

# RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NA MACROMETRÓPOLE PAULISTA: NORMAS E TÉCNICAS À SERVIÇO DA LOGÍSTICA REVERSA

KAUÊ LOPES DOS SANTOS<sup>1</sup>

## 1 Introdução

Desde o início do século XXI, o aumento na produção de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) tem sido objeto de análise em universidades, institutos de pesquisas, organizações governamentais e não governamentais e empresas vinculadas à cadeia de valor global de equipamentos eletroeletrônicos (EEE). Recorrentemente, essas instituições manifestam suas preocupações acerca dos variados impactos negativos que a gestão inadequada desse tipo de resíduo pode gerar para o meio ambiente e para a saúde humana.

De acordo com os levantamentos contidos no relatório *Global E-waste Monitor 2017*, no ano de 2016 foram produzidos 44,7 milhões de toneladas de REEE, o equivalente à 4,5 mil torres Eiffel (BALDE et al., 2017). Estima-se ainda que a produção desses resíduos supere os 52,2 milhões de toneladas em 2021 e chegue a 120 milhões em 2050 caso nenhuma mudança seja realizada nas dinâmicas atuais de produção, consumo e descarte de EEE (BALDE et al., 2017; PACE, 2019).

Ainda na composição desse cenário, o relatório aponta que apenas 20% dos REEE são processados de forma adequada, de modo que os 80% restantes seriam comercializados, despejados e manuseados em condições de ilegalidade e informalidade, sobretudo em cidades localizadas no Sul Global (UNEP, 2015; BALDE et al., 2017).

De modo geral, os REEE podem ser categorizados em seis grupos: I) equipamentos de mudança de temperatura, como geladeiras, congeladores, ar-condicionado e aquecedores; II) telas e monitores, como aparelhos de televisão, monitores, computadores (*laptop* e

---

1. O autor agradece o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) no financiamento de sua pesquisa de pós-doutorado (Processo n. 17/22067-0). O trabalho é parte das atividades dos autores no projeto temático em andamento, "Governança ambiental na Macrometrópole Paulista, face à variabilidade climática", processo nº 15/03804-9, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e vinculado ao Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais. Kauê Lopes dos Santos é doutor em Geografia Humana pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Atualmente, o autor é pesquisador de pós-doutorado no Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP), São Paulo/SP, Brasil. E-mail: kaue.santos@usp.br . ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9996-1079>.

*desktop*) e *tablets*; III) lâmpadas de todos os tipos; IV) grandes equipamentos, como máquinas de lavar, secadoras de roupa, fogões elétricos, grandes impressoras, grandes copadoras e painéis fotovoltaicos; V) pequenos equipamentos, como aspiradores de pó, fornos de microondas, ventiladores, torradeiras, barbeadores elétricos, calculadoras, equipamentos de rádio, câmeras de vídeo, brinquedos eletroeletrônicos, instrumentos eletroeletrônicos e equipamentos médicos e; VI) pequenos equipamentos de TI e de telecomunicações, como telefones móveis, aparelhos de GPS, calculadoras de bolso, roteadores, impressoras, etc. (BALDE et al., 2015).

A gestão inadequada desse tipo de resíduo pode ser extremamente nociva ao meio ambiente e à saúde humana. Isso se deve ao fato de que muitos EEE possuem elevada concentração de substâncias tóxicas em sua composição, como arsênio, cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, zinco, dentre outros (HUANG et al., 2014). Independentemente do fato de que aproximadamente 65% da população mundial esteja protegida por normas adequadas à gestão dos REEE, em alguns bairros de periferias urbanas africanas, asiáticas e latino-americanas são comuns o desmantelamento manual dos equipamentos eletroeletrônicos, a queima de sua fiação a céu aberto, a dissolução de sucata por meio de soluções ácidas (SANTOS, 2018), dentre outras técnicas rudimentares e pouco capitalizadas que intensificam a poluição do ar, dos corpos hídricos (superficiais e subterrâneos), do solo e da vegetação, ao mesmo tempo em que potencializam a ocorrência de diversas doenças nos trabalhadores e moradores das áreas em questão.

Em paralelo aos malefícios socioambientais que pode gerar, a reciclagem de REEE – comumente denominada mineração urbana – pode ser entendida também como uma manifestação da chamada logística reversa. Por mais que muitos ajustes normativos e técnicos devam ser feitos, calcula-se que esses resíduos possam gerar uma economia de aproximadamente 65 bilhões de dólares por ano (PACE, 2019). Os recursos naturais que possuem as maiores taxas de reciclagem (acima dos 50%) quando obtidos a partir dos REEE são: alumínio, titânio, cromo, manganês, ferro, cobalto, níquel, cobre, zinco, nióbio, paládio, prata, estanho, rênio, platina, ouro e chumbo (PACE, 2019).

Junto à logística reversa, também está posta a potencialidade da reciclagem de REEE para o desenvolvimento da economia circular, cuja premissa é empregar o reuso e a reciclagem de resíduos – especialmente recursos minerais – no próprio processo de manufatura, estabelecendo assim uma cadeia produtiva fechada e não linear. Por mais que essa noção já tenha aparecido na década de 1960 – no ensaio *The Economics of the Coming Spaceship Earth* de Kenneth Boulding (BOULDING, 1966) –, ela se formaliza como conceito à partir do livro *Economics of Natural Resources and Environment*, escrito por David Pearce e Kerry Turner na década de 1980 (PEARCE; TURNER, 1990).

Assim, a partir do levantamento dessas premissas, o objetivo deste artigo é analisar as condições normativas e técnicas nas quais a reciclagem de REEE ocorre em uma das áreas urbanas mais dinâmicas do território brasileiro: a Macrometrópole Paulista (MMP). Nesse espaço geográfico, vivem aproximadamente 33 milhões de habitantes que possuem múltiplas formas de acessar EEE e, conseqüentemente, de gerar resíduos a partir de seu consumo. Isso em um contexto no qual o Brasil foi, em 2016, o segundo maior produtor de REEE nas Américas, com uma produção de 1,5 milhão de toneladas, ficando atrás

apenas dos Estados Unidos (cuja produção chegou aos 6,3 milhões de toneladas) (BALDE et al., 2017).

Os procedimentos metodológicos empregados para viabilizar o objetivo deste estudo pautaram-se, fundamentalmente, no levantamento e análise de diversas fontes secundárias – como artigos, livros, dissertações e teses produzidas em diferentes áreas das ciências sociais e da natureza acerca da reciclagem de REEE no Brasil e no mundo – e também na análise de leis, como o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo e o Acordo Setorial para implantação de sistema de logí a reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes, que, até agosto de 2019, ainda se encontrava em estágio de análise e discussão.

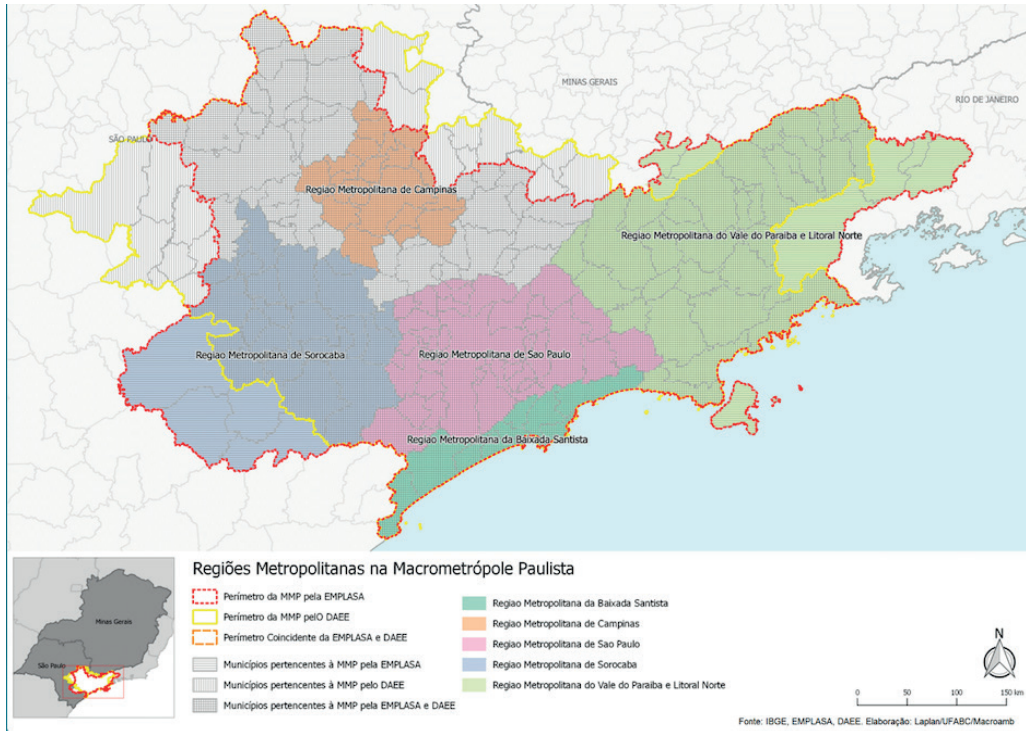
Houve ainda, no primeiro semestre de 2019, um levantamento de informações institucionais de 28 empresas que reciclam REEE na região da MMP, as quais foram obtidas em seus próprios sítios eletrônicos. Nesse levantamento, foi possível identificar alguns aspectos importantes acerca desses empreendimentos, como: localização, história, origem do capital utilizado (nacional ou estrangeiro), aspectos técnicos relacionados ao processamento dos resíduos e eventuais parcerias que estabelece com outras atividades econômicas. Assim, a partir da combinação entre esses procedimentos, foi possível levantar importantes aspectos das condições normativas e técnicas que possam garantir a logística reversa e a economia circular dos REEE na Macrometrópole Paulista.

## 2 A Macrometrópole Paulista e a produção de resíduos

Complexa e multifacetada, a Macrometrópole Paulista (MMP) reúne em sua extensão de 53,4 km<sup>2</sup> 174 municípios – o equivalente a 50% da área urbanizada paulista – onde residem 74,7% da população do estado, responsáveis pela geração de 81,9% do Produto Interno Bruto (PIB) paulista no ano de 2018 (EMPLASA, 2019). Trata-se de um espaço geográfico no qual se vislumbra um novo patamar de integração territorial marcado pela intensificação de fluxos de mercadorias, pessoas, serviços ecossistêmicos, vulnerabilidades e informação, tendo como centro polarizador a capital paulista. Tem-se, portanto, uma realidade marcadamente complexa tanto em termos institucionais quanto físico-territoriais (JACOBI, 2013).

A região em questão tem se tornado cada vez mais estudada e debatida na comunidade científica, especialmente por geógrafos, sociólogos, urbanistas e ambientalistas (JACOBI; CIBIM; LEÃO, 2015; RICHTER; JACOBI, 2018; TAVARES, 2018; PAS-TERNACK; BOGUS, 2019), que debruçam seus esforços de análise sobre as múltiplas manifestações socioambientais da área em questão.

## Mapa 1 – A Macrometrópole Paulista



Fonte: IBGE, EMLASA, DAEE. Elaboração: Laplan/UFABC/Macroamb, 2019.

Como principal centralidade econômica de um país do Sul Global que passou por um consistente processo de industrialização entre as décadas de 1930 e 1980 (FURTADO, 1976; RANGEL, 1985; MAMIGONIAN, 1999), a MMP é também o principal mercado consumidor do Brasil, não apenas por sua quantidade de consumidores, mas também por sua diversidade. Desde o início do século XXI, o consumo foi dinamizado em todo o país em função das políticas de distribuição de renda – à exemplo do Bolsa Família – e da capilarização de produtos de crédito para as populações de baixa renda, que aumentaram significativamente o montante do consumo de equipamentos eletroeletrônicos, especialmente nas áreas urbanas (SANTOS, 2017). Somadas às variáveis de expansão da renda familiar e do acesso ao crédito, o consumo teve seu crescimento associado também ao encurtamento do ciclo de vida dos EEE – estratégia denominada obsolescência programada (BULLOW, 1986) – e à publicidade, dados fundamentais da denominada sociedade de consumo (BAUDRILLARD, 1995).

Diante desse contexto de dinamização do consumo de EEE (SANTOS, 2017) viabilizou-se também o aumento de seu descarte e a produção de resíduos. Dado a inexistência de um indicador específico para mensurar a produção e a reciclagem de REEE no Brasil, faz-se necessário utilizar dados acerca da produção e reciclagem de resíduos sólidos.

Na MMP, estima-se que sejam geradas mais de 30 mil toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos, ou seja, aproximadamente 78% do total do estado de São Paulo. Ainda mais alarmante é o fato de apenas uma pequena parcela desse montante (cerca de 190 t/dia) ser destinada à reciclagem (ESTADO DE SÃO PAULO, 2014). Assim, diante desse quadro, interessa aqui compreender os aspectos normativos e técnicos relativos à gestão dos REEE na MMP e como eles estão dispostos à serviço da logística reversa.

### 3 Os aspectos normativos acerca da gestão dos REEE na Macrometrópole Paulista

Nas últimas décadas, a gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos foram objeto de normatização na medida que estes integraram os grupos dos resíduos perigosos e/ou dos resíduos sólidos.

Na escala internacional, os REEE ganharam atenção especial a partir da Convenção da Basileia, ocorrida em 1989 na Suíça. Ratificada em 1992, o Tratado da Convenção da Basileia tornou-se o marco internacional no que tange a movimentação e disposição de resíduos perigosos entre nações e, mais especificamente, entre as nações desenvolvidas e aquelas em desenvolvimento (BASEL CONVENTION, 1989).

Outras convenções também tiveram como objetivo a redução e o controle do fluxo transfronteiriço de resíduos perigosos, tais como a Convenção de Bamako (Mali, 1991), a Convenção de Roterdã (Holanda, 1998) e a Convenção de Estocolmo (Suécia, 2001) (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2015). O Brasil foi um dos signatários do Tratado da Convenção da Basileia, explicitando internacionalmente sua coerência diante da Constituição de 1988, na qual manifestou-se a necessidade de proteção ao meio ambiente, o combate à poluição e o direito de todos brasileiros,

ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988, s/p).

Contudo, foi a partir de 1999, com a aprovação da Proposição CONAMA 259 – intitulada *Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos* – foram dados passos mais sólidos referentes à normatização da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Por mais que a proposição não tenha sido publicada na época, ela suscitou um conjunto de debates que culminaram no desenvolvimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei No. 12.305 de 2 de agosto de 2010.

Mais do que proibir a importação de resíduos perigosos, a PNRS, dispõe de princípios, objetivos e instrumentos, bem como de diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

No âmbito dos instrumentos, pode-se observar que:

Os instrumentos apresentados na PNRS para a sua implementação incluem os planos de resíduos sólidos, inventários e sistema declaratório anual de resíduos (SINIR), a coleta seletiva, a logística reversa dos bens de consumo e suas embalagens e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, bem como os incentivos fiscais, financeiros e creditícios (FREITAS; BESEN; JACOBI, 2017: 25).

Os Planos de Resíduos Sólidos, em tese, devem conter:

[...] diagnóstico, proposição de cenários, metas de redução, reutilização e reciclagem, recuperação energética, eliminação e recuperação dos lixões, associadas à inclusão social de catadores de materiais recicláveis na coleta seletiva, programas, projetos e ações para o atendimento de metas previstas, entre outros aspectos. Estes se aplicam à esfera nacional, estadual, municipal e para os grandes geradores de resíduos, isto é, empreendimentos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, volume ou composição, não estejam equiparados aos geradores de resíduos domiciliares pelo poder público, com conteúdo mínimo exigível. (FREITAS; BESEN; JACOBI, 2017: 26).

Com base no relatório do Tribunal de Contas da União (TCU), Freitas, Besen e Jacobi (2017) revelam que a não publicação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos faz com que a PNRS fique esvaziada de prioridades, metas ou indicadores, desestimulando a produção dos planos nas escalas estadual e municipal. Contudo, esse não é o caso do estado de São Paulo, unidade federativa da MMP. Como desdobramento da PNRS – e compartilhando dos mesmos princípios, objetivos e instrumentos – o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo foi concebido através da articulação entre a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA) e outros órgãos estaduais sob coordenação da Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) (ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

Partindo de um panorama acerca da situação de gestão dos resíduos sólidos no estado, o plano elaborou um estudo regionalizado – fazendo inferências à MMP, apesar considerar fundamentalmente as regiões metropolitanas – e uma proposição de arranjos Intermunicipais, com o objetivo de propiciar uma “descentralização de políticas públicas voltadas à gestão dos resíduos sólidos e o compartilhamento de serviços e atividades de interesse comum aos municípios” (ESTADO DE SÃO PAULO, 2014, p.5), garantindo, com isso, a otimização dos recursos e a geração de economia de escala. Além disso, o plano estabelece uma proposição de cenários e levanta diretrizes, metas e ações, que “[...] tratam de estratégias a serem adotadas ao longo de dez anos para assegurar a implementação do Plano Estadual, norteadas pela obrigatoriedade de adoção da hierarquização na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos – não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada dos rejeitos” (ESTADO DE SÃO PAULO, 2014, p.5).

Para além dos planos de resíduos sólidos, outro instrumento intimamente relacionado à gestão de REEE é a logística reversa, que, segundo a PNRS, é um:



Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, art. 3º).

Junto à responsabilidade compartilhada, esse instrumento objetiva o desenvolvimento da economia circular na medida em que implica a formulação de ações e procedimentos destinados não apenas à reciclagem dos resíduos sólidos, mas também em sua reinserção na indústria, o que se aplica diretamente aos REEE que possuem, conforme já dito, numerosos recursos passíveis de serem reciclados e reinseridos nas cadeias de valor global.

No caso de REEE, cabe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes implantar sistemas de logística reversa, independente do serviço público, de modo que “estes sistemas podem operar sob a forma de compra de produtos ou embalagens usadas, disponibilização de pontos de entrega voluntária, atuando em parceria com cooperativas de catadores” (FREITAS; BESEN; JACOBI, 2017, p.27-28). A política ainda prevê como instrumento incentivos fiscais, financeiros e creditícios que, em tese, estimularia a cadeia de valor global de reciclagem dos resíduos sólidos de modo geral.

Usualmente, os aspectos normativos que têm dificultado a gestão de REEE no Brasil, e que recaem sobre a MMP, são as diferentes maneiras de enquadrar os materiais (na forma de produtos, resíduos ou rejeitos; e se considerados perigosos ou inertes), o que ocasiona diferentes obrigações de segurança ambiental e laboral – incluindo a exigência de licenciamento dos pontos de recebimento, a fiscalização sobre seu transporte, o uso de equipamentos de proteção, a eventual remuneração por insalubridade e outras (ABDI, 2013, p. 48). Para além disso, a responsabilidade compartilhada gera atrasados no fechamento de acordos intersetoriais, por mais que o instrumento seja importante por colocar em contato diferentes esferas socioeconômicas e políticas. Soma-se a esses fatores a não implementação de isenções fiscais ou subsídios às empresas recicladoras.

Até o final de agosto de 2019, esteve sob consulta pública o Acordo Setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. Na elaboração do acordo estiveram presentes não apenas o Estado (por meio do Ministério do Meio Ambiente), como também as empresas fabricantes e distribuidoras de EEE, além de empresas de softwares de tecnologia da informação. Em linhas gerais, o objeto do acordo é a estruturação, implementação e operacionalização do Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de uso doméstico colocados no mercado nacional. Nele, está previsto a articulação entre Estado, empresas produtoras e distribuidoras de EEE e empresas gestoras (recicladoras) de REEE. Ainda é necessário aguardar os desdobramentos relativos à aprovação do acordo, bem como à sua implementação.

Diante desse quadro normativo, que apresenta avanços e pontos para serem aprimorados, interessa agora caracterizar os aspectos técnicos da cadeia de valor global de reciclagem dos REEE na MMP, onde se concentra a maioria das empresas recicladoras de eletrônicos do território brasileiro.

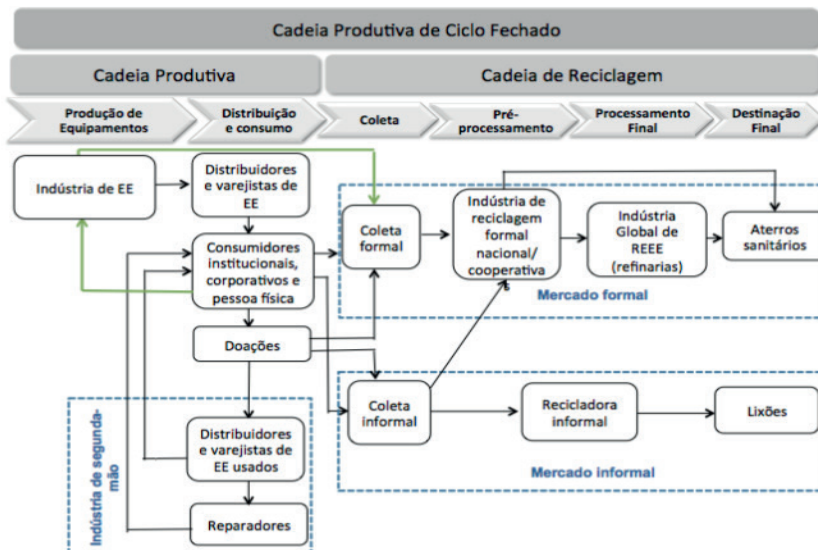
## 4 Os aspectos técnicos acerca da gestão dos REEE na Macrometrópole Paulista

Os aspectos normativos da gestão de REEE – que integram as leis e planos referentes aos resíduos sólidos – revelam os princípios, os objetivos e alguns dos instrumentos pelos quais pode-se estabelecer a logística reversa no setor dos eletroeletrônicos no território brasileiro, no estado de São Paulo e, portanto, na Macrometrópole Paulista. Contudo, é fundamental se debruçar também na análise dos aspectos técnicos relativos à gestão desse tipo de resíduo, pois isso é o que permite compreender como os atores – especialmente as empresas de reciclagem – envolvidos na cadeia de valor global do REEE operam.

Em um esforço sintético, Mazon (2014) desenvolveu um fluxograma da cadeia de reciclagem do REEE (Fluxograma 1), articulando-o à cadeia produtiva dos EEE. Essa associação se faz necessária dada a possibilidade de desenvolver a economia circular no setor em questão, já que as matérias-primas recicladas a partir do REEE – ou as *recommodities* (SANTOS, 2018) – são capazes de ser utilizadas na manufatura de novos EEE.

Esse fluxograma permite identificar a existência de três universos relativamente articulados que se encontram nas etapas de pós-consumo dos EEE. O primeiro deles é o universo da indústria de segunda-mão, composto por diversas atividades de reparo e conserto que expandem a vida útil dos produtos eletroeletrônicos após seu uso e os reinserem no mercado. No Brasil, essas atividades se traduzem por oficinas, lojas de reparo e assistências técnicas que operam em diferentes níveis de organização e de capitalização.

**Fluxograma 1** – Cadeia produtiva de ciclo fechado dos EEE e REEE



\* Cumprem etapas anteriores à produção de equipamentos eletroeletrônicos o setor primário e os fornecedores intermediários.

Fonte: Elaboração própria (2013).

Fonte: Mazon, 2014.

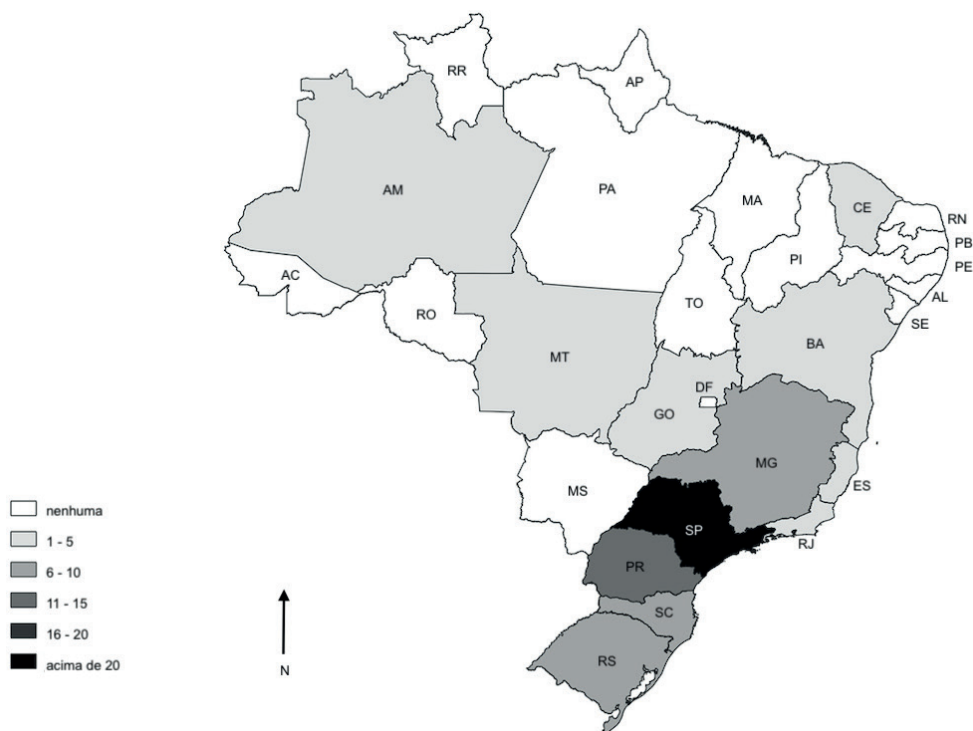


No âmbito da cadeia de reciclagem, Mazon estabelece a distinção fundamental entre os universos formal e informal: enquanto o primeiro comporta a coleta (tanto formal quanto informal) que destina os resíduos para empresas recicladoras no país e que, na sequência, exportam os resíduos parcialmente reciclados para outras indústrias e os rejeitos para aterros sanitários; o segundo compreende a coleta e a reciclagem informal de REEE, com a disposição de eventuais rejeitos em lixões. A análise das condições técnicas de reciclagem de REEE contidas neste artigo se direciona especificamente ao universo formal, mais especificamente o das empresas de reciclagem.

No Brasil – maior produtor de REEE da América Latina – operam mais de 90 empresas (formais) de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (ABDI, 2013). Tais empresas possuem diferentes níveis de capitalização, os quais são perceptíveis pelo tipo de maquinário que utilizam (e pela sua renovação) e pela quantidade e qualidade da formação dos trabalhadores que empregam.

A distribuição das empresas de reciclagem de REEE ocorre de forma marcadamente heterogênea no território nacional: a maior parte delas (37) opera no estado de São Paulo, conforme revela o Mapa 2. A segunda Unidade Federativa com a maior concentração de recicladoras desse tipo de resíduo é o Paraná (15), seguido pelo Rio Grande do Sul (10), Minas Gerais (9) e Santa Catarina (9).

Mapa 2 – Distribuição das recicladoras de REEE no Brasil



Fonte: Elaboração do autor com base em ABDI, 2013.

A partir do levantamento de informações institucionais obtidas nos endereços eletrônicos de 28 empresas de reciclagem de REEE<sup>2</sup> que atuam na MMP, foi possível dimensionar diferentes aspectos econômicos acerca da atuação desses empreendimentos na região. Nesse cenário, predomina o capital nacional (Essencis, Reversis, Ativa, Silcon, Tecori, Lorene, Copermiti, Suzaquim, Ecobraz, Sucata Digital, Reciclagem Certa dentre outras), apesar da presença de plantas de reciclagem que são filiais de multinacionais estrangeiras do setor, como a belga Umicore, que possui fábricas em Guarulhos (Região Metropolitana de São Paulo), em Americana (Região Metropolitana de Campinas) e em Manaus (em função da proximidade à Zona Franca, polo de produção de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil), a Cintitec (empresa estadunidense com filial em Osasco) e a Cimelia (empresa chinesa com filial em Campinas).

A maioria das empresas de reciclagem de REEE estão localizadas nos bairros periféricos (das regiões leste e sul) da cidade de São Paulo ou nos municípios de sua Região Metropolitana (Guarulhos, Mauá, Osasco, Santo André e São Bernardo). Há também uma concentração na Região Metropolitana de Campinas (Campinas, Americana, Nova Odessa), porém notoriamente menos expressiva, como revela o Mapa 3, a seguir.

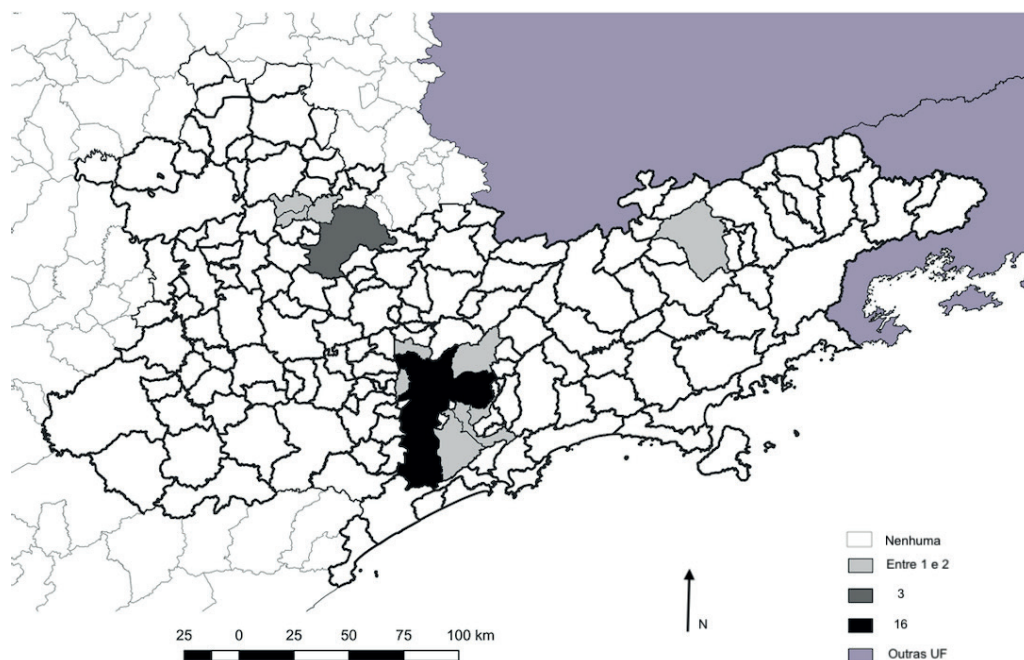
A localização dessas empresas pode ser explicada pela proximidade da matéria-prima que, nesse caso, são os resíduos produzidos pelo amplo e heterogêneo mercado consumidor e por empresas do setor secundário (atividades industriais) e terciário (atividades comerciais e de serviços) localizadas nas aglomerações urbanas da MMP.

Deve-se observar que, desde o início do século XXI, até mesmo as classes sociais de menor poder aquisitivo, aquelas que habitam as periferias urbanas, passaram a comprar mais equipamentos eletroeletrônicos. Ao analisar a pobreza urbana contemporânea na cidade de São Paulo, Santos explica que esse processo de transformação do padrão de consumo na periferia paulistana decorre de uma capilarização do sistema financeiro, de modo que o surgimento de diversas modalidades de crédito e crediário – associados à obsolescência programada das mercadorias e a publicidade sobre as mesmas – estimularam o aumento da prática de consumo de bens materiais (SANTOS, 2017).

---

2. As 28 empresas analisadas foram: Umicore (com 2 plantas), Essencis, Cimela, EcoVallore, Reversis, Ativa, Silicon (com 2 plantas), Vertas, Descarte Certo, Cintitec, Tecori, Coopermiti, Lorene, RecicloAmbiental, San Lien, SIR Company, Sucata Digital, Eco Computadores, Global, EcoBraz, Reciclagem Certa, Hequiple, Recycare, Interamerican, Suzaquim, Ecotronics.

### Mapa 3 – Distribuição das recicladoras de REEE na Macrometrópole Paulista



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

Esse entendimento sobre a realidade paulistana pode ser transbordado para a MMP, haja visto o acesso que a população urbana na região possui às instituições financeiras e ao comércio varejista. Assim, é possível identificar a importância da região como produtora de resíduos de equipamento eletroeletrônicos.

Soma-se ainda o fato de que a MMP adensa numerosas atividades industriais, comerciais e de serviços, dado que pode ser traduzido pelo fato de que a região chegou a produzir um PIB de 1,6 trilhões de reais em 2016 (EMPLASA, 2019). Tais atividades fazem uso de diversos equipamentos eletroeletrônicos, os quais são descartados na medida em que os empreendimentos renovam seus instrumentos e maquinários.

Uma vez existente o REEE, a sua coleta corresponde à primeira etapa da cadeia de valor global analisada. Essa atividade geralmente é feita por empresas privadas (que muitas vezes são as próprias empresas recicladoras), associações e cooperativas de catadores e também catadores independentes. É importante mencionar que, como parte da lógica da responsabilidade compartilhada, recentemente, foram ampliadas a implementação de postos de coleta sob responsabilidade de indústrias e associações do setor de EEE.

Uma vez feita a coleta,

Os materiais separados são comercializados para intermediários (conhecidos popularmente, no Brasil, como sucateiros e atravessadores) que fazem o elo entre as cooperativas populares (ou mesmo os

catadores individuais), pequenas e médias empresas e as indústrias de reciclagem. Assim, cabe às grandes empresas [de reciclagem] a determinação dos preços dos materiais sucataados. (GIGANTE, 2016: 52).

No entanto, a oferta instável de matéria-prima tem sido um dos maiores problemas para as empresas recicladoras de REEE que operam no Brasil. Essa instabilidade é ocasionada pela alta informalidade e pela logística ineficiente da etapa de coleta. Segundo a ABDI:

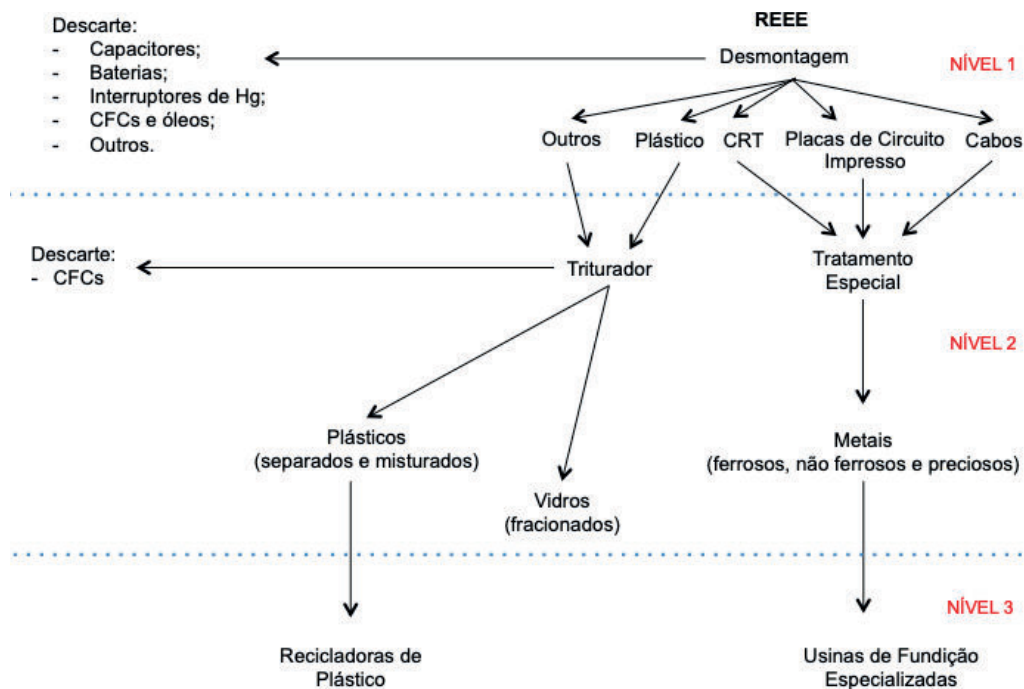
Em decorrência da escala ainda relativamente reduzida, faltam também ao setor as condições de investir em tecnologia de ponta. Por esse motivo, o que existe no país em termos de separação e tratamento de insumos nobres de REEE tem baixa eficiência quando comparado com tecnologias existentes em outros países. Parte considerável dos REEE gerados no Brasil precisam ser exportados para o devido tratamento. Existem empresas cuja operação no país se limita à separação e moagem do material, que posteriormente será processado em plantas na Ásia. Um levantamento realizado no sistema Aliceweb apontou que em 2011, um volume superior a 20 mil toneladas de resíduos potencialmente originados de equipamentos eletroeletrônicos, foram exportados a partir do Brasil (ABDI, 2013: 37).

Uma das estratégias encontradas por algumas recicladoras para viabilizar a entrada de matéria-prima em suas plantas de processamento de resíduos é estabelecer parcerias com empresas do setor manufatureiro, varejistas, de serviços ou mesmo com oficinas de assistência técnica (conserto): a Tecori, por exemplo, está localizada Vale do Paraíba (em Pindamonhangaba) e recebe resíduos de empresas como Siemens, Petrobrás, Alstom, GM, AES Brasil, Volkswagen, Pirelli, Bunge, Votorantim, CSN, Embraer, Vale, Unilever, Alcoa dentre outras; a Descarte Certo, por sua vez, está localizada em Nova Odessa (Região Metropolitana de Campinas) e recebe resíduos de empresas como Carrefour e Ricardo Eletro.

Dado que, mesmo com a adoção dessa estratégia, a entrada de matéria-prima ainda não preenche toda a capacidade produtiva de muitas empresas, as mesmas diversificam suas atividades como forma de aumentar a receita. Assim, são comuns atividades complementares, como reciclagem de outros tipos de resíduos – como hospitalares, resíduos sólidos urbanos comuns – para além de oferecer consultoria ambiental para empresas, etc. (MAZON, 2014).

Após a coleta dos REEE, dá-se início à atividade de reciclagem por essas empresas. De acordo com o Manual de Gestão do REEE, haveria três fases de processamento desse tipo de resíduo, as quais poderiam ser sintetizadas no fluxograma que segue (Fluxograma 2).

## Fluxograma 2 – Esquema dos níveis de tratamento dos REEE



Fonte: Elaboração do autor com base em UNEP, 2007: 48

O primeiro nível consiste na entrada dos REEE coletados. Após uma triagem que classifica os resíduos segundo a presença de componentes para reuso/reciclagem ou a presença de componentes com substâncias perigosas (que irão exigir processos de segurança específicos), dá-se início a desmontagem, que pode ocorrer de forma manual ou mecanizada. Dessa etapa são descartados óleos, CFC, interruptores de mercúrio, baterias e capacitadores, ao mesmo tempo em que plásticos, cabos, placas de circuito impresso e CRT (aparelhos televisões de cubo), enquanto os demais REEE desmontados são conduzidos para o segundo nível.

No segundo nível existem maquinários responsáveis pela trituração de REEE já desmantelados (especialmente do plástico). Outros maquinários dão conta do tratamento especial relativo à trituração de metais ferrosos, metais não ferrosos e metais preciosos. Segundo Mazon:

As operações presentes neste segundo estágio são: i. moinho de martelo; ii. retalhamento; iii. e processos de tratamento especiais, como tratamento de CRT, separação eletromagnética, separação por centrifugação e separação por densidade (UNEP, 2007). O moinho de martelo e o retalhamento reduzem o tamanho das frações de REEE para que, em seguida, o material triturado seja separado de acordo com sua densidade, tamanho e propriedades magnéticas. A eficiência das

operações determina a taxa de recuperação de metal que será obtida no nível tecnológico seguinte (MAZON, 2014: 46)

Desse nível saem frações de plásticos, metais ferrosos, não ferrosos (como o cobre e o alumínio) e preciosos (como o ouro, a prata e o paládio), os quais serão destinados ao próximo nível (UNEP, 2007; MAZON, 2014).

Por fim, no terceiro nível, essas frações passam por processos específicos relativos às condições físico-químicas do próprio material, de modo que se destaca a utilização de técnicas pirometalúrgicas (com altas temperaturas em fornos de fundição), hidrometalúrgicas (que utilizam ácidos e soluções aquosas de soda caustica) e eletro-metalúrgicas (que utilizam corrente elétrica) (MAZON, 2014).

Contudo, os estudos de Mazon (2014), Gigante (2016), e Demajorovic, Augusto e Souza (2016) apontam para as limitações do setor, dado que as empresas situadas no Brasil não realizam a totalidade do processo de reciclagem no território nacional. Segundo Mazon:

[...] as instalações de tratamento de REEE no Brasil são constituídas apenas pelo primeiro nível de tratamento (separação e desmantelamento manual) e, de forma restrita, pelo segundo nível de tratamento (algumas etapas de pré-processamento automatizadas), enquanto que o terceiro nível (tratamento de metais) está geograficamente localizado em outros países, na maior parte dos casos, desenvolvidos (MAZON, 2014: 89).

Nenhuma dessas empresas operam em todas os níveis de reciclagem em função de suas condições técnicas (ausência de maquinários adequados), as quais decorrem do seu próprio nível de capitalização, dado que os maquinários – especialmente para tratamento de metais – são custosos (importados principalmente da Alemanha, Bélgica, Itália, Suécia e Japão) (GIGANTE, 2016).

As empresas multinacionais que operam no Brasil – que são suficientemente capitalizadas para estabelecer o ciclo completo da cadeia de valor do REEE em território nacional – optam por não efetuar às últimas etapas de reciclagem no país, exportando os resíduos já parcialmente processados para suas fábricas localizadas em outras partes do mundo, especialmente em países desenvolvidos.

Revela-se, assim, uma capacidade ociosa na cadeia de valor global dos REEE que atuam na MMP: ao optar em fazer o terceiro nível do processamento do REEE fora do território brasileiro, o capital externo deixa livre um promissor nicho de mercado para o desenvolvimento do capital nacional atuante na reciclagem de REEE. Seria necessário, para tanto, investimentos na custosa tecnologia capaz de efetuar o processamento da terceira etapa de reciclagem. Essa possibilidade de implementação de uma logística reversa completa seria fundamental para garantir o desenvolvimento da economia circular na MMP, garantindo assim, uma maior sustentabilidade na extração de recursos naturais do meio ambiente e, ao mesmo tempo, reduzindo a emissão de resíduos para aterros sanitários, indo em confluência às premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos.



## 5 Considerações finais: desafios e possibilidades rumo a logística reversa.

O crescimento na produção de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos nas primeiras décadas do século XXI representa uma manifestação concreta da sociedade de consumo. No Brasil, a Macrometrópole Paulista figura como principal centralidade econômica do país e é também a região onde se concentra o maior e mais diversificado mercado consumidor do país, além de concentrar também a maior produção de resíduos sólidos e a maior parte das empresas recicladoras de REEE.

Contudo, são numerosos os desafios existentes para viabilizar a logística reversa dos REEE na MMP e no Brasil. Embora esse instrumento esteja previsto legalmente na Política Nacional de Resíduos Sólidos e no Plano Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo, os maiores empecilhos à sua implementação são: i) a inconsistência na classificação do REEE, o que ocasiona problemas no âmbito da definição de obrigações de segurança ambiental e laboral com relação à sua reciclagem; ii) a responsabilidade compartilhada na gestão, que gera atrasos no fechamento de acordos Inter setoriais, fundamentais para o funcionamento da cadeia; iii) a não implementação de isenções fiscais ou subsídios às empresas recicladoras (como previsto na lei); iv) a ineficiência dos canais de coleta de REEE e para as empresas recicladoras; v) o não fechamento do ciclo de reciclagem no território nacional, visto que as empresas brasileiras não detêm a tecnologia da terceira etapa do processamento de REEE, ao passo que as estrangeiras decidem executar essa etapa fora do país.

Ao mesmo tempo em que esses desafios estão postos, deve-se chamar a atenção ao enorme potencial que uma gestão adequada e eficiente de REEE na MMP pode oferecer à economia da região, bem como ao meio ambiente e à saúde humana. As possibilidades rumo à logística reversa devem ser construídas mediante a análise pontual dos desafios que estão postos na atualidade. Existe ainda espaço para que os diferentes atores dessa cadeia de reciclagem construam iniciativas e empreendimentos que permitam não apenas tencionar a implementação das leis, mas também viabilizar a criação de canais de coleta eficientes de REEE e de absorção de tecnologias que permitam – dentro de condições ambientais e de trabalho adequadas – fechar o ciclo de reciclagem desse resíduo em território nacional e reintegrar sua mercadoria (as matérias-primas minerais recicladas) nas fases iniciais das cadeias de valor global dos EEE, viabilizando, assim, a economia circular.

### Referências bibliográficas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 2013. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília: ABDI. Disponível em: <[http://www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%20reversa%20de%20residuos\\_.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%20reversa%20de%20residuos_.pdf)> Acesso em: 20 mai. 2019.

BALDÉ C. P., et. al. **The global e-waste monitor – 2014**: quantity, flows and resources. Bonn: United Nations University, IAS-SCYCLE, 2015.

BALDÉ, C. P., et. al. **The Global E-waste Monitor – 2017**, Bonn/Geneva/Vienna: United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), 2017.

BASEL CONVENTION. **Basel Convention on the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal**. 1989. Disponível em: <<https://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-e.pdf>> Acesso em: 2 jun. 2019.

BAUDRILLARD, J. **A sociedade de consumo**. Rio de Janeiro, 1995.

BOULDING, K. **The economics of Coming Spaceship Earth**. 1966. Disponível em: <<http://www.ub.edu/prometheus21/articulos/obsprometheus/BOULDING.pdf>> Acessado em: 2 ago. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm).> Acesso em: 10 jun. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei Federal 12.305. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)> Acesso em: 10 jun. 2019.

BULLOW, J. “An economic theory of planned obsolescence”. In: **The Quarterly Journal of Economics**. Vol. 101. P. 729-749, 1986.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E SOUZA, M.T. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente e Sociedade**. Vol.19. N.2. São Paulo, Abr./Jun. 2016.

EMPLASA – EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO MEROPOLITANO: Disponível em: <<https://www.emplasa.sp.gov.br/RMSP>> Acesso em 10 mai. 2019.

ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2014.

FREITAS, L; BESEN, G e JACOBI, P. R. “Panorâma da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos: resíduos urbanos”. In: FREITAS, L; BESEN, G e JACOBI, P. R. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: implementação e monitoramento de resíduos urbanos**. São Paulo: IEE USP: OPNRS, 2013.

FURTADO. **A economia latino-americana**. São Paulo: Nacional, 1976.

GIGANTE. L. C. **Inserção brasileira na cadeia global de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE)**. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014

HUANG, J. et. al. E-waste disposal effects on the aquatic environment: Accra, Ghana. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**. Volume 229, 2014, p.19-34.

JACOBI, P. R. “São Paulo metrópole insustentável – como superar esta realidade?”. **Cadernos Metrópole**, 15 (29), 2013. pp. 219-239.

JACOBI, P. R., CIBIM, J. e LEÃO, R. S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. *Estudos Avançados*. v.29.n.84. São Paulo, Maio, 2015.

MAMIGONIAN, Armen. “Teorias sobre a Industrialização brasileira”. In: **Cadernos geográficos**. N. 2. Florianópolis, Maio, 1999.

MAZON, M. T. **Políticas de regulação e inovação: reciclagem de resíduos eletroeletrônicos**. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

PACE – PLATAFORM FOR ACCELERATING THE CIRCULAR ECONOMY. **A new circular vision for electronics**. Time for a global reboot. 2019. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/a-new-circular-vision-for-electronics-time-for-a-global-reboot>> Acesso em: 10 mai. 2019.

PASTERNAK, S. e BOGUS, L. M. Macrometrópole Paulista: estrutura sócio-ocupacional e tipologia dos municípios – mudanças na primeira década dos anos 2000. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, V.21, N.2. São Paulo, Maio, 2019.

PEARCE D. e TURNER, K. **Economics of natural Resources and the Environment**. Baltimore: John Hopkins University Press, 1990.

RANGEL, I. **Economia: milagre e anti-milagre**. Rio de Janeiro: Zahar, 1985.

RICHTER, R. M. e JACOBI, P. R. Conflitos na macrometrópole Paulista pela perspectiva da crise hídrica. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, V.20. N.3. São Paulo, Setembro, 2018.

SANTOS, K. L. **Uma nova pobreza urbana: financeirização do consumo e novos espaços periféricos em São Paulo**. São Paulo: Alameda, 2017.

SANTOS, K. L. “Ouro para fora, lixo para dentro: as inserções de Gana na Divisão Internacional do Trabalho contemporânea”. **GEOUSP: espaço e tempo**, v.22, 2018. Pp.607-622.

TAVARES, J. Formação da macrometrópole no Brasil: Construção teórica e conceitual de uma religião de planejamento. **EURE**, V.11 N. 133. Santiago, Set. 2018.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Waste Crime - Waste Risks Gaps in Meeting the Global Waste Challenge: a Rapid Response Assessment**. 2015. Disponível em: <<http://www.unep.org/publications/>> Acessado em: 25 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. **E-waste management manual**. Vol. 2, 2007. Disponível em: <[http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/EWasteManual\\_Vol2.pdf](http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/EWasteManual_Vol2.pdf)> Acesso em: 5 mai. 2019.

Submetido em: 12/06/2019

Aceito em: 13/09/2019

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190121r1vu2020L2DE2020;23:e01211>

Dossiê Especial: Fórum de Governança Ambiental da Macrometrópole Paulista



# RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NA MACROMETRÓPOLE PAULISTA: NORMAS E TÉCNICAS À SERVIÇO DA LOGÍSTICA REVERSA

---

KAUÊ LOPES DOS SANTOS

## RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NA MACROMETRÓPOLE PAULISTA: NORMAS E TÉCNICAS À SERVIÇO DA LOGÍSTICA REVERSA

**Resumo:** O aumento na produção de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) tornou-se uma questão amplamente discutida em todo o mundo no início do século XXI. Se, por um lado, esse tipo de resíduo chama a atenção devido aos riscos que a sua gestão inadequada pode gerar ao meio ambiente e à saúde humana, por outro, ele representa uma possibilidade concreta de implementação da logística reversa. O objetivo deste artigo é compreender as condições de reciclagem de REEE na dinâmica Macrometrópole Paulista. Assim, por meio de uma metodologia que envolve o levantamento e análise de fontes secundárias diversas, pode-se considerar que a reciclagem de REEE na região estudada encontra-se ainda em fase de estruturação, de modo que alguns desafios de ordem normativa e técnica precisam ser transpostos para que possa se garantir o estabelecimento da economia circular.

**Palavras-Chave:** Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos; Logística Reversa; Economia Circular; Macrometrópole Paulista; Reciclagem.

## WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT IN THE MACROMETRÓPOLE PAULISTA: LEGAL FRAMEWORK AND TECHNOLOGY AT THE SERVICE OF REVERSE LOGISTICS

**Abstract:** The increase in the production of waste electrical and electronic equipment (WEEE) became a widely discussed issue around the world in the early 21st century. If, on the one hand, this type of waste draws attention due to the risks that its improper management can generate to the environment and human health, on the other hand, it represents a concrete possibility of implementing reverse logistics. The objective of this paper is to understand the WEEE recycling conditions in the dynamic Macrometrópole

Paulista. Thus, through a methodology that involves the survey and analysis of diverse secondary sources, It can be considered that the recycling of WEEE in the studied region is still in the structuring phase, so that some normative and technical challenges need to be overcome to ensure the establishment of the circular economy.

**Keywords:** Waste electrical and electronic equipment; Reverse Logistic; Circular Economy; Macrometrópolis Paulista; Recycling.

## RESIDUOS DE EQUIPAJES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN LA MACROMETRÓPOLE PAULISTA: MARCO LEGAL Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA LOGÍSTICA INVERSA

**Resumen:** El aumento en la producción de residuos de equipos eléctricos y electrónicos (REEE) se convirtió en un tema ampliamente discutido en todo el mundo a principios del siglo XXI. Si, por un lado, este tipo de residuos llama la atención debido a los riesgos que su gestión inadecuada puede generar para el medio ambiente y la salud humana, por otro, representa una posibilidad concreta de implementación de la logística inversa. El objetivo de este artículo es comprender las condiciones del reciclaje de REEE en la dinámica Macrometrópolis Paulista. Así, a través de una metodología que involucra la encuesta y el análisis de diversas fuentes secundarias, se puede considerar que el reciclaje de REEE en la región estudiada aún se encuentra en la fase de estructuración, por lo que deben superarse algunos desafíos normativos y técnicos para garantizar el establecimiento de la economía circular.

**Palabras-clave:** Residuos de equipos eléctricos y electrónicos; Logística Reversa; Economía Circular; Macrometrópolis Paulista; Reciclaje.

---