



## ESTUDO SOBRE A POLUIÇÃO PLÁSTICA E ANÁLISE DE MICROPARTÍCULAS NA ÁGUA TRATADA DE PORTO ALEGRE/RS

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020570-587>



**Kaiulani Schultz Rosa Lopes<sup>1</sup>**

**Gabriela Pariz Santos<sup>2</sup>**

**Jeane Estela Ayres de Lima<sup>3</sup>**

**Juliana Pelisoli Holz<sup>4</sup>**

### RESUMO

Com o crescimento populacional e uma sociedade mais industrializada, aumentou a demanda por polímeros sintéticos devido a sua resistência e possibilidade de infinitas formas e funções que facilitam o dia a dia das pessoas. Contudo, grande parte desse material é descartado incorretamente. Nesse contexto, determinados tipos de plástico, quando expostos por longos períodos ao sol ou outros fatores, se degradam em partículas cada vez menores que se transformam em microplásticos. Diante disso, esta pesquisa teve o objetivo de coletar amostras de água tratada, a fim de verificar se esses microplásticos estão presentes na água de consumo humano da cidade de Porto Alegre/RS. Essas amostras foram submetidas à análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise de espectro de EDS. Como

<sup>1</sup>Engenheira Sanitarista e Ambiental graduada pela Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre. Bolsista de iniciação científica do Projeto do Programa de Extensão e Gestão de Atividades de Formação Continuada (PEGA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). E-mail: [kaiulani92@gmail.com](mailto:kaiulani92@gmail.com)

<sup>2</sup>Graduanda do curso de Engenharia Química do Centro Universitário Ritter dos Reis, com previsão de formatura para o segundo semestre de 2019. Bolsista de iniciação científica do projeto PEGA da PUCRS. E-mail: [parizgabriela8@gmail.com](mailto:parizgabriela8@gmail.com)

<sup>3</sup>Doutora em Ciências dos Materiais pela UFRGS (2003), Mestre em Química pela UFRGS (1997) e Engenheira Química graduada pela UFRGS (1993). Atualmente é professora adjunta da PUCRS. E-mail: [jeane.lima@pucrs.br](mailto:jeane.lima@pucrs.br)

<sup>4</sup>Doutora e Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais pela PUCRS (2017 / 2012) e Engenheira Química graduada pela PUCRS (2010). Atualmente é professora na Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre. E-mail: [jupeho@hotmail.com](mailto:jupeho@hotmail.com)

resultado do MEV, foram identificadas micropartículas que, em tamanho, variaram em largura de 3,18  $\mu\text{m}$  a 36,1  $\mu\text{m}$  e em comprimento variaram de 2,74  $\mu\text{m}$  a 37,2  $\mu\text{m}$ . Embora não se possa afirmar que essas micropartículas se tratam de plástico, a análise de EDS identificou elementos químicos como alumínio, magnésio e sílica, que também são utilizados como aditivos no processo de composição dos polímeros sintéticos visando atingir as propriedades físicas, mecânicas e químicas que tornam esses materiais tão diferenciados.

**Palavras-chave:** Água. Plástico. Poluição. Micropartículas.

## **STUDY ON PLASTIC POLLUTION AND MICROPARTICLE ANALYSIS IN TREATED WATER OF PORTO ALEGRE/RS**

### **ABSTRACT**

The demand for synthetic polymers increased with population growth and more industrialization society. That's because this material is resistant and have endless forms and functions that facilitate people's daily life. However, most of this material is discarded incorrectly. In this context, certain types of plastic, when exposed for long periods of time in the sun or other factors, degrade into increasingly smaller particles that become microplastics. Therefore, this research aimed to collect samples of treated water in order to verify whether these microplastics are present in the human consumption water of the city of Porto Alegre/RS. These samples were subjected to scanning electron microscopy (SEM) analysis and EDS spectrum analysis. As a result of SEM, microparticles were identified, which in size ranged from 3.18  $\mu\text{m}$  to 36.1  $\mu\text{m}$  and in length ranged from 2.74  $\mu\text{m}$  to 37.2  $\mu\text{m}$ . Although it cannot be affirmed that these microparticles are plastic, the analysis of EDS identified chemical elements such as aluminum, magnesium and silica, which are also used as additives in the process of composition of synthetic polymers aiming Achieve the physical, mechanical and chemical properties that make these materials so differentiated.

**Keywords:** Plastic. Pollution. Water. Microparticles.

## **1 INTRODUÇÃO**

No atual contexto global de aceleração industrial e crescimento populacional, a busca por um desenvolvimento sustentável torna-se cada vez mais necessária. Nesse sentido, aumentam as discussões e preocupações relacionadas ao consumo

de plástico no mundo. Os jornalistas Tyree e Morrison destacam que o plástico possui múltiplas funções na vida diária das pessoas, mas chamam a atenção para o potencial destrutivo que causa ao meio ambiente devido a sua durabilidade e resistência. Assim, muitos desses materiais descartados incorretamente no meio ambiente tem seu destino final nos rios, lagos e oceanos e, conseqüentemente, são confundidos por comida e consumidos pelos animais aquáticos. Devido também a essas propriedades, o plástico se transforma em micro e nano partículas, ou seja, se fragmenta em pedaços cada vez menores de si mesmo. A utilização indiscriminada do plástico evoluiu de tal maneira que o atual momento é classificado como a “Era do Plástico” (ONUBR, 2018b; TYREE; MORRISON, 2017).

Diante do exposto, este estudo busca compreender o contexto global da utilização do plástico e as conseqüências trazidas por este material, bem como fomentar a discussão sobre os hábitos da sociedade em relação à utilização do consumo de plástico. Este trabalho tem também o objetivo de analisar amostras de água da cidade de Porto Alegre/RS (Brasil), a fim de identificar a presença de micropartículas de plástico e, assim, servir como análise adicional aos estudos dessa natureza.



## 2 PLÁSTICOS

A palavra plástico significa moldável ou maleável (PAWLICKA *et al.*, 2013). A classificação do plástico está dentro da classe de materiais chamada de polímeros, que possuem infinidades de estruturas e funções (ZANIN, MANCINI, 2015).

Quanto à origem, os polímeros podem ser classificados em naturais e sintéticos. Os polímeros naturais são originários da natureza, como celulose, proteínas do leite e amido e não são sintetizados nas indústrias. Já os polímeros sintéticos são produzidos a partir de uma composição de moléculas que podem ser obtidas a partir de fontes renováveis ou não (FECHINE, 2013). Ainda sobre os polímeros sintéticos, Pawlicka e colaboradores (2013) afirmam que aqueles produzidos a partir de fontes não renováveis, como o petróleo, substituem materiais tradicionais como madeira, metal e cerâmica, pois trazem versatilidade, vantagem econômica e facilidade de produção. Quanto às suas propriedades, podem ser leves, moldáveis e isolantes, como a madeira; duros, flexíveis, resistentes e até

condutores, como os metais; transparentes, como os vidros; ou quebradiços e impermeáveis, como as cerâmicas.

Fechine (2013) destaca ainda que os plásticos podem ser divididos em duas classes relacionadas às características de fusibilidade: os termoplásticos e os termorrígidos. Os termoplásticos são capazes de ser repetidamente moldado ou deformado plasticamente quando aquecido, sem que suas propriedades químicas se alterem. Enquanto que os termorrígidos uma vez formados, não podem ser remoldados derretendo, pois quando são expostos a altas temperaturas se decompõe.

Analisando o contexto social da relação plástico e sociedade, diversos benefícios foram gerados a partir da sua utilização. Nesse sentido, Zanin e Mancini (2015) destacam a diminuição de 30 para 1,5% do índice de perda de alimentos quando utilizado esse material para embalagens; utilização de produtos que contribuem para o aumento da higiene como luvas e seringas descartáveis; confecção e produtos com propriedades similares à madeira que possibilitou a diminuição da derrubada de florestas. Em contrapartida, o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2018) alerta que devido essas propriedades, como a durabilidade e longa vida, o plástico se torna um grave problema devido ao tempo de decomposição que pode passar de 400 anos.

Para atingir determinadas características que podem alterar ou melhorar as propriedades químicas, mecânicas e físicas dos polímeros, o Conselho Regional de Química da 4ª Região (CRQ4, 2018) informa que podem ser acrescentados aditivos durante o processamento do plástico para atingir as propriedades desejadas. Através desses aditivos, podem ser feitas alterações de cor na forma de pigmentos (corantes); proteger contra deterioração causada pela exposição à luz e calor (estabilizadores); modificar a flexibilidade, tenacidade e dureza para torna-los mais flexíveis (plastificantes); reduzir a inflamabilidade retardando ou dificultando as reações de combustão adicionando elementos químicos como hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) e de magnésio ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) (ignífugos) e para conferir melhor característica de resistência à tração, compressão e abrasão, tenacidade e estabilidade dimensional e térmica são adicionados materiais como pó de sílica, cerâmica, talco e qualquer outro polímero sintético (enchedores ou carga).

Como alternativa aos polímeros sintéticos, são produzidos também os polímeros biodegradáveis, biopolímeros e polímeros verdes. Estes diferenciam-se basicamente dos polímeros sintéticos por possuírem um processo de degradação mais rápido e com impacto menor ao meio ambiente (BRITO *et al.*, 2011; FECHINE, 2013; PAIVA, 2017). Observa-se que os plásticos biodegradáveis transmitem a ideia de uma alternativa sustentável, mas na prática já se questiona os benefícios que proporcionam. Conforme relatório da UNEP (2015), esses polímeros necessitam ser descartados em locais apropriados e, apenas sob condições especiais, como temperatura prolongada acima de 50°C, é que efetivamente são desintegrados. Então, denominá-lo como “biodegradável” pode induzir seu descarte em lugares incorretos.

### **3 A PROBLEMÁTICA DOS PLÁSTICOS**

A poluição, em amplo sentido, pode ser provocada por diversas formas. O descarte incorreto de resíduos é um dos problemas de poluição mais difusos que afetam o meio ambiente. A sociedade utiliza os oceanos e cursos de água doce como um local conveniente para descarte de materiais indesejados e produtos residuais (GESAMP, 2015). Entre essas formas, destaca-se a poluição por meio dos plásticos, o qual é utilizado em volumes cada vez maiores. Diante disso, aumenta a preocupação de autoridades, organizações e especialistas considerando os impactos adversos que causam ao meio ambiente (ONUBR, 2018a).

Nesse contexto, a ONU (ONUBR, 2018a) informa que 80% da contaminação que atinge os oceanos são provenientes da terra, e ressalta ainda, que a sociedade moderna está aumentando a dependência pelos produtos plásticos. Para agravar a situação, metade de todo o plástico produzido é projetado para ser utilizado somente uma vez, como por exemplo, a utilização de embalagens e canudos plásticos.

A crescente poluição através de resíduos plásticos tem gerado grandes impactos diretos a fauna marinha e nos usos legítimos do meio ambiente, como fontes industriais ou urbanas (GESAMP, 2010). A quantidade de lixo plástico que acaba nos oceanos é estimada em 8 milhões de toneladas por ano e grande parte desse volume é transportado pelas vias fluviais de rios de água doce. No mundo,

dez rios carregam mais de 90% desses resíduos plásticos até os oceanos, sendo oito deles localizados na China (ONU, 2018).

Conforme projeções da ONU (2018), permanecendo essa trajetória de grande quantidade de resíduos plásticos transportados pelo mar, em 2050 os oceanos terão mais plásticos que peixes. O meio ambiente e os animais são os prejudicados imediatos por toda essa invasão de plástico que ocorre pelo mundo, mas as consequências oriundas dessa conjuntura também impactam a sociedade em diferentes aspectos, inclusive financeiramente. Então, para minimizar os efeitos dos diferentes tipos de poluição devem ser adotadas práticas preventivas que contribuam para a redução do volume de resíduos, bem como práticas de controle que permitam tratar os resíduos que já foram gerados, através de reciclagem, separação, armazenamento e transporte de resíduos, geração de energia, tratamento e disposição final de resíduos (PALANIAPPAN, *et al.*, 2010).

#### 4 MICROPLÁSTICOS

O plástico como fonte de poluição já é efetivamente um problema grave a ser enfrentado. Isto porque, além dos problemas relatados, existem outras consequências geradas por essa poluição que são invisíveis aos olhos dos seres humanos: os microplásticos.

Os microplásticos podem ser definidos como partículas de plástico com dimensão entre 1  $\mu\text{m}$  e 5 mm de diâmetro (COSTA, 2018). Sua origem é dada através de fonte primária ou secundária, sendo que os de fonte primária são aqueles propositalmente fabricados em tamanhos específicos para utilização em indústrias, devido às diversas funções. Já os microplásticos de fonte secundária são gerados a partir da exposição de plásticos maiores a processos físicos, biológicos e químicos, cujos materiais se fragmentam em milhares de micropartículas (UNEP, 2016; COLE *et al.*, 2011).

As fragmentações em macroplásticos, de garrafas, canudos, sacolas e tantos outros materiais plásticos podem ocorrer de diferentes formas. Entre elas, Cole e colaboradores (2011) destacam que longos períodos de exposição à luz solar resultam em fotodegradação, ou seja, pequenas irregularidades na estrutura do plástico permitem a absorção da radiação ultravioleta (UV). Salientam ainda sobre



os plásticos biodegradáveis de origem sintética que também podem ser fonte de microplásticos, pois quando não recebem o tratamento correto para degradação se decompõe parcialmente deixando os fragmentos dos polímeros sintéticos ainda presentes no meio ambiente. Tyree e Morrison (2017) acrescentam também que a fragmentação pode ser decorrente de fibras sintéticas que se desprendem das roupas durante a lavagem e que são despejadas no esgoto onde podem não ser devidamente eliminadas no processo de tratamento de água.

Nesse sentido, Caixeta e colaboradores (2018) reforçam que a fragmentação pode ocorrer de diversas formas e que os microplásticos podem ser encontrados na água, solo, ar e outros ambientes, no entanto a sua identificação ainda é um desafio por não ter sido estabelecido uma metodologia padrão. A partir dessa constatação, crescem as pesquisas acadêmicas e científicas com o objetivo de identificar a presença e volume de microplásticos na água, bem como verificar as consequências que trazem para a sociedade e ao meio ambiente. Juntamente com as pesquisas, tornam-se necessárias avaliações e estudos sobre as consequências geradas pela proliferação e acumulação dessas partículas no meio ambiente e seus possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos.

Em relação aos impactos ambientais, Cole e colaboradores (2011) alertam que, devido ao tamanho “micro” desses plásticos, podem ser ingeridos por um grande conjunto de biota marinha. Isso se torna perigoso à medida que os aditivos presentes no plástico podem transmitir substâncias químicas potencialmente tóxicas. Sobre os impactos sociais e econômicos, GESAMP (2015) observa que são gerados indiretamente pelos microplásticos, haja vista que prejuízos ambientais afetam e também prejudicam o turismo, aquicultura, pesca e transporte marinho.

Adicionalmente, aumenta também a preocupação e estudos sobre os impactos tóxicos na ingestão de microplásticos pelos seres humanos, no entanto esses estudos ainda são escassos e inconclusivos. Essas partículas podem adentrar no organismo humano diretamente através do consumo de água ou indiretamente através do consumo de alimentos que estão contaminados, ou seja, pela indústria ou agricultura, que produzem bens consumíveis com matérias-primas já contaminadas, ou então pelo consumo de animais aquáticos (REVEL *et al.*, 2018).

Por todo o exposto, torna-se fundamental repensar a forma como o plástico é utilizado, produzido e como é feita a disposição dos seus resíduos, visto que sua

durabilidade e longa vida provocarão uma acumulação do plástico em proporções cada vez maiores. Dessa forma, caso não ocorram mudanças, danos severos poderão ser causados ao meio ambiente e, conseqüentemente, à sociedade.

## 5 METODOLOGIA

Este trabalho tem como área de estudo a cidade de Porto Alegre, situada no Estado do Rio Grande do Sul/Brasil e que possui área territorial de 496.684 km<sup>2</sup>. O tratamento da água, bem como o abastecimento da cidade é realizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) que é composto por seis Estações de Tratamento de Água (ETA's). As amostras foram coletadas em seis pontos diferentes de Porto Alegre, porém representando cinco ETA's.

Para realização do projeto, cinco amostras foram coletadas de torneiras externas com fonte de água tratada diretamente pelo DMAE, para que não haja interferência na qualidade das amostras pelos reservatórios de armazenamento de água da cidade (caixas d'água). Além delas, adicionalmente foi coletada uma amostra diretamente da torneira do laboratório com interferência do reservatório de armazenamento de água do prédio 12 da PUCRS, para efeito comparativo com as amostras sem interferência do reservatório. Dessa forma, buscou-se caracterizar o maior escopo possível de delimitação da cidade.

Os frascos de vidro âmbar de 1 L foram utilizados para as coletas de água. Cada garrafa foi ambientada com a água da torneira, sendo seu volume descartado duas vezes antes da coleta final. Essas amostras ficaram refrigeradas por 24h.

A partir das amostras refrigeradas, 300 ml de água armazenada no frasco de vidro âmbar foram transferidos para o béquer. Esse volume foi transferido para o funil de Büchner, onde realizou-se a filtração a vácuo com filtro de celulose Whatman de 55 mm de diâmetro e poro de 2,5 µm, sendo esse procedimento realizado em triplicata. Durante o procedimento a água filtrada foi depositada no Kitassato de 500 ml para posterior descarte.

Após a filtração à vácuo, os filtros de celulose foram armazenados em placas de Petri para posterior visualização de micropartículas com auxílio de microscópio. E as placas de Petri foram armazenadas em dessecadores para conservação contra umidade dos filtros de celulose.



Os filtros foram analisados visualmente usando o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) PHILIPS modelo XL30 (LabCEMM/PUCRS) com resolução de 3,5 nm (no modo elétron secundário) e faixa de aumento de 5.000 a 50.000 vezes, tensão de 20kV, utilizando ouro para metalização das amostras. Também, foram realizadas análises de Espectroscopia de Dispersão em Energia (EDS) para identificar elementos químicos elementares presentes nas amostras, usando um espectrômetro acoplado ao equipamento PHILIPS modelo XL30, supracitado. As medidas de tamanho de partículas foram realizadas com o auxílio do *software* IMAGE J (2019).

### 5.1 Identificação das Amostras

Foram coletadas para análise e obtenção dos resultados, amostras de água de torneiras externas com água tratada pelo DMAE, em seis pontos distintos, correspondentes à área coberta por cinco ETA's. As amostras dos diferentes pontos de coleta, selecionados neste estudo, foram identificadas conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Identificação das amostras de água

| Identificação | Ponto de Coleta                | ETA              |
|---------------|--------------------------------|------------------|
| Amostra A     | late Clube Guaíba              | Tristeza         |
| Amostra B     | Faculdade de Veterinária UFRGS | Belém Novo       |
| Amostra C     | Parque Germânia                | São João         |
| Amostra D     | Parcão                         | Moinhos de Vento |
| Amostra E     | PUCRS                          | Menino Deus      |
| Amostra F     | Laboratório PUCRS              | Menino Deus      |

Fonte: Do autor (2019)

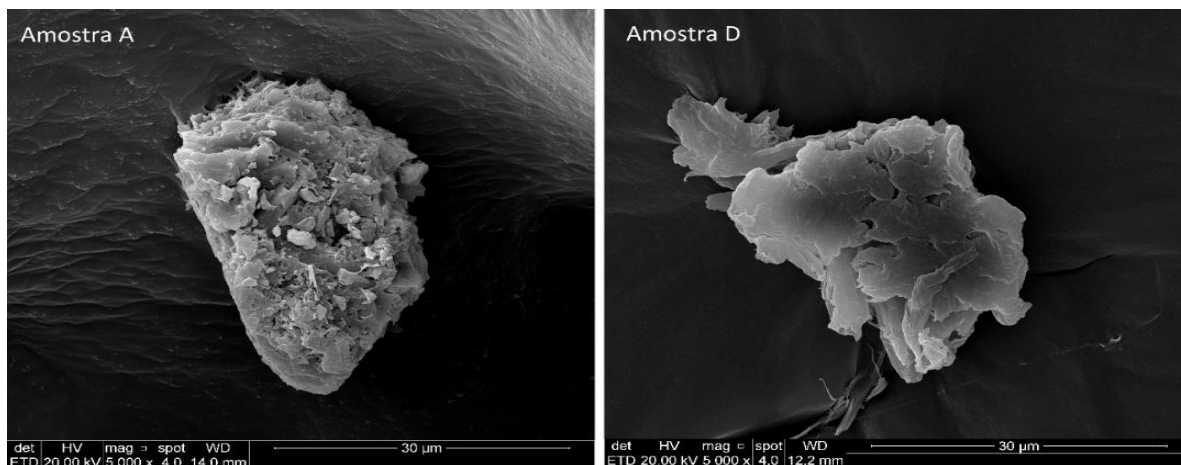
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificação da ocorrência de microplástico, objetivo central dessa pesquisa, seis filtros de celulose, um de cada ponto de coleta, foram submetidos a análise no MEV com faixa de aumento de 5.000 a 50.000 vezes. A faixa de tamanho das partículas foi obtida utilizando o *software* Image J (2019).

## 6.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Na figura 1 são demonstradas imagens com aumento de 5.000x e escala de 30  $\mu\text{m}$  de partículas capturadas pelo MEV nos pontos A e D:

Figura 1 - Microscopia dos fragmentos das amostras A e D

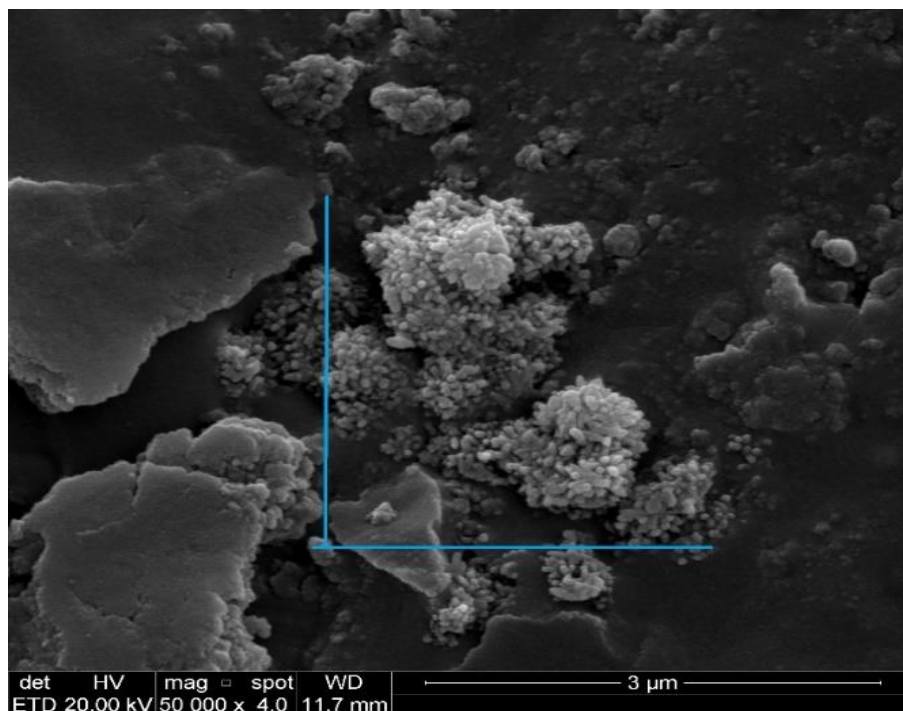


Fonte: Do autor (2019)

Os fragmentos encontrados nas amostras A e D ficaram retidos no filtro de celulose com tamanho de poro de 2,5  $\mu\text{m}$ . As partículas possuem textura irregular e tamanhos de 25,6  $\mu\text{m}$  de largura e 37,2  $\mu\text{m}$  de comprimento e 36,1  $\mu\text{m}$  de largura e 33,6  $\mu\text{m}$  de comprimento, respectivamente.

Na figura 2 é possível visualizar a imagem de outro fragmento identificado na amostra C, dessa vez com aumento de 50.000x e escala de 3  $\mu\text{m}$ :

Figura 2 - Microscopia do fragmento 1 da amostra C



Fonte: Do autor (2019)

Diferentemente dos fragmentos visualizados nas amostras A e D, que possuem aspecto de uma partícula única, percebe-se na imagem da amostra C a junção de pequenas micropartículas de formato circular e com tamanho aproximado de 60 nm, que juntas formam uma partícula maior com largura de 3,18 µm e comprimento de 2,74 µm. Importante destacar que essas pequenas micropartículas da amostra C isoladamente não ficariam retidas, já que são inferiores ao tamanho dos poros de 2,5 µm do filtro utilizado no procedimento. Entretanto, a retenção ocorreu porque as micropartículas permaneceram agrupadas em tamanho superior aos poros do filtro.

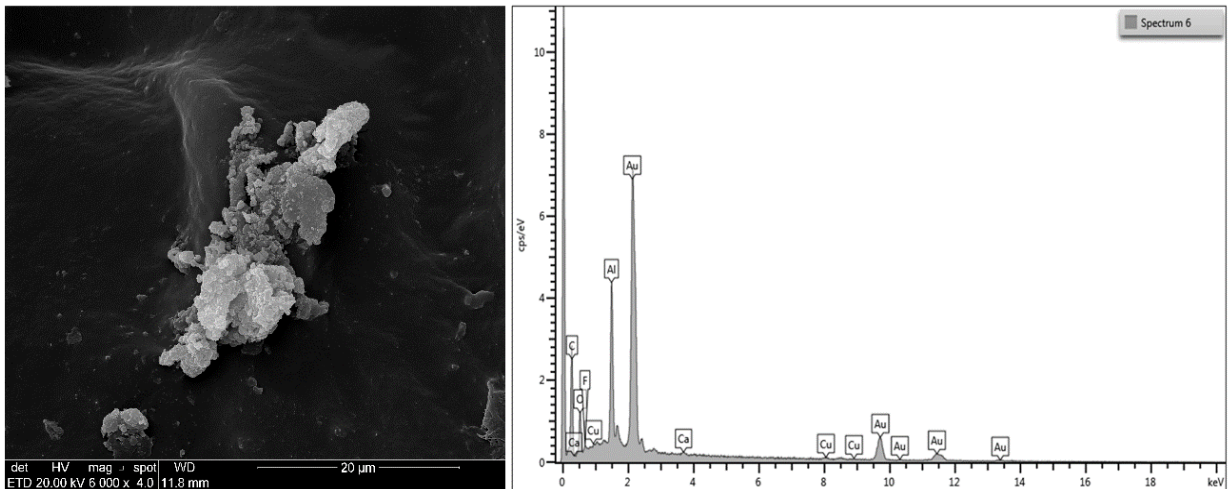
## 6.2 Espectroscopia de Dispersão em Energia – (EDS)

Foram realizadas análise de EDS nas amostras C, E e F para identificar a possível presença de elementos químicos elementares, usando um espectrômetro acoplado ao equipamento PHILIPS modelo XL30, supracitado. A amostra C foi selecionada para análise de EDS devido à identificação já mencionada de nanopartículas circulares que agrupadas formavam uma partícula maior. As amostras E e F foram selecionadas porque representavam a mesma ETA e no mesmo ponto de coleta (PUCRS). Dessa forma, buscou-se estabelecer um comparativo de possíveis semelhanças e diferenças entre os elementos

identificados. Salienta-se que todos os percentuais identificados nas amostras, apresentados a seguir, se referem, exclusivamente, à composição em massa do total da partícula analisada.

As figuras 3 e 4 apresentam fragmentos da amostra C identificados pelo MEV, à esquerda, e ao lado a análise de espectro de EDS:

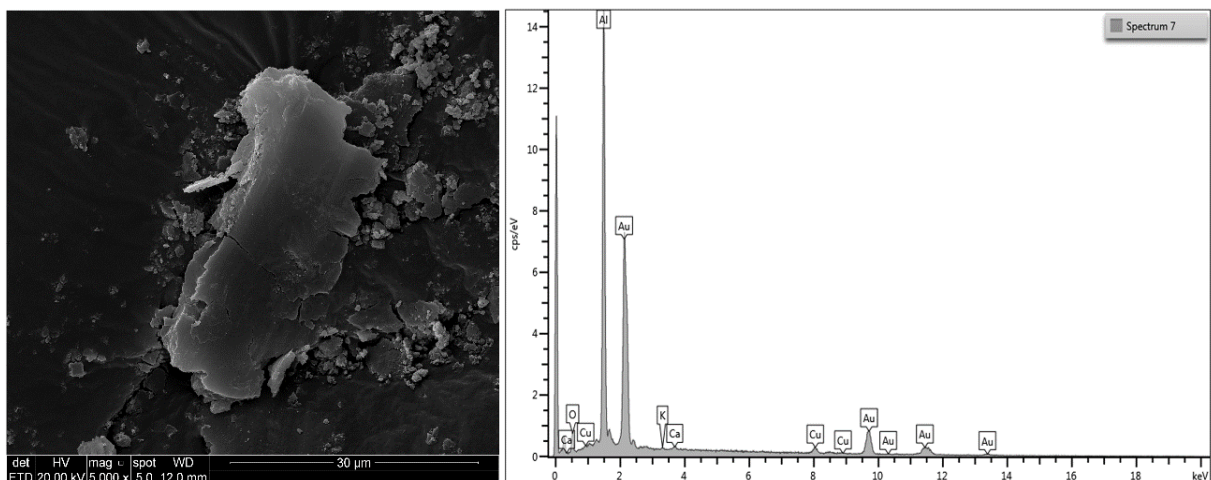
Figura 3 - Microscopia do fragmento 2 da amostra C



Fonte: Do autor (2019)

A partir da análise de espectro de EDS, as substâncias Alumínio: 10,27%, Cálcio: 0,29%, Cobre: 1,04% e Flúor: 2,45% foram identificadas no fragmento 2 da amostra C.

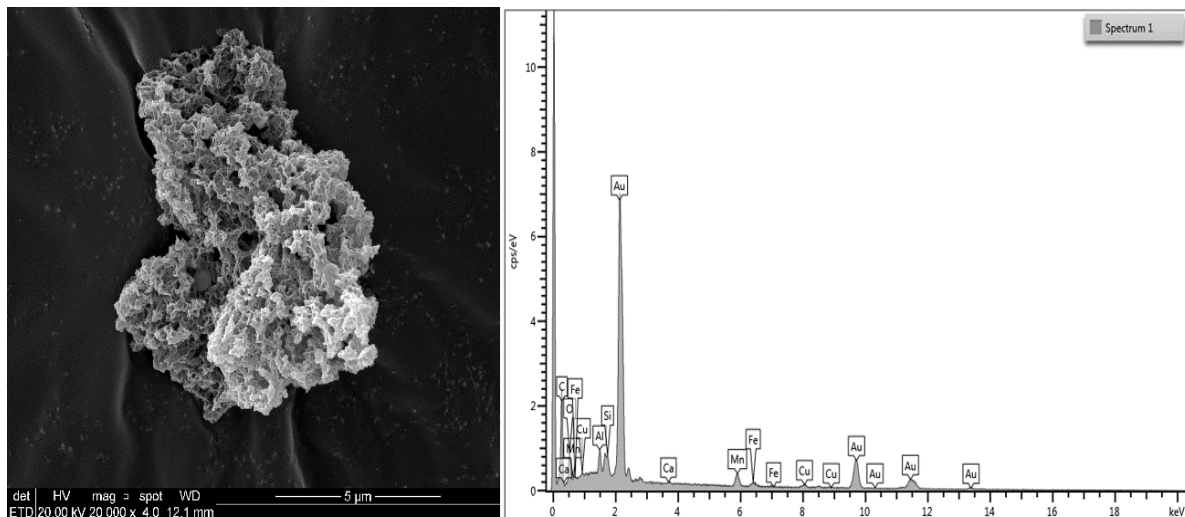
Figura 4 - Microscopia do fragmento 3 da amostra C



Fonte: Do autor (2019)

No terceiro fragmento da amostra C foram identificadas na análise de espectro EDS as substâncias Alumínio: 69,73%, Cálcio: 0,84%, Cobre: 8,27% e Potássio: 0,57%. Percebe-se que, em comum, existem em ambos os fragmentos da amostra C as substâncias Alumínio, Cálcio e Cobre, sendo o Alumínio a substância com maior peso nos dois fragmentos. Em relação às substâncias divergentes, observa-se que o primeiro fragmento possui flúor em sua composição enquanto o segundo fragmento apresenta potássio. Nas figuras 5 e 6 a seguir são exibidos os fragmentos das amostras E e F, respectivamente, também identificados pelo MEV, à esquerda, e ao lado a análise de espectro de EDS:

Figura 5 - Microscopia e espectros de EDS da amostra E

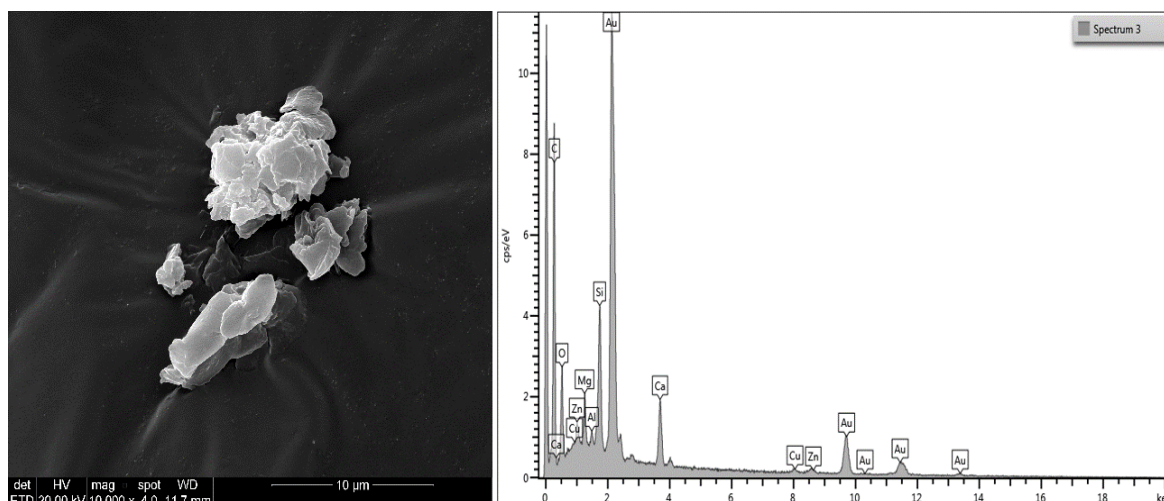


Fonte: Do autor (2019)

No fragmento da amostra E foram identificadas na análise de espectro EDS as substâncias Alumínio: 2,31%, Cálcio: 0,26%, Cobre: 2,29%, Ferro: 1,23%, Manganês: 4,60% e Sílica: 1,26%.

Figura 6 - Microscopia e espectros de EDS da amostra F





Fonte: Do autor (2019)

No fragmento da amostra F foram identificadas na análise de espectro EDS as substâncias Alumínio: 0,41%, Cálcio: 2,92%, Cobre: 0,77%, Magnésio: 1,64%, Sílica: 3,40% e Zinco: 1,22%. Comparando as substâncias existentes nas amostras E e F, ressalta-se que, em comum, todas possuem o alumínio, cálcio, cobre e sílica. No que tange à presença de outras substâncias, na amostra E foram identificados ferro e manganês e na amostra F foram identificados magnésio e zinco. Interessante destacar que na amostra E a substância com maior concentração no fragmento foi o manganês, enquanto na amostra F a maior concentração foi de sílica.

Em relação ao alumínio e flúor, destaca-se que o sulfato de alumínio é acrescentado na etapa inicial, floculação, do processo de tratamento de água, enquanto o flúor é adicionado no processo final desse tratamento (DMAE, 2017). Essa referência sobre as etapas que foram realizadas as inclusões desses elementos se torna interessante quando se avalia que o flúor, acrescentado na etapa final do tratamento, foi identificado na composição de apenas uma das amostras e o alumínio, cujo sulfato de alumínio é adicionado na etapa inicial do tratamento, foi identificado na composição de todas as micropartículas presentes nas amostras analisadas no EDS. As substâncias ouro, carbono e oxigênio, que integram o percentual total da composição das partículas, foram desconsideradas porque estão relacionadas ao equipamento utilizado para a análise.

Conforme Davis e Masten (2016), os elementos cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, potássio, zinco e também o alumínio, são metais encontrados na natureza. No entanto, nas etapas de tratamento de água são realizados processos



para que o teor desses elementos, se encontrados, permaneçam dentro de um valor máximo permitido conforme delimitado na Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017). Vale também ressaltar que, embora essas substâncias estejam presentes na natureza, os elementos químicos como o alumínio, magnésio e sílica são comumente acrescentados na produção dos polímeros sintéticos para que o plástico atinja determinadas propriedades específicas (CRQ4, 2018).

## 7 CONCLUSÕES

A partir dessa compreensão, este projeto buscou estudar e analisar como a degradação da poluição plástica está relacionada a contaminação da água. Para isso, foi demonstrado que, devido às propriedades do plástico, este material se decompõe em partes cada vez menores tornando-se micro e nano plásticos, onde grande parte tem seu fluxo de destino final em vias fluviais e oceanos. O estudo para verificar a eventual presença de micropartículas foi, então, aplicado à cidade de Porto Alegre através da coleta de amostras de água em pontos delimitados pelas cinco estações de tratamento da cidade que, juntas, compreendem 99,6% do abastecimento da população.

Para o propósito central deste trabalho, realizou-se procedimento de microscopia com MEV juntamente com a análise de espectro de EDS que evidenciou a presença de micropartículas que, em tamanho, variaram em largura de 3,18  $\mu\text{m}$  a 36,1  $\mu\text{m}$  e em comprimento de 2,74  $\mu\text{m}$  a 37,2  $\mu\text{m}$ . Na análise para verificar os elementos químicos existentes nessas micropartículas, foram identificados alumínio, cálcio, cobre, ferro, flúor, magnésio, manganês, potássio, sílica e zinco.

As imagens e dados obtidos não permitem assegurar que esses fragmentos são micropartículas de plástico, porém cumpre observar que as amostras apresentaram diferentes resultados tanto na estrutura dessas micropartículas quanto nos elementos químicos existentes, caracterizando clara heterogeneidade em amostras de água tratada. Portanto, esses resultados necessitam de estudos mais aprofundados para verificar com exatidão alguns desses fragmentos, considerando que algumas das substâncias identificadas também são comuns à composição de materiais plásticos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a PUCRS, a Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, ao Centro Universitário Ritter dos Reis, a FAPERGS e ao CNPq.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resíduos de Plástico, Papel, Papelão, Papel Metalizado, Vidro e Metal**. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/9411-res%C3%ADduos-de-pl%C3%A1stico,-papel,-papel%C3%A3o,-papel-metalizado,-vidro-e-metal.html>. Acesso em: 11 nov. 2018.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 03 de outubro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Ministério da Saúde. Brasil, p. 1-825.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A.. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 2, n. 6, p.127-139, 31 set. 2011.

CAIXETA, Danila; CAIXETA, Frederico; MENEZES FILHO, Frederico. NANO E MICROPLÁSTICOS NOS ECOSSISTEMAS: IMPACTOS AMBIENTAIS E EFEITOS SOBRE OS ORGANISMOS. **Enciclopédia Biosfera**, [s.l.], v. 15, n. 27, p.19-34, 20 jun. 2018. Centro Científico Conhecer.

COLE, Matthew; LINDDEQUE, Pennie; HALSBAND, Claudia; GALLOWAY, Tamara. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 62, n. 12, p.2588-2597, dez. 2011. Elsevier BV.

COSTA, João Pinto da. Micro- and nanoplastics in the environment: Research and policymaking. **Current Opinion In Environmental Science & Health**, [s.l.], v. 1, p.12-16, fev. 2018. Elsevier BV.

CRQ4. Conselho Regional de Química IV Região. **Plásticos**. 2018. Disponível em: [https://www.crq4.org.br/quimicaviva\\_plasticos](https://www.crq4.org.br/quimicaviva_plasticos). Acesso em: 15 nov. 2018.

DAVIS, Mackenzie L.; MASTEN, Susan J.. **Princípios de Engenharia Ambiental**. 3. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda, 2016.

DMAE. Departamento Municipal de Água e Esgoto. **Relatório Anual da Qualidade da Água**. 2017. Disponível em:

[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/relatorio\\_anual\\_qualidade\\_agua\\_2017.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/relatorio_anual_qualidade_agua_2017.pdf). Acesso em: 20 set. 2018.

FECHINE, Guilhermino José Macêdo. **Polímeros Biodegradáveis: tipos, mecanismos, normas e mercado mundial**. São Paulo: Editora Mackenzie, 2013.

GESAMP, (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection); Bowmer, T. and Kershaw, P.J., 2010 (Eds.), Proceedings of the GESAMP International Workshop on plastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans. GESAMP Rep. Stud. No. 82, 68pp. 2010.

GESAMP. "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment" (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p. 2015.

IMAGEJ. 1.48. Disponível em: <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>. Acesso em: 26 mai. 2019.



ONUBR. Organização das Nações Unidas no Brasil (Org.). **Mundo está sendo 'inundado' por lixo plástico, diz secretário-geral da ONU**. 2018a. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/mundo-esta-sendo-inundado-por-lixo-plastico-diz-secretario-geral-da-onu/>. Acesso em: 16 ago. 2018.

ONUBR. Organização das Nações Unidas no Brasil (Org.). **Meio Ambiente e parceiros miram a poluição nos rios para reduzir o lixo marinho**. 2018b. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-meio-ambiente-e-parceiros-miram-a-poluicao-nos-rios-para-reduzir-o-lixo-marinho/>. Acesso em: 21 out. 2018.

ONU. Organização das Nações Unidas (Org.). **Our planet is drowning in plastic pollution: This World Environment Day, it's time for a change**. 2018. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/interactive/beat-plastic-pollution/pt/>. Acesso em: 22 ago. 2018.

PAIVA, Lucilene Betega de. **Polímeros e suas aplicações: panorama atual e perspectivas**. 2017. Disponível em: [https://www.crq4.org.br/sms/files/file/eventos/forum\\_ensino\\_superior\\_2017/palestra\\_lucilene\\_paiva\\_ipt.pdf](https://www.crq4.org.br/sms/files/file/eventos/forum_ensino_superior_2017/palestra_lucilene_paiva_ipt.pdf). Acesso em: 15 nov. 2018.

PALANIAPPAN, Meena; GLEICK, Peter H.; ALLEN, Lucy; COHEN, Michael J.; SMITH, Christian Juliet; SMITH, Courtney. **Clearing the Waters: A focus on water**

quality solutions. 2010 Elaborado por Pacific Institute. Disponível em: [https://www.pacinst.org/reports/water\\_quality/clearing\\_the\\_waters.pdf](https://www.pacinst.org/reports/water_quality/clearing_the_waters.pdf). Acesso em: 27 out 2018.

PAWLICKA, Agnieszka; FRESQUI, Maíra; TRSIC, Milan. **Curso de Química para Engenharia**: Volume II – Materiais. Barueri/SP: Manole LTDA. 2013.

REVEL, Messika; CHÂTEL, Amélie; MOUNEYRAC, Catherine. Micro(nano)plastics: A threat to human health?. **Current Opinion In Environmental Science & Health**, [s.l.], v. 1, p.17-23, fev. 2018. Elsevier BV.

TYREE, Chris; MORRISON, Dan. **INVISIBLES**: The plastic inside us. 2017. Elaborada por Orb Media. Disponível em: [https://orbmedia.org/stories/Invisibles\\_plastics/multimedia](https://orbmedia.org/stories/Invisibles_plastics/multimedia). Acesso em: 15 mar. 2018.

UNEP. United Nations Environment Programme. **Biodegradable Plastics and Marine Litter**: Misconceptions, concerns and impacts on marine environments. Nairobi. 2015.

UNEP. United Nations Environment Programme. **Marine plastic debris and microplastics** – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. Nairobi. 2016.

ZANIN, Maria; MANCINI, Sandro Donnini. **Resíduos Plásticos e Reciclagem**: aspectos gerais e tecnologia. São Carlos: EdUFSCar, 2015.