



## PANORAMA DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS DAS ESCOLAS ESTADUAIS: ESTUDO DE CASO NA ZONA LESTE DE SÃO PAULO

**Renata Colombo (\*), Cibele Ferreira Campos**

\* Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. e-mail: renatacolomb@gmail.com.

### RESUMO

O rápido ciclo de consumo e descarte de equipamentos, resultante do avanço da tecnologia ocorrido nas últimas décadas, tem acarretado na produção de resíduos eletrônicos em larga escala. O descarte destes resíduos como lixo comum, atingindo aterros e/ou lixões, e o descarte de forma irregular têm ocasionado sérios problemas socioambientais. O objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento do cenário dos resíduos eletrônicos nas escolas públicas da cidade de São Paulo, tendo como estudo de caso as escolas do bairro de Ermelino Matarazzo. Este cenário englobou os tipos de eletrônicos comumente encontrados nas unidades de ensino, seus respectivos resíduos e o processo de gerenciamento destes resíduos. O grau de percepção e conhecimento dos funcionários e interesse de alunos em relação à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e à problemática do descarte irregular dos resíduos eletrônicos para o meio ambiente e saúde humana também foram analisados. O trabalho foi desenvolvido através da aplicação de questionários aos responsáveis das unidades de ensino e também através de visita *in loco*. Os dados obtidos mostraram que os resíduos eletrônicos majoritários nas unidades de ensino são os componentes dos computadores de mesa (monitores, CPU e periféricos). Constatou-se também que o conhecimento acerca da PNRS, bem como, sobre o à problemática do descarte irregular dos resíduos eletrônicos para o meio ambiente e saúde humana é pouco difundido entre os funcionários, no entanto, existe um potencial interesse por parte dos mesmos em adotar sistema de gestão para o correto descarte destes resíduos. Por fim foi possível verificar que existem algumas políticas e procedimentos de gestão destes resíduos nas unidades de ensino avaliadas, porém faltam ações e estímulos para que os resíduos sejam 100% descartados de forma correta e/ou sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduos eletrônicos, resíduos tecnológicos, e-lixo, escolas, gestão de resíduo sólido.

### ABSTRACT

The rapid cycle of consumption and disposal of equipment, resulting from the advancement of technology in recent decades, has resulted in the production of electronic waste on a large scale. The disposal of this waste as common waste, reaching landfills or/and dumps, and their irregular disposal have caused serious socio-environmental problems. The objective of this work was to carry out a survey of the scenario of electronic waste in public schools in the city of São Paulo, taking as a case study the schools in the neighborhood of Ermelino Matarazzo. This scenario encompassed the types of electronics commonly found in teaching units, their respective residues and the process of managing these residues. The degree of perception and knowledge of employees and students' interest in relation to the National Solid Waste Policy (PNRS) and the problem of irregular electronic waste disposal for the environment and human health were also analyzed. The work was developed through the application of questionnaires to the heads of the teaching units and also through *in loco* visits. The obtained data showed that the majority electronic waste in the teaching units is the components of the desktop computers (monitors, CPU and peripherals). It was also found that knowledge about the PNRS, as well as the problem of irregular electronic waste disposal for the environment and human health is not widespread among employees, however, there is a potential interest on the part of them in adopts a management system for the correct disposal of this waste. Finally, it was possible to verify that there are some policies and procedures for managing these residues in the evaluated teaching units, but there is a lack of actions and incentives for the residues to be 100% disposed of correctly and / or sustainably.

**KEY WORDS:** electronic waste, technological waste, e-waste, schools, solid waste management.



### INTRODUÇÃO

O aumento na geração e no descarte de resíduos sólidos, decorrente principalmente do processo de urbanização e do aumento da população, tem sido relacionado à diversas problemática socioambiental e tem sido o foco das políticas públicas (Ferronato e Torretta, 2019; Deus et al., 2015).

Dentre as classes de resíduos sólidos existentes, estão os eletroeletrônicos (REE), também conhecidos por resíduo tecnológico ou *e-waste*. Esses resíduos se tornaram atualmente um grande problema para o meio ambiente e a sociedade, devido às maiores taxas de consumo de equipamentos elétricos e eletrônicos e ciclos de vida curtos. Esse curto ciclo de vida vem acarretando numa maior incidência de descarte, na maioria das vezes sem destino apropriado (Kumar et al., 2017; Ilankoon et al., 2018).

De acordo com o Global E-Waste Monitor 2020, em 2019 foi gerado um recorde de 53,6 milhões de toneladas métricas (Mt) de lixo eletrônico em todo o mundo. Estima-se que a geração de lixo eletrônico até 2030 chegará a 74 Mt, tornando-o o resíduo sólido de maior crescimento no mundo. No Brasil, foram gerados 3,9 Mt de lixo eletrônico, sendo que somente 0,7% deste montante foi documentado como reciclado (Baldé et al., 2020).

De acordo com a ABNT/NBR 10.004 grande parte dos materiais englobados no lixo eletrônico é classificada como Resíduo Classe I - Perigosos (ABNT, 2004). Na ANBT/NBR 16.156 também estão estabelecidos os requisitos para proteção ao meio ambiente e também para o controle dos riscos da segurança e saúde no trabalho para as atividades de logística reversa de resíduos eletrônicos (ABNT, 2013). Esta classe de resíduo é caracterizada também por meio de quatro categorias (linhas), que são definidas pelas cores Branca, Marrom, Azul e Verde (Prefeitura de São Paulo, 2014). A Figura 1 apresenta os principais itens que compõe cada uma destas categorias.

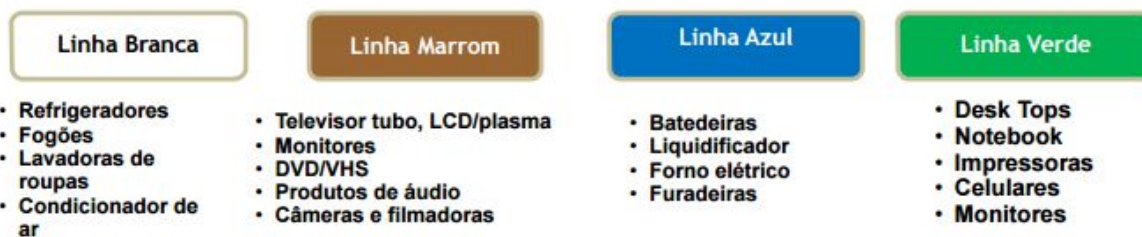


Figura 1. Agrupamento de produtos eletroeletrônicos por linhas

Os resíduos eletrônicos quando descartados ou processados de maneira incorreta e desprotegida, acarretam em um grave risco ao meio ambiente e a saúde humana, pois possuem em sua composição metais tóxicos, tais como alumínio, arsênio, berílio, bário, cobre, cromo, cádmio, chumbo e mercúrio, além de alguns outros compostos químicos como os *BFRs* (Retardantes de Chama Bromados, em inglês *Brominated Flame Retardants*) (Islam et al, 2019; Yu et al., 2017; Cristale et al., 2019).

Esses compostos resultam, em curto prazo, problemas agudos e doenças crônicas aos seres humanos, além de efeito de bioconcentração, bioacumulação e biomagnificação no meio ambiente (Yang et al., 2018; Kumar et al., 2017; Ilankoon et al., 2018). Os metais quando em contato com o solo levam à contaminação do mesmo e à sua percolação/lixiviação contaminando também águas superficiais e lençóis freáticos. Os *BFRs* quando queimados liberam toxinas danosas à atmosfera (Kumar et al., 2017; Islam et al, 2019; Yu et al., 2017; Cristale et al., 2019).

No Brasil não existe lei federal que regulamente o descarte dos resíduos eletrônicos, porém no estado de São Paulo, a Lei do Lixo Tecnológico ou Lei 13.576/09 estabelece a responsabilidade das empresas fabricantes, importadoras ou comercializadoras dos produtos tecnológicos em instituir e manter a logística reversa dos resíduos eletrônicos através da disponibilização de pontos de coleta aos consumidores (Governo de São Paulo, 2009).

Apesar da logística reversa estar estabelecida na Política Nacional de Resíduos Sólidos e prevista na Lei 13.576/09, esta prática ainda não se encontra aplicada para todos os resíduos eletrônicos do país, sendo necessária uma maior participação de todos os setores e da população para que a correta gestão destes resíduos seja efetuada.

Na cidade de São Paulo, diversas regiões não possuem implantação adequada de um sistema de gestão desses resíduos. Essa falha é notada especialmente em bairros mais populosos e afastados do centro da cidade como, por exemplo, a zona leste.

Considerando todas as problemáticas apresentadas, o presente projeto realizou um levantamento acerca do processo de gestão dos resíduos tecnológicos das escolas públicas do Ermelino Matarazzo, visando agregar conhecimento e promover a conscientização da comunidade local sobre o assunto.



### OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo fazer um levantamento do panorama dos resíduos eletrônicos nas escolas públicas da cidade de São Paulo, tendo como estudo de caso as escolas do bairro de Ermelino Matarazzo. Este panorama englobou os tipos de eletrônicos, seus respectivos resíduos e processo de gerenciamento destes resíduos nas unidades de ensino; e também, o grau de percepção e conhecimento dos funcionários e interesse de alunos em relação à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e à problemática do descarte irregular dos resíduos eletrônicos para o meio ambiente e saúde humana.

### METODOLOGIA

A partir de consulta em sites de órgãos competentes (<http://portal.sme.prefeitura.sp.gov.br/Main/School#/> e [http://www.educacao.sp.gov.br/central-de-atendimento/index\\_escolas.asp](http://www.educacao.sp.gov.br/central-de-atendimento/index_escolas.asp)) foram identificadas às dezesseis escolas públicas pertencentes ao distrito de Ermelino Matarazzo.

Os referidos diretores e/ou supervisores dessas escolas foram contatados de forma a se obter permissão e apoio para o desenvolvimento deste estudo. Devido à impossibilidade de obtenção de dados, seis destas unidades de ensino foram desconsideradas e dez englobadas no estudo.

O levantamento de dados foi realizado através da aplicação de questionários a dois grupos de participantes distintos de cada escola (alunos e/ou funcionários), no entanto, sem identificação pessoal. Visando mapear o conhecimento, percepção e interesse dos funcionários e alunos sobre o tema foi utilizado um questionário base contendo dez questões binárias e cinco questões de aprofundamento. Para obter-se uma estimativa do montante de resíduos sólidos eletrônicos gerados em cada escola utilizou-se um questionário com perguntas quantitativas e para mapear o atual cenário de gerenciamento destes resíduos em cada unidade de ensino foi aplicada uma questão descritiva. Nas escolas onde foi obtida permissão, os dados foram obtidos também através de visita *in loco*.

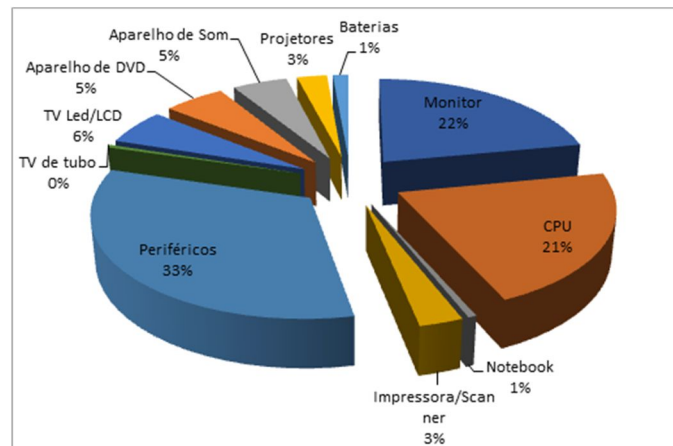
Todos os dados e informações coletados nas unidades foram tabulados e analisados. Dados duvidosos ou de pouca relevância para esse estudo foram segregados, a fim de prover um levantamento fidedigno, adequado e que cumprisse com os objetivos propostos nesse estudo.

### RESULTADOS

Através deste trabalho pretendeu-se obter um panorama geral dos resíduos eletrônicos gerados e geridos nas escolas estaduais da região de Ermelino Matarazzo. Neste panorama foram incluídos: i) mapeamento qualitativo e quantitativo dos eletrônicos e seus respectivos resíduos encontrados as unidades de ensino; ii) avaliação do grau de percepção e conhecimento dos funcionários e interesse de alunos em relação à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e à problemática do descarte irregular dos resíduos eletrônicos para o meio ambiente e saúde humana e iii) mapeamento do atual processo de gerenciamento dos resíduos eletrônicos empregado nas unidades de ensino.

#### Caracterização dos eletrônicos e respectivos resíduos das unidades de ensino

De acordo com o levantamento realizado, todas as unidades de ensino possuem em sua infraestrutura diversos equipamentos eletrônicos, para atender alunos e funcionários. Dos equipamentos mais frequentes e em maior quantidade encontram-se os componentes periféricos de computadores de mesa, representando aproximadamente 33%, seguido dos monitores e CPU (22 e 21%, respectivamente), conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2. Proporção entre os aparelhos/componentes eletrônicos nas unidades de ensino.**

Dos equipamentos e acessórios eletrônicos presentes nas unidades de ensino, aqueles que foram trocados em maior quantidade também foram os periféricos, seguidos dos monitores e CPU. Um montante  $\geq 61$  unidades de periféricos foram trocadas nos últimos 3 anos. Quanto aos monitores e CPU, cerca de 20 unidades foram trocadas no mesmo período. Isso significa que os resíduos eletrônicos destas unidades de ensino são representados, principalmente, por estes componentes de computador (monitores, CPU e periféricos).

### Percepção, conhecimento e interesse sobre PNRS e resíduos eletrônicos.

Quanto à percepção e conhecimento dos funcionários das unidades de ensino em relação a problemática do descarte irregular dos resíduos eletrônico e riscos atrelados, constatou-se que a maior parte (60%) dos envolvidos no uso e descarte dos materiais eletrônicos não tem conhecimento sobre o assunto. Dos 40% que afirmaram conhecer o tema de uma forma geral, 16% conhecem muito pouco e 12% conhecem pouco. Somente 4% consideram ter um conhecimento razoável e 8% afirmam ter um bom conhecimento. Nenhum dos participantes afirmou ter conhecimento excelente sobre o assunto.

Dos 40% que afirmaram conhecer a problemática do descarte irregular dos resíduos eletrônicos e os riscos atrelados ao meio ambiente e à saúde humana a porcentagem daqueles que conhecem pouquíssimo e pouco (8 e 16%, respectivamente) se iguala ou supera o conhecimento razoável e bom (8%).

Em relação à PNRS, dos 40% que conhecem o assunto, novamente o nível de profundidade classificado como pouquíssimo ou pouco (8 e 20%, respectivamente) se iguala ou supera consideravelmente o nível de conhecimento considerado razoável ou bom (8 e 4%, respectivamente). Nenhum participante respondeu ter muito conhecimento sobre a PNRS.

Apesar da ausência e/ou deficiência de conhecimento por parte dos funcionários da unidade de ensino foi possível observar um alto índice daqueles que consideram o descarte correto destes materiais relevante nas unidades de ensino. Do montante avaliado, 90% dos participantes julgaram que o gerenciamento de resíduos eletrônicos um tema necessário a ser trabalhado num grau de razoável (27%), bem relevante (36%) ou muito relevante (27%). Dos participantes que considera importante trabalhar o tema, nenhum considerou o tema nada ou pouco relevante.

A percepção dos funcionários em relação ao descarte do montante de resíduos sólidos eletrônicos gerados no último ano nas unidades de ensino se demonstrou unânime. Dentre os participantes, 100% consideram que os resíduos não foram completamente descartados de forma adequada.

Com relação ao interesse dos alunos constatou-se que existe potencial interesse dos alunos no assunto. De acordo com as respostas obtidas 50% possuem interesse em ações de conscientização sobre o tema de gerenciamento eletrônico na escola. Apesar de não se ter obtido respostas sobre os alunos terem “muito interesse”, observou-se que o interesse classificado como pouco (15%), razoável (10%) e bom (5%) supera a classificação “pouquíssimo interesse” (20%) e que, portanto, o estabelecimento de diretrizes de gestão, economicamente viáveis, pode ter boa aceitabilidade de implantação nestas unidades de ensino, tanto por parte dos funcionários quanto dos alunos.

### Cenário atual do gerenciamento dos resíduos eletrônicos nas unidades de ensino

A pesquisa realizada mostrou que a maior parte das unidades de ensino abordadas neste estudo (70%) realiza algum tipo de gerenciamento de seus resíduos eletrônicos. Da mesma forma 70% afirmam haver alguma política de gerenciamento dos resíduos eletrônicos por parte dos órgãos responsáveis pela gestão da escola (Prefeitura ou Governo do Estado).





Através da questão descritiva foi possível constatar que o fluxo de destinação de resíduos sólidos eletrônicos nas unidades de ensino segue basicamente o mesmo caminho.

Este fluxo é iniciado pela coleta interna na unidade, que ocorre no momento da inutilização dos eletrônicos, seguida por uma classificação deste resíduo. Esta classificação não é feita pautada nas normas NBR 10.004/04<sup>5</sup>, ou seja, na classificação dos resíduos em Classe I, Classe II A e Classe II B. A classificação é feita em função do tipo de material, ou seja, componentes periféricos (mouses, teclados e afins) geralmente são alocados juntos; monitores e televisores são agrupados em outra classe; CPU's ficam separados do restante dos materiais; e outros eventuais componentes são mantidos num agrupamento extra.

As etapas seguintes são as de acondicionamento e armazenamento, que é definida em função da classificação previamente descrita, bem como, do tipo de coleta realizada pelas equipes de limpeza urbana dos órgãos superiores. Há pouco ou nenhum conhecimento por parte dos responsáveis das unidades de ensino sobre qual a destinação desses materiais, após a retirada dos resíduos por essas equipes. Os resíduos que não estão englobados no serviço de coleta das equipes de limpeza urbana permanecem nas unidades de ensino sem destino definido.

Esse desconhecimento sobre a destinação desses resíduos eletrônicos corrobora com a percepção dos 100% dos participantes que consideram que os resíduos não foram completamente descartados de forma adequada e reforça o motivo pelo qual a maior parte dos respondentes desconhecem os riscos atrelados ao descarte incorreto desse material.

Através dos dados obtidos neste estudo foi possível constatar que atualmente não existem consideráveis ações de conscientização sobre o tema por parte das unidades de ensino ou do órgão responsável, sendo que apenas 10% das escolas afirmaram possuir alguma ação. Também não foi constatada, para os últimos cinco anos, a existência considerável de ações ou estímulos para um gerenciamento mais adequado dos resíduos eletrônicos nestas unidades de ensino. Do total de respostas, somente 10% das escolas afirmam terem tido algum tipo de ação ou estímulo desta natureza.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que os resíduos eletrônicos majoritários nas unidades de ensino são os componentes dos computadores de mesa (monitores, CPU e periféricos). Conclui-se também que o conhecimento acerca da PNRS, bem como, sobre o à problemática do descarte irregular dos resíduos eletrônicos para o meio ambiente e saúde humana é pouco difundido entre os funcionários das unidades de ensino. No entanto, existe um potencial interesse por parte dos mesmos, bem como dos alunos, em adotar sistema de gestão para o correto descarte destes resíduos. Conclui-se ainda que existem algumas políticas e procedimentos de gestão destes resíduos nas unidades de ensino avaliadas, porém falta ações e estímulos para que os resíduos sejam 100% descartados de forma correta e/ou sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **ABNT NBR 10004, 30 de novembro de 2004**. Resíduos Sólidos - Classificação.
2. [REDACTED]
3. Brasil. **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acesso: 20 de abril de 2021.
4. Deus, R. M., Battistelle, R.A.G., Silva, G.H.R. **Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências**. Engenharia Sanitaria e Ambiental. 2015, 20(4), 685–698. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522015020040129347>
5. Ferronato, N., Torretta, V. **Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues**. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019, 16(6), 1060-1087. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
6. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. **The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential**. United Nations University, 2019. Disponível em [http://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/12/GEM\\_2020\\_def\\_dec\\_2020-1.pdf](http://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/12/GEM_2020_def_dec_2020-1.pdf). Acesso: 20 de abril de 2021.
7. Governo do Estado de São Paulo. **Lei n. ° 13.576, de 06 de Julho de 2009**. Institui a Lei do Lixo Tecnológico para o Estado de São Paulo. Disponível em <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13576-06.07.2009.html>. Acesso: 20 de abril de 2021.



8. Ilankoon, I.M.S.K., Ghorbani, Y., Chong, M.N., Herath, G., Moyo, T., Petersen, J. **E-waste in the international context – A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery.** *Waste Management*. 2018, 82, 258–275. <https://doi:10.1016/j.wasman.2018.10.018>
9. Islam, A., Ahmed, T., Awual, M.R., Rahman, A., Sultana, M., Aziz, A.A., Hasan, M. **Advances in sustainable approaches to recover metals from e-waste-A review.** *Journal of Cleaner Production*. 2019, 118815. <https://doi:10.1016/j.jclepro.2019.118815>
10. Kumar, A., Holuszko, M., Espinosa, D.C.R. **E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices.** *Resources, Conservation and Recycling*. 2017, 122, 32–42. <https://doi:10.1016/j.resconrec.2017.01.018>
11. Prefeitura de São Paulo. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo, de 2 de abril de 2014.** Disponível em [www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf). Acesso: 20 de abril de 2021.
12. Yang, H., Ma, M., Thompson, J. R., Flower, R. J. **Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health.** *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2018, 72(3), 237-243. <https://doi:10.1136/jech-2016-208597>
13. Yu, D., Duan, H., Song, Q., Liu, Y., Li, Y., Li, J., Wang, J. **Characterization of brominated flame retardants from e-waste components in China.** *Waste Management*. 2017, 68, 498–507. <https://doi:10.1016/j.wasman.2017.07.033>
14. Cristale, J., Belé, T.G.A., Lacorte, S., de Marchi, M.R.R. **Occurrence of flame retardants in landfills: a case study in Brazil.** *Environmental Research*. 2019, 168, 420-427. <https://doi:10.1016/j.envres.2018.10.010>