

EnsinoGEO
2019



Núcleo
São Paulo

ENSINANDO E APRENDENDO SOBRE O CICLO HIDROGEOLOGÍCO DO PLÁSTICO: UMA EXPERIÊNCIA EM CURSO DE GESTÃO AMBIENTAL

TEACHING AND LEARNING ABOUT PLASTIC HYDROGEOLOGICAL CYCLE: AN EXPERIENCE IN THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT COURSE

Patrícia Anselmo Duffles¹, Mariana Motta de Freitas¹; Fabio Souto de Almeida¹

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: pduffles@geologist.com; marimottadefreitas22@gmail.com; fbio_almeida@yahoo.com.br

ABSTRACT

The dynamic, integrated and updated teaching of Geosciences, with the full participation of the individual, favors learning. The teaching modalities introduce new elements of renewal, adapting to each reality and redefining the role of the teacher and qualifying him as a guide or conductor as well. The environmental management student course is commonly awakened through the integration of multidisciplinary concepts and their practical application. The environmental problem about the increase of plastic production and its participation as part of the biogeochemical cycles of the Earth, has aroused the interest of students entering this undergraduate degree. The paper presents result of a research student of the first period of graduation in environmental management as the teaching alternatives for improving the learning process in the teaching-learning and in the construction of embracing and challenging knowledge, aiming to develop the logical reasoning and creativity.

Keywords: hydrogeological cycle, contamination, teaching

RESUMO

O ensino dinâmico, integrado e atualizado de Geociências, com participação integral do indivíduo, favorece o aprendizado. Métodos ativos de ensino trazem elementos de renovação, adequando os conteúdos para cada realidade particular e redefinindo o papel do professor, qualificando-o como norteador ou condutor. No curso de gestão ambiental o interesse do aluno é comumente despertado por meio da integração de conceitos multidisciplinares e sua aplicação prática. A problemática ambiental sobre o aumento da produção do plástico e sua participação como parte dos ciclos biogeoquímicos da Terra tem despertado o interesse de alunos que ingressam nesta graduação. Este trabalho apresenta o resultado do desenvolvimento de pesquisa com uma aluna do primeiro período de graduação em gestão ambiental bem como as estratégias propostas para maior eficiência do processo ensino-aprendizagem e construção do conhecimento propondo situações que envolventes e desafiadoras, visando desenvolver o raciocínio lógico e a criatividade.

Palavras-chave: ciclo hidrogeológico, contaminação por plástico, ensino



**EnsinoGEO
2019**



Núcleo
São Paulo

INTRODUÇÃO

Um grande desafio no ensino das Geociências para o curso de gestão ambiental é despertar o interesse do aluno por meio da integração de conceitos multidisciplinares e sua aplicação prática. O ensino dinâmico, integrado e atualizado de Geociências, com participação integral do indivíduo, favorece o aprendizado. Métodos ativos de ensino trazem elementos de renovação, adequando os conteúdos para cada realidade particular e redefinindo o papel do professor, qualificando-o como norteador ou condutor. Apesar de o conteúdo geocientífico ser tratado no ensino médio e fundamental, em geral, de forma fragmentada, dispersa e desatualizada (Toledo et al., 2005; Santos, 2007), neste trabalho é apresentado o resultado do desenvolvimento de pesquisa com uma aluna do primeiro período de graduação em gestão ambiental que ingressou no curso com elevado interesse no tema de contaminação por plásticos despertado por seu professor de ensino médio. A pesquisa bibliográfica foi separada em subtópicos visando ilustrar a multidisciplinaridade do tema.

REVENDO CONCEITOS

O aumento da produção do plástico a partir do século XX resultou nesse material como parte dos ciclos biogeoquímicos da Terra, presentes em ambientes continentais e marinhos. Os macrolásticos são facilmente encontrados nos ambientes e os microplásticos apesar de não serem vistos a olho nu, com facilidade, estão presentes na cadeia alimentar e nas águas superficiais. Além disso, estão presente em depósitos sedimentares e aterros sanitários, com o tempo serão erodidos e levados mais uma vez aos ciclos do planeta junto a outros sedimentos (Zalasiewicz et al., 2016).

Definindo o conceito de polímeros

Polímeros são macromoléculas, naturais ou sintéticas, constituídas por monômeros, estruturas menores formadas por meio de ligações covalentes. Os polímeros naturais são decorrentes da natureza como a celulose, o amido, a queratina e a borracha (extraída da seringueira), enquanto os sintéticos são formulados por meio do processo de condensação, no qual ocorre a perda de uma molécula de água, álcool ou ácido durante a polimerização, e a adição de monômeros, cujos exemplos são a poliamida, o poliéster e o polietileno. Os polímeros estão presentes em todas as esferas da vida moderna, a partir desse material são construídas diversas peças e aparelhos como canetas, tubulações para construção civil, forros para estabilizar a temperatura na agricultura, recipientes farmacêuticos, partes de veículos, entre outros (Scott, 1999).

Definindo o conceito de plástico

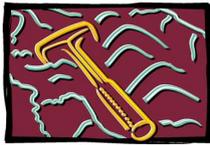
Os plásticos são polímeros sintéticos produzidos em larga escala, pois apresentam durabilidade e maleabilidade para criação de diferentes produtos, dessa forma a partir de sua criação começaram a ser utilizados como substitutos de outros materiais, como o papel. Cerca de 60% dos resíduos plásticos de uma residência são embalagens, devido ao baixo custo da sua produção e características físico-químicas melhores quando comparados ao alumínio e o papel, por exemplo (Scott, 1999).

Definindo o conceito de microplásticos

Partículas de plástico menores do que 5 mm são definidas por Barnes et al. (2009) como microplásticos e compreendem ampla variedade de formas e tamanhos, incluindo fibras-1D (com apenas uma dimensão mensurável, em formas geralmente alongadas), fragmentos-2D (partículas achatadas, com duas dimensões mensuráveis) e esférulas-3D que são partículas com as três dimensões mensuráveis. Fibras-1D apresentam facilidade de serem transportados pelo vento e água podendo se acumular em ambiente continental (Gasperi et al., 2015).

O PROBLEMA AMBIENTAL

Esses polímeros são melhorados continuamente, há mais de meio século, desde sua entrada no mercado quando começaram a substituir materiais naturais até se tornarem-se sinônimo de materiais duráveis e resistentes a diferentes tipos de influência ambiental. Dessa forma, esses materiais vem gerando impactos ambientais cada



**EnsinoGEO
2019**



Núcleo
São Paulo

vez maiores, uma vez que não são degradados no meio ambiente e se tornam resíduos em ecossistemas (Mueller, 2006; Shah et al., 2008).

Existe ampla variedade desse material, como o polietileno de densidade baixa (LDPE- Low density polyethylen), média (MDPE- Medium density polyethylen), alta (HDPE- High density polyethylen ou PEAD em português) e de baixa densidade linear (LLDPE ou PEBDL), polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloreto de polivinila (PVC), poliuretano (PUR), poli (tereftalato de etileno) (PET), poli (tereftalato de butileno) (PBT), nylons e etc. As matérias-primas para obtenção do plástico são derivadas de recursos não renováveis energéticos, como o petróleo, o carvão e o gás natural (Seymour, 1989).

PESQUISA EM BIODEGRADABILIDADE

Os plásticos à base de petróleo, tais como polietileno, poliestireno e poliuretano, foram formulados com o objetivo aumentar a durabilidade e reduzir sua degradação química e biológica, bem como por exposição à luz (Rivard et al., 1995). Plásticos xenobióticos são especialmente resistentes ao ataque microbiano, os microorganismos precisam excretar enzimas extracelulares para despolimerizar o material, esse composto gera produtos utilizados pelos organismos em suas vias metabólicas e produção de nova biomassa (Mueller, 2006). Dessa forma, acentua-se a necessidade de estudos biotecnológicos sobre sua biodegradabilidade para aproveitar características de cada composto e para desenvolver novas enzimas degradantes. Segundo Shiao (2001), que expõe os diferentes sintéticos utilizados na produção do plástico, o poliéster, o poli-hidroxibutirato, a policaprolactona apresentam degradação facilitada pela presença das enzimas em diferentes microorganismos. O ácido polilático, o poliuretano e o álcool polivinílico são sintéticos que apresentam algum ponto negativo quando à degradabilidade, quanto ao ácido polilático e o álcool polivinílico os organismos que fazem sua degradação não apresentam alta distribuição no meio ambiente e o poliuretano não é degradado completamente sem a adição de nutrientes.

LEGISLAÇÃO

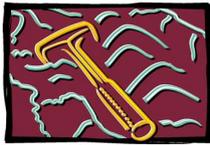
A maioria dos plásticos produzidos são materiais para uso de curto prazo, como embalagens. Contudo, o seu diferencial se comparado a outros materiais ocasionou a permanência desses polímeros em ecossistemas. O plástico apresenta um aumento crescente desde o início de sua produção com o avanço da ciência por de traz dos polímeros ao longo do século 20. O aumento da durabilidade, bem como de sua produção e descarte, tem provocado um crescente problema na gestão de resíduos plásticos, motivando a criação de novas legislações que visem minimizar seu uso e alternativas como à troca do plástico derivado do petróleo para o biodegradável e a alteração de polímeros naturais (Seymour, 1989; Rivard et al., 1995; Mueller, 2006). No Rio de Janeiro a Lei 8006/18 proíbe estabelecimentos comerciais de distribuírem sacolas plásticas descartáveis, compostas por polietilenos, polipropilenos e/ou similares, devendo substituí-las por sacolas reutilizáveis/retornáveis, produzidas com no mínimo 51% de material renovável.

IMPLICAÇÕES NO CICLO HIDROGEOLÓGICO

Os microplásticos chegam até os rios por meio dos ventos, esgoto, estações de tratamento (Zalasiewicz et al., 2016). A baixa densidade de alguns plásticos, como o polietileno e polipropileno, fazem com que permaneçam na coluna de água sendo transportados para fora para lagos e mares (Sadri e Thompson, 2014). Ao longo das margens de lagos e rios, os plásticos tendem a ficar presos em restos orgânicos (Zbyszewski et al., 2014; Corcoran et al., 2015). Dessa forma, os rios são os canais que levam plásticos, sendo eles macro ou micro, até o seu destino final os ambientes marinhos (Zalasiewicz et al., 2016). Rochman et al. (2013) apresentam previsões de que a produção do plástico atinja cerca de 40 bilhões de toneladas em 2050, considerando o ritmo da produção atual e alerta sobre a importância de classificar imediatamente o resíduo plástico como perigoso e substituí-lo por materiais mais seguros ainda dentro da próxima década.

ESTUDOS EM CONTAMINAÇÃO POR PLÁSTICOS EM GRANDES RIOS

Os estudos em rios são menos realizados em relação aos ambientes marinhos, embora a maior parte dos plásticos chegue aos mares através de águas doces. (Lechner et al., 2014; Morrit et al., 2014; Zhao et al., 2014).



EnsinoGEO
2019



Núcleo
São Paulo

Estudos sobre poluição em ambientes aquáticos são, em geral, focados nos oceanos, poucos são os estudos que demonstram a contribuição das captações de água doce. Grandes rios são as principais vias de lixo plástico terrestre, no entanto tem recebido menor atenção dos pesquisadores (Lechner et al, 2014; Morrit et al., 2014). Estudos recentes apontam a presença de plásticos e contaminação de ecossistemas em rios importantes como os do continente europeu, Danúbio, Tamisa, e asiático Yangtze.

Morrit et al. (2014) instalaram redes de pesca ao longo do leito do Rio Tâmis, em sete locais durante três meses (setembro a dezembro de 2012,) e 8490 resíduos plásticos submersos foram coletados, a maior parte dos produtos era composta por recipientes para embalagens de alimentos, 20% eram componentes de produtos sanitários e os locais mais contaminados estava nas proximidades de obras de tratamento de esgoto. Este estudo demonstra que além do material flutuante, que é visível há um grande volume invisível de plástico submerso está fluindo para o meio marinho. Sendo portanto importante que esse componente de sub superfície seja considerado ao avaliar entrada de poluição de plástico no mar.

Por meio de coletas, durante dois anos, na superfície do leito do Rio Danúbio, Lechner et al. (2014), estimaram que 4,2 toneladas por dia sejam transportados para o Mar Negro por meio das águas do Danúbio. Topcu et al. (2013) apontam que o plástico representa 47% dos detritos do Mar Negro, potencialmente introduzidos pela corrente de rios. Lechner et al (2014) apontam ainda que a matéria prima industrial (pelotas, flocos e esférulas) representaram 79,4% dos resíduos de plástico do Danúbio.

Níveis de microplásticos na China são completamente desconhecidos. Zhao et al. (2014) realizaram, no estuário do Rio Yangtze sete amostras, durante um dia, utilizando uma bomba de 12V DC Teflon para coletar águas superficiais e os resultados apontaram as fibras de microplásticos, como o formato mais abundante nas amostras, seguidos por grânulos e filmes. Todos os autores acima citados alertam para necessidade de novas investigações em diferentes bacias, com o objetivo de elaborar padrões de distribuição e classificação dos plásticos nessa área e promover soluções eficazes que impeçam a chegada dos plásticos em sistemas marinhos por meio dos rios.

O RIO PARAÍBA DO SUL

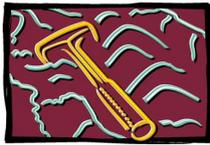
A bacia do Rio Paraíba do Sul possui uma área com cerca de 55.500 km², percorrendo três estados, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, da região Sudeste do Brasil. Ao longo de sua história a paisagem ao redor do rio foi modificada por ações antrópicas, como o cultivo da cana de açúcar e do café, obras para geração de energia e instalação de indústrias na região. O desenvolvimento industrial e crescimento populacional em seu entorno vem elevando a carga de descarte de esgoto doméstico e industrial, tornando-o grande receptor de contaminantes. Trata-se de um dos mais importantes mananciais do sudeste, sendo o principal meio de abastecimento da cidade do Rio de Janeiro e os impactos que são realizados nessa bacia comprometem o abastecimento e a qualidade dos produtos oriundos desse reservatório (Coelho, 2012). Estudos sobre a contaminação por macro e microplásticos no Rio Paraíba do Sul são escassos. Chaves (2016) analisou amostras de água superficial, a 0,6 e 1,2m de profundidade na cidade de Aparecida (SP) e determinou a presença de elevadas concentrações dos desreguladores endócrinos bisfenol-A, β -estraadiol, 17 α -etinilestradiol e estrona no Rio Paraíba do Sul.

METODOLOGIA

As estratégias propostas para uma maior eficiência do processo ensino-aprendizagem na construção do conhecimento são descritas a seguir.

Primeiramente foi necessário traduzir a linguagem entusiástica que reduziu a complexidade do tema à expressão “ilhas de plásticos”. O meio utilizado para promover essa tradução foi um documentário assistido pela aluna e a chave foi a elaboração de uma resenha pontuando as questões de seu maior interesse.

Inicialmente, a aluna demonstrava maior interesse em contaminação marinha, entretanto a proximidade da instituição de pesquisa com Rio Paraíba do Sul favoreceu a escolha do estudo de contaminação em ambiente fluvial, mudança que foi bem aceita. A etapa de campo foi precedida por pesquisa bibliográfica com o objetivo de despertar para a complexidade do tema pelo do contato ativo com o tema a ser aprendido, observando e



EnsinoGEO
2019



Núcleo
São Paulo

analisando o contexto *in situ*, compreendendo a metodologia de coleta de amostras e suas implicações, e desenvolvendo a capacidade de identificação de materiais em laboratório com auxílio de lupa e microscópio.

Aproveitando o momento de forte motivação, iniciou-se a etapa de utilização do procedimento metodológico da pesquisa bibliográfica, promovendo a técnica de análise e síntese pela elaboração de resenhas de artigos científicos.

O primeiro artigo sugerido explicava de forma ampla o ciclo do plástico e como ele se comporta em diferentes ambientes. Em seguida, foram sugeridos outros três artigos por meio da lista bibliográfica do primeiro, focando a problemática no tema contaminação por plásticos em importantes ambientes fluviais. Através da construção desses textos, foi possível observar e pontuar as dúvidas conceituais presentes, partindo só então para a seleção de artigos que consagram estas definições.

A etapa de campo ocorreu no Horto Municipal de Três Rios (Figs. 1 e 2) e a coleta foi levada ao Laboratório de Gestão Ambiental do Instituto Três Rios, UFRRJ. Após a filtragem da água, foram montadas amostras dos sedimentos e da água. Para observação da água no microscópio duas amostras em lamínula, onde foram adicionados dois tipos de corantes para se adequar a melhor observação, azul de metila pa e vermelho de metila pa. A presença de microplásticos na água foi observada por meio da lente óptica com o aumento de quarenta vezes e com uma lupa com aumento de oitenta vezes (Fig. 4) e a presença de microplásticos no solo por meio da lente óptica com aumento de quatro vezes e dez vezes (Fig. 3).



Figura 1. Coleta da água do Rio Paraíba do Sul, no Horto Municipal de Três Rios



Figura 2. Macroplásticos às margens do Rio Paraíba do Sul, no Horto Municipal de Três Rios



EnsinoGEO
2019



Núcleo
São Paulo

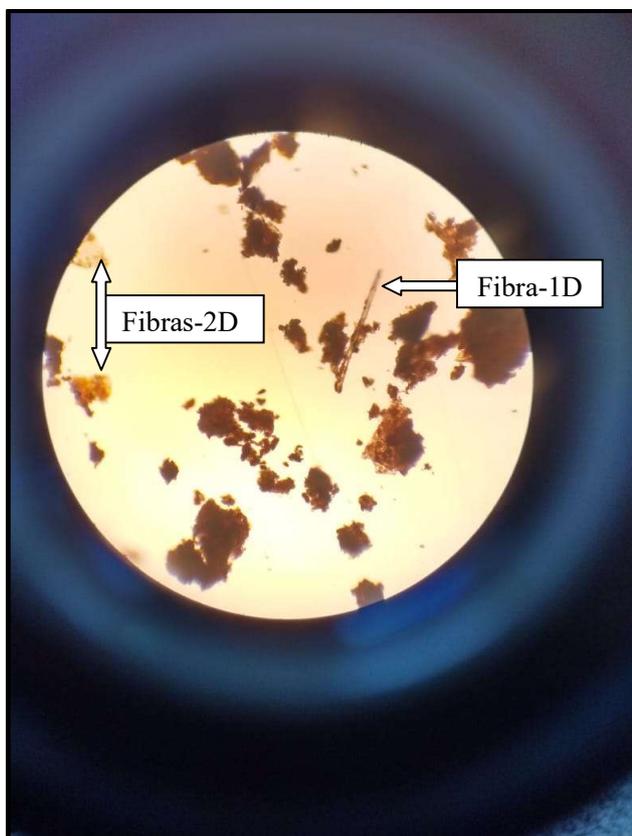


Figura 3. Fibras-1D e 2-D em sedimento do Rio Paraíba do Sul. Lente óptica, aumento 10x



Figura 4. Fibras-1D em amostra de água do Rio Paraíba do Sul. Lupa, aumento 80x

CONSIDERAÇÕES FINAIS

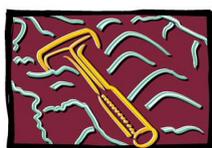
A metodologia utilizada permitiu avançar no conhecimento, aprendendo e ensinando sobre o ciclo hidrogeológico do plástico, sua problemática de contaminação em rios, o estado da arte de conhecimento, além de testar metodologias e iniciar um trabalho de campo inédito, ainda que tímido no Rio Paraíba do Sul.

O ensino dinâmico, integrado e atualizado de Geociências, com participação integral do indivíduo, favorece o aprendizado. Quando este trabalho é feito de forma acertada no ensino médio e fundamental e tem o poder de conduzir e nortear o indivíduo em sua escolha profissional. A seguir o relato da experiência da aluna:

“Venho aprendendo como a questão do plástico é ampla, no começo eu pensava que era uma área pouco estudada, mas no caminho tenho encontrado coisas bem antigas. O plástico abrange questões químicas, como a sua composição e durabilidade, econômicas, como o seu custo de produção e sociais, como a nossa relação com o lixo. A cada dia me sinto mais curiosa e interessada em adentrar nessa área, mesmo ainda não sabendo onde exatamente quero me especializar. Me sinto privilegiada por estar fazendo um trabalho de pesquisa sobre um rio como o Paraíba do Sul que servirá de base para outros no futuro. Além disso, conhecer e estar perto de pessoas que abraçaram o meu interesse me incentivam a continuar pesquisando sobre o plástico. As saídas de campo para que sejam realizadas amostras e o contato com o laboratório foram muito importantes para o meu crescimento e motivação pessoal.”

O ensino dinâmico, integrado e atualizado de Geociências, com participação integral do indivíduo, favorece o aprendizado. Quando este trabalho é feito de forma acertada no ensino médio e fundamental e tem o poder de conduzir e nortear o indivíduo em sua escolha profissional.

Agradecimentos/Apoio: Agevap – Associação Pró gestão de águas da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul



EnsinoGEO
2019



Núcleo
São Paulo

REFERÊNCIAS

- BARNES, D. K. A.; GALGANI, F.; THOMPSON, R. C.; BARLAZ, M (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v.364, n.1526, p.1985-1998.
- CHAVES, K. S (2016). Determinação dos desreguladores endócrinos bisfenol-A, β -estradiol, 17α -etinilestradiol e estrona no Rio Paraíba do Sul. Dissertação em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na área de Conversão de Biomassa.USP, Escola de Engenharia de Lorena. p.134.
- COELHO, V. M. B (2012). Paraíba do Sul: um rio estratégico.
- CORCORAN, P. L (2015). Benthic plastic debris in marine and fresh water environments. *Environmental Science: Processes & Impacts*, v.17, n. 8, p.1363-1369.
- GASPERI, J.; DRIS, R.; MIRANDE-BRET, C.; MANDIN, C.; LANGLOIS, V.; TASSIN, B (2015). First overview of microplastics in indoor and outdoor air. In: 15th EuCheMS International Conference on Chemistry and the Environment.
- 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. *Environmental pollution*, v. 188, p. 177-181.
- MORRITT, D., STEFANOUDIS, P.V., PEARCE, D., CRIMMEN, O.A., CLARK, P.F (2014). Plastic in the Thames: A river runs through it. *Marine Pollution Bulletin* 78, p.196-200
- MUELLER, R (2006). Biological degradation of synthetic polyesters—Enzymes as potential catalysts for polyester recycling. *Process Biochemistry*, v.41, n.10, p.2124-2128.
- RIVARD, C.; MOENS, L.; ROBERTS, K.; BRIGHAM, J.; KELLEY, S (1995). Starch esters as biodegradable plastics: Effects of ester group chain length and degree of substitution on anaerobic biodegradation. *Enzyme and Microbial Technology*, v.17, n.9, p.848-852.
- ROCHMAN, C. M.; BROWNE, M. A.; HALPERN, B. S.; HENTSCHEL, B. T.; HOH, E.; KARAPANAGIOTI, H. K.; THOMPSON, R. C (2013). Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, v.494, p.169-171.
- SADRI, S. S.; THOMPSON, R. C (2014). On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Marine pollution bulletin*, v.81, n.1, p.55-60.
- SANTOS, W. L. P (2007) Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*. v.12, n.36 set/dez 2007.
- SCOTT, G.(1999). *Polymers and the Environment*. Royal Society of Chemistry.
- SEYMOUR, R (1989). Polymer science before and after 1899: notable developments during the lifetime of maurits dekker. *Journal of Macromolecular Science—Chemistry*, v.26, n.8, p.1023-1032.
- SHAH, A.A., HASAN, F., HAMMEED, A., AHMED, S (2008). Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances* 26, p. 246-265.
- SHIMAO, Masayuki (2001). Biodegradation of plastics. *Current opinion in biotechnology*, v. 12, n. 3, p. 242-247.
- TOLEDO, M. C. M.; MACEDO, A. B.; MACHADO, R.; MARTINS, V. T. S.; RICCOMINI, C.; SANTOS, P. R.; SILVA, M. E.; TEIXEIRA, W (2005). Projeto de Criação do Curso de Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental – IGc/USP. *Geologia USP. São Paulo*, v.3, Public. Espec., p.1-11, set.
- ZALASIEWICZ, J., WATERS, C.N., IVAR DO SUL, J.A., CORCORAN, P.L., BARNOSKY, A.D., CEARRETA, A., EDGEWORTH, M., GALUSKA, A., JEANDEL, C., LEINFELDER, R., McNEILL, J.R., STEFFEN, W., SUMMERHAYES, C., WAGREICH, M., WILLIAMS, M., WOLFE, A.P., YONAN, Y (2016). The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene* 13: 4-17.
- ZHAO, S. ZHU, L., WANG, T., LI, D (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: first observations on occurrence, distribution. *Marine pollution bulletin*, v. 86, n. 1-2, p. 562-568.
- ZBYSZEWSKI, M.; CORCORAN, P. L.; HOCKIN, A (2014). Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America. *Journal of Great Lakes Research*, v. 40, n. 2, p. 288-299.