v. 111, n. i, p. 5–17.
- Vandermeersch, G.; Van, C. L.; Janssen, C. R.; Maques, A.; Granby, K.; Fait, G.; Kotterman, M. J. J.; Diogene, J.; Bekaert, K.; Robbins, J.; Devriese, L., 2015. A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. ***Environmental Research***, v.

143, p. 46–55.

Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., Daros, L., 2013. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **130**, 54- 1046 61. doi: 10.1016/j.ecss.2013.03.022.

Viera, S., 2006. Análise de Variância: ANOVA, Atlas, São Paulo.

Zubris, K. A. V.; Richards, B. K. 2005. Synthetic fibres as an indicator of land application of sludge. **Environmental Pollution**, v 138, p. 201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2005.04.013>

Wagner, M.; Lambert, S., 2018. **Freshwater Microplastics The Handbook of Environmental Chemistry**, 58 Series Editors: Damià Barceló · Andrey G. Kostianoy.

Wang, J.; Peng, J.; Tan, Z.; Gao, Y.; Zhan, Z.; Chen, Q.; Cai, L., 2017. Microplastics in the surface sediments from the Beijiang River littoral zone: Composition, abundance, surface textures and interaction with heavy metals. **Chemosphere**, v. 171, p. 248–258.

Wang, W.; Yuling, W.; Chen, Y.; Wang, J., 2018. Microplastics in surface waters of Dongting Lake and Hong Lake, China. **Science of the Total Environment**, v. 633, p. 539–545.

Wetzel, R. G. 2001. **Limnology. Lake and River Ecosystems**. 3ed. San Diego: Academic Press, 1006 p.

Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and glass terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30:377-392.

Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S., 2013. The physical impacts of microplastic on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.* v.178, 483-492.

Yuan, W., Liu, X., Wang, W., DI, M., Wang, J. 2019. Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 170, 180e187.

4. Conclusão

A ocorrência de microplásticos em ambientes continentais e de água doce vem crescendo como uma preocupação global. No Brasil, a quantidade de estudos sobre a poluição por MPs ainda é insipiente e os trabalhos são concentrados em ambientes lóticos. Pouco se entende ainda sobre esse tipo de poluição em ambientes lênticos como lagos rasos. Esses ambientes tropicais possuem suas margens habitadas e intensamente utilizadas sofrem com o descarte de resíduos plásticos, principalmente por passarem por longos períodos de escassez de água.

A qualidade das águas dos lagos rasos enquadrou-se principalmente nas classes II e III. Foram observados valores acima do permitido de acordo com resolução Conama 357/05 nas bacias do Pajeú, Moxotó e de Itamaracá. Os lagos com menores níveis de oxigênio dissolvido e maiores níveis de turbidez, estão correlacionados positivamente com as maiores concentrações de microplásticos. Essa correlação demonstra que esse tipo de poluição é constante.

As diferentes bacias hidrográficas analisadas do estado de Pernambuco encontram-se poluídas por microplásticos secundários em sedimentos arenosos, menos compartimentados, sendo uma influência para as maiores abundâncias de MPs. A abundância de microplásticos nos sedimentos dos lagos rasos não demonstrou um padrão para fibras sintéticas, independente das bacias hidrográficas. Isso é comum no mundo todo para lagos.

As fibras foram onipresentes, por serem lagos que servem como drenagem, serem de livre acesso e sofrerem com intensas atividades antrópicas. Os fragmentos foram frequentes em zonas rurais.

A relação da abundância de microplásticos com a distância da margem que podem ser depositados foi maior nos sedimentos com 10m de distância da margem. Principalmente para as bacias hidrográficas interiores do estado, por serem lagos rasos temporários e sofrerem com a escassez de água, por um longo período, passando a ser mais utilizado para as atividades locais.

Quanto ao tamanho e as cores, as partículas ocorreram em diferentes tamanhos (1,0 – 5,7 mm) e cores, podendo ser ingerido por qualquer tipo de organismo da cadeia alimentar. Se persistirem no meio ambiente, podem se tornar mais tóxicos ao longo do tempo.

A análise mais detalhada, sobre as fontes de microplásticos em ambientes de água doce, poderia auxiliar em um monitoramento mais aprimorado e eficaz para um panorama da qualidade ambiental desses lagos rasos. Por isso é imprescindível que estudos e monitoramentos sejam intensificados em ambientes continentais e de água doce, pois o quanto antes forem analisadas e tratadas as zonas urbanas, periurbanas e rurais, menor será a poluição por MPs em outros ambientes, como as bacias hidrográficas e consequentemente os oceanos.

Apêndice

Tabela 1: Dados das características dos lagos amostrados a partir do QGis, versão 3.6

Lagos	Área de drenagem (Km ²)	Mata Ciliar no ponto de amostragem (m)	Porcentagem de área verde (%)	Densidade demográfica (Hab/Km ²)
L1	3,6	1525	4,4%	1,181
L2	5,32	475	1,10%	1,745
L3	3,2	1005	4,1%	105
L4	1,6	405	1,10%	1,262
L5	2,4	457	1%	1,936
L6	8,55	190	4,30%	1,307
L7	9,73	251	5,60%	1,488
L8	11,72	459	10,20%	1,792
L9	2,68	226	5,10%	404
L10	3,76	145	0,31%	566
L11	1,74	612	1,36%	606
L12	4,23	1424	3,10%	1,475
L13	20,72	650	1,45%	7,227
L14	2,49	950	2,12%	240
L15	7,54	260	0,58%	735
L16	5,05	150	0,33%	544
L17	18,36	280	0,62%	3,397
L18	13,25	380	0,84%	1,075
L19	5,81	210	0,46%	641
L20	4,76	1800	0,40%	524
L21	1,75	820	1,83%	904
L22	104,94	357	7,97%	5,889
L23	16,75	470	1,04%	1,545
L24	57,04	198	4,42%	6,378
L25	8,28	430	0,96%	261
L26	54,66	701	15,60%	1,721
L27	17,2	420	0,93%	541
L28	14,1	550	1,22%	314
L29	7,9	600	1,36%	176
L30	4,45	330	0,73%	101
L31	28,32	240	0,53%	1,229
L32	75,3	130	0,29%	3,269
L33	57,04	170	0,27%	2.474
L34	65,61	180	0,40%	1,728
L35	37,84	180	0,40%	1,005
L36	19,06	2200	0,49%	507
L37	21,27	570	1,27%	566

L38	23,45	690	1,54%	565
L39	2,33	650	1,45%	57
L40	31,84	570	1,27%	768
L41	24,36	810	1,80%	587
L42	6,97	160	0,35%	169
L43	30,07	980	2,18%	724
L44	4,57	190	0,42%	111
L45	9,08	310	0,69%	219
L46	3,79	150	0,33%	92
L47	5,56	120	0,26%	134
L48	38,98	1030	2,29%	939

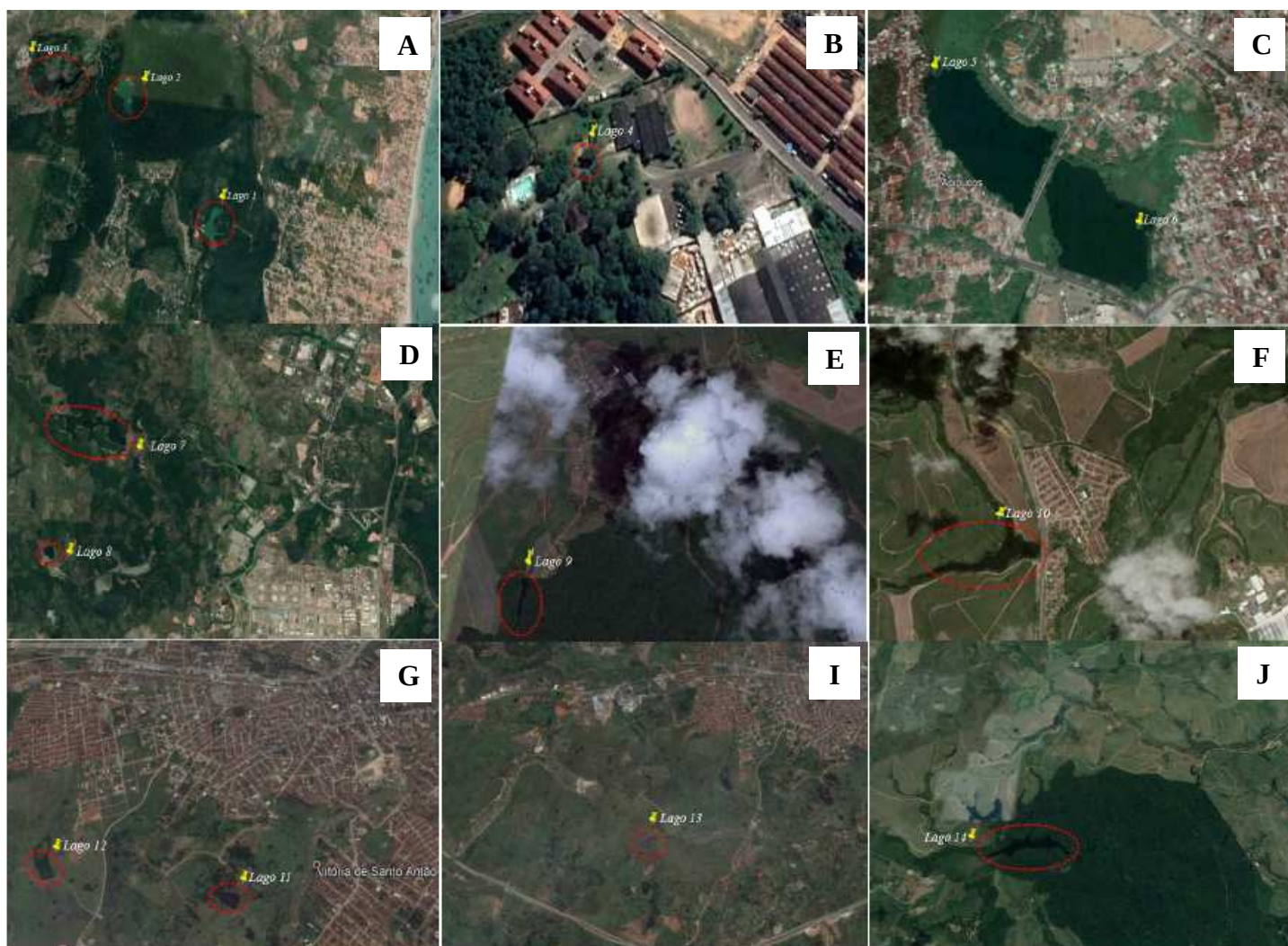






Figura 1: Imagens do Google Earth, do ano de 2013, dos lagos rasos em estudo:
A: Ilha de Itamaracá; **B e C:** Recife; **D, E e F:** Ipojuca; **G:** Goiana; **I e J:** Vitória de

São Antão; **K:** Tamandaré; **L:** Rio Formoso; **M:** Sirinhaém; **N:** Paudalho; **O e P:** Tracunhaném; **Q:** Carpina; **R:** Caruaru; **S:** São Caetano; **T:** Belo Jardim; **U:** Calumbi; **V, W, X:** Flores; **Y e Z:** Carnaíba; **i, ii, iii, iv:** Serra Talhada; **v, vi, vii, viii, ix, x, xi, xii:** Moxotó.







Figura 2: Vista geral de alguns lagos rasos de Pernambuco do estudo. a.Goiana1, b.Goiana2, c. Una 1, d. Una2, e.Ilha1, f.Ilha2, g.Ilha3, h.Capibaribe1, i.Capibaribe2, j. Capibaribe3, k.Capibaribe4, l. Capibaribe 5, m. Capibaribe6, n. Capibaribe7, o. Ipojuca1, p. Ipojuca2, q. Ipojuca3, r. Ipojuca4, s. Pajeú1, t. Sirinhaém 1, u. Sirinhaém2, v. Moxotó 1.

Tabela 2. Características gerais dos lagos rasos amostrados.

Ponto de Coleta	Localização	Município	Bacia Hidrográfica	Tipo de lago raso	Caracterização por uso do solo	Observações
Lagoa 1	7°47,563 034°51,289	Ilha de Itamaracá	Itamaracá	Lago costeiro	Periurbana	Utilizado para lazer e para pesca cultural
Lagoa 2	7°46,617 0,34°51,953	Ilha de Itamaracá	Itamaracá	Lago costeiro	Periurbana	Próximo do canal do Presídio da Ilha
Lagoa 3	7°46,518 0,34°52,157	Ilha de Itamaracá	Itamaracá	Lago costeiro	Periurbana	Utilizado para lazer e para pesca cultural
Lagoa 4	8°01,292 0,34°55,889	Recife	Capibaribe	Açude	Urbana	Próximo de posto de gasolina
Lagoa 5	8°02,876 0,34°57,146	Recife	Capibaribe	Açude	Urbana	Próximo de posto de gasolina
Lagoa 6	8°22,360 035°03,318	Ipojuca	Capibaribe	Açude	Urbana	Próximo de aquiculturas e
Lagoa 7	8°22,422 035°03,616	Ipojuca	Capibaribe	Próximo do rio	Urbana	Utilizado pela população do entorno
Lagoa 8	8°22,398 035°03,562	Ipojuca	Capibaribe	Próximo do rio	Urbana	Utilizado pela população do entorno

Lagoa 9	7°36,059 035°00,525	Goiana	Goiana	Açude	Urbana	Utilizado pela população do entorno
Lagoa 10	7°45,101 034°55,215	Goiana	Goiana	Açude	Urbana	Utilizado pela população do entorno
Lagoa 11	8°08,161 035°18,991	Vitoria de Sto. Antônio	Capibaribe	Próximo do rio	Periurbana	Utilizado para pesca e agricultura
Lagoa 12	8°08,200 035°19,074	Vitoria de Sto. Antônio	Capibaribe	Próximo do rio	Periurbana	Utilizado para pesca e agricultura
Lagoa 13	8°08,268 035°19,479	Vitoria de Sto. Antônio	Capibaribe	Açude	Periurbana	Utilizado para pesca e agricultura
Lagoa 14	8°44,846 035°08,279	Tamandaré	Ipojuca	Próximo do rio	Urbana	Utilizado para pesca e agricultura
Lagoa 15	8°40,092 035°059,576	Rio Formoso	Ipojuca	Açude	Rural	Utilizado para pesca e agricultura
Lagoa 16	8°36,014 035°06,715	Sirinhaém	Ipojuca	Barragem	Urbana	Próximos de atividades de construção civil
Lagoa 17	7°55,707 035°08,082	Paudalho	Una	Açude	Urbana	Utilizado para lazer
Lagoa 18	7°52,458 035°10,857	Paudalho	Una	Açude	Urbana	Próximo de canal e de esgotos domésticos, área

						sem saneamento básico
Lagoa 19	7°48,518 035°14,267	Tracunhaém	Ipojuca	Açude	Urbana	Utilizado para aquacultura e próximo de canaviais
Lagoa 20	7°48,059 035°08,082	Tracunhaém	Ipojuca	Açude	Urbana	Utilizado para aquacultura e próximo de canaviais
Lagoa 21	7°50,864 035°10,857	Carpina	Ipojuca	Açude	Urbana	Utilizado para aquacultura e próximo de canaviais
Lagoa 22	8°18,312 035°57,384	Caruaru	Ipojuca	Açude	Urbana	Dentro de um condomínio fechado, recebe parte do esgoto sem tratamento
Lagoa 23	8°19,530 036°07,132	São Caetano	Pajeú	Açude	Urbana	Próximo de indústrias alimentícias
Lagoa 24	7°59,641 038°19,309	Belo Jardim	Pajeú	Barragem	Urbana	Próximo da cidade e recebe esgoto domestico
Lagoa 25	7°56,217 038°09,326	Calumbi	Pajeú	Próximo do rio	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e

						criação de animais
Lagoa 26	7°51,334 037°59,129	Calumbi	Pajeú	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 27	7°51,855 037°59,073	Calumbi	Pajeú	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 28	7°51,186 037°58,343	Flores	Pajeú	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 29	7°51,018 037°59,101	Flores	Pajeú	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 30	7°49,964 037°51,330	Flores	Pajeú	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 31	7°46,102 037°44,783	Carnaíba	Pajeú	Açude	Urbana	Utilizado para pesca e recebe

						esgoto doméstico
Lagoa 32	7°46,635 037°45,903	Carnaíba	Pajeú	Açude	Urbana	Utilizado para lazer e criação de animais
Lagoa 33	7°47,721 037°47,443	Carnaíba	Pajeú	Açude	Urbana	Utilizado para lazer e recebe entulho
Lagoa 34	7°59,641 038°19.309	Serra Talhada	Pajeú	Açude	Urbana	Dentro de um condomínio e recebe esgoto domestico
Lagoa 35	7°59,169 038°16,422	Serra Talhada	Pajeú	Próximo do rio	Rural	Isolado e bastante utilizado para diversos tipos de uso
Lagoa 36	8°01,220 038°11,765	Serra Talhada	Pajeú	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 37	8°01,981 038°07,174	Serra Talhada	Pajeú	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 38	8°05,486 037°45,093	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e

						criação de animais
Lagoa 39	8°06,431 037°39,634	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 40	8°06,431 037°39,633	Custódia	Moxotó	Barragem	Urbana	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 41	8°08,889 037°43,209	Custódia	Moxotó	Açude	Urbana	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 42	8°08,773 037°42,818	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 43	8°08,709 037°44,412	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 44	8°08,156 037°43,080	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e

						criação de animais
Lagoa 45	8°08,124 037°42,819	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 46	8°08,068 037°42,706	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 47	8°08,144 037°42,612	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais
Lagoa 48	8°05,399 037°39,058	Custódia	Moxotó	Açude	Rural	Isolado e utilizado para agricultura e criação de animais