



MINERAÇÃO URBANA E A GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: ESTADO DA ARTE DO ARCABOUÇO LEGAL E NORMATIVO

XAVIER, L.H.¹

¹Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). e-mail: lxavier@cetem.gov.br

RESUMO

A mineração urbana emerge como uma solução potencial para o gerenciamento de resíduos, ao mesmo tempo em que possibilita a recuperação de valor e reinserção de matéria-prima secundária em diferentes cadeias produtivas. A recuperação de materiais a partir de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos representa um dos segmentos que tem motivado a elaboração de instrumentos para a regulamentação da destinação ambientalmente adequada dos produtos pós-consumo. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada em 2010, representou um importante marco das práticas sustentáveis e para a implantação dos Sistemas de Logística Reversa (SLR). A partir desse movimento, vários estados brasileiros elaboraram seus próprios regulamentos em conformidade com a regulamentação federal. No entanto, ainda se verifica um significativo potencial para o aprimoramento dos instrumentos regulamentadores, de modo a compatibilizar o interesse de diferentes segmentos produtivos por meio do incentivo à novos modelos de negócio sustentáveis, a efetiva mitigação dos impactos resultantes de uma gestão ineficiente dos resíduos e a transição para uma economia circular.

PALAVRAS-CHAVE: Mineração urbana, Resíduos eletroeletrônicos, Logística reversa, Economia circular.

ABSTRACT

Urban mining emerges as a potential solution for waste management, while enabling the recovery of value and reinsertion of secondary raw material in different production chains. The recovery of materials from waste electrical electronic equipment represents a segment that has motivated the elaboration of instruments for the regulation of environmentally appropriate procedures for the disposal of post-consumer products. The Brazilian Policy on Solid Waste (BPSW), regulated in 2010, represented an important milestone in the regulation of sustainable practices and for the implementation of reverse logistics systems (SLR). From this movement, several Brazilian states have developed their own regulations in accordance with federal regulations. However, there is still a significant potential for the improvement of regulatory instruments in order to reconcile the interest of different productive segments, encouraging new sustainable business models, effective mitigation impacts resulting from inefficient waste management and the transition to a circular economy implementation.

KEYWORDS: Urban mining, Waste Electrical Electronic Equipment, Reverse logistics, Circular economy.

1. INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos, de uma forma mais ampla, é interpretada como uma alternativa para a mitigação de impactos na saúde humana e no meio ambiente. Percebida como um conjunto de ferramentas para a melhoria da qualidade de vida, a gestão de resíduos pode ser interpretada como uma solução coletiva para o bem-estar comum, mas que depende da consciência e ação na individualidade para resultados de amplo alcance.

Soluções de significativo impacto socioambiental foram alcançados a partir das propostas de Metabolismo Industrial (Ayres, 1994) e Ecologia Industrial (Erkman, 1997). Soluções técnicas como o arquétipo do parque ecoindustrial de Kalundborg, na Dinamarca, permitiram comprovar a eficiência da ecologia e simbiose industrial entre unidades produtivas localizadas em espaços geográficos colaborativos e interdependentes (Branson, 2016; Gulipac, 2016). A proximidade geográfica de unidades produtivas nos modelos de ecologia industrial possibilitou identificar a viabilidade dos processos de reaproveitamento de resíduos (ou matéria-prima secundária) como insumos em diferentes processos.

No entanto, apensar dos conceitos mencionados terem precedido a concepção da mineração urbana, o mesmo padrão de viabilidade nem sempre pode ser observado. A distribuição geográfica e, especialmente, a distância entre a origem dos resíduos e o ponto de processamento caracterizam um dos principais desafios para a coleta e processamento. Os custos a logística reversa, exemplificados pelo frete e incidência de tributos, podem inviabilizar os processos em sua fase de conformação de lotes e viabilidade econômica na etapa de processamento para a recuperação dos materiais secundários.

As matérias-primas secundárias de origem mineral podem ser obtidas de diferentes fontes, tais como: baterias de lítio (Boxall et al, 2018), materiais contendo cobre (Avarmaa et al., 2019) e resíduos eletroeletrônicos (Tsfaye, 2017). Barakos et al. (2016) analisam processos de recuperação de elementos de terras raras (ETR) como matéria-prima secundária e concluem que apesar dos processos da mineração convencional estarem bem avançados neste segmento, a mineração urbana e a reciclagem de ETRs encontram-se ainda em estágio inicial e ainda apontam fatores-chave para se considerar na gestão eficiente de recursos alternativos ou secundários, tais como: (i) classificação de fontes alternativas de ETRs, (ii) otimização da regulamentação e (iii) aumentar o potencial de recuperação. Todas as alternativas demandam ampliação e aprofundamento das pesquisas para aporte tecnológico.

A partir dos fatores-chave mencionados anteriormente, este estudo busca identificar e analisar o estado-da-arte dos aspectos da regulamentação da gestão de resíduos eletroeletrônicos segundo o conceito da mineração urbana no Brasil.

2. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como um estudo descritivo e analítico baseado em estudos de revisão bibliográfica. Para tanto, foi realizado levantamento de artigos científicos sobre o tema da pesquisa, bem como instrumentos legais e normativos relacionados a gestão de resíduos eletroeletrônicos, economia circular e mineração urbana. O estudo delimita-se a análise do cenário nacional e teve como objetivo a apresentação do estado-da-arte da gestão de resíduos eletroeletrônicos.

3. ESTADO-DA-ARTE

A recuperação de materiais é resultado da coleta, processamento e destinação de produtos e componentes pós-consumo por meio da logística reversa. Partindo-se dos elementos pós-consumo, busca-se a sustentabilidade por meio da recuperação de valor dos resíduos e da minimização dos impactos potenciais.

O conceito de logística reversa foi introduzido na regulamentação ambiental brasileira a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pela Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010a) e o Decreto nº 7.404/2010 (BRASIL, 2010b). A partir desta regulamentação, as empresas produtoras passaram a ter a obrigatoriedade da implantação dos Sistemas de Logística Reversa (SLR) para a coleta e destinação dos resíduos gerados.

A partir da PNRS foram definidos ainda os agentes do SLR e suas respectivas responsabilidades. Fazem parte deste sistema os produtores, importadores, distribuidores e comerciantes com compromissos estabelecidos legalmente. Este sistema tem início a partir da atuação dos consumidores, cuja única responsabilidade no sistema é devolver o produto pós-consumo para a destinação ambientalmente adequada. Em seguida, os comerciantes e distribuidores devem receber e destinar para importadores e produtores se incumbirem do efetivo direcionamento para as indústrias de reciclagem. Nesta última etapa as empresas produtoras de equipamentos eletroeletrônicos são responsabilizadas pelo custeio do sistema e, desta forma, devem contratar o serviço para a destinação dos REEE.

Encontram-se especificadas na PNRS os três instrumentos básicos para a implementação dos SLR, a saber: (i) regulamentação; (ii) acordo setorial ou (iii) termos de compromisso. Os dois primeiros instrumentos sendo estabelecidos no nível federal e os acordos setoriais sendo estabelecidos, conforme a prática observada, no âmbito estadual.

Segundo a PNRS, os representantes do serviço público de limpeza urbana somente podem atuar no SLR mediante remuneração. Esta determinação consta formalmente no texto da lei e configura a desvinculação da responsabilidade deste serviço em atuar no SLR. Sua incumbência permanece quanto a gestão dos resíduos municipais. Um paradoxo, se entendermos que os REEE também podem estar sendo descartados indevidamente no resíduo domiciliar e seguindo para aterros. Tal observação denota a importância da informação ao consumidor quanto aos riscos da destinação inadequada.

De forma complementar, em 2013 foi publicada a norma técnica ABNT NBR 16.156 que estabelece os critérios para a implantação e certificação de manufatura reversa de equipamentos eletroeletrônicos. Como toda norma técnica, esta norma apresenta caráter voluntário. Até o ano de 2018, apenas a empresa a empresa Indústrias Fox, localizada em Cabreúva (SP), obteve o certificado de conformidade concedido pela própria ABNT. Outras empresas têm demonstrado interesse por esta certificação na qual os conteúdos das normas ISO 9.000, ISO 14.001 e ISO 18.000 convergem com foco na gestão dos REEE.

Internacionalmente, a regulamentação dos resíduos tecnológicos encontra-se estabelecida na maioria dos países desenvolvidos. A comunidade europeia possui as diretivas WEEE e RoHS como principais normas no tema. A partir dessas diretivas, os 28 países membros desenvolveram regulamentações específicas. Os países do BRICS também possuem regulamentação específica sobre o tema, apesar de nem todos apresentarem as metas para coleta e destinação dessa categoria de resíduos. O Estados Unidos não possui

uma regulamentação específica sobre o tema, mas a maior parte dos estados americanos já possui regulamentação própria sobre o tema.

No Brasil, antes mesmo da promulgação da PNRS, alguns estados como SP, RJ e PE já possuíam regulamentação específica abordando a destinação de REEE. Estas iniciativas já encontravam-se alinhadas com o escopo da regulamentação nacional que ainda encontrava-se na forma de Projeto de Lei naquele período, fato que contribuiu para a harmonização dos instrumentos legais e normativos neste momento inicial, antes da década de 2010.

Entretanto, apesar da regulamentação nacional ter avançado de forma espontânea antes da PNRS, o número de instrumentos legais e normativos após a PNRS mostrou-se mais expressivo e o conteúdo diversificado em relação ao período anterior. Temáticas como a atuação de associações e cooperativas de catadores, o estabelecimento de termos de compromisso, bem como a consolidação das entidades gestoras foram iniciativas que marcaram esse segundo período. Apesar de romper com a harmonização, esta etapa viabilizou a estruturação de novos modelos de negócio.

Recentemente, o estado do Rio de Janeiro regulamentou a exigência do estabelecimento de pontos de coleta de REEE nas instituições públicas estaduais, como uma iniciativa de incentivo ao estabelecimento do SLR no estado, a partir da Lei nº 8.151 de 2018. Mas estados como Pernambuco e São Paulo já possuem regulamentação específica sobre o tema desde os anos de 2002 e 2009, respectivamente.

Uma tendência atual, que deriva do conteúdo apresentado na PNRS é a definição dos agentes que atuam no SLR. No escopo da gestão de resíduos eletroeletrônicos, a prática tem mostrado a atuação de algumas categorias em razão das responsabilidades quanto a implementação do SLR, tais como:

- *Consumidores*: devolução dos produtos ao final da vida útil no comércio varejista ou pontos de entrega voluntária (PEVs);
- *Produtores*: viabilizarem a implementação dos SLR a partir da responsabilização pela coleta e destinação ambientalmente adequada dos produtos e matérias pós-consumo sob sua responsabilidade;
- *Recicladores*: responsáveis pela recuperação de valor de produtos e materiais pós-consumo; genericamente englobando as atividades de manufatura reversa, recondicionamento, reparo e reciclagem;
- *Entidades gestoras*: instituições sem fins lucrativos e responsáveis por captar recursos financeiros a partir das empresas produtoras e viabilizar a destinação ambientalmente adequada a partir da contratação de operadoras ou recicladoras;
- *Operadoras*: empresas que atuam de forma mais abrangente que as recicladoras, incorporando desde a etapa de consolidação (coleta e transporte) dos produtos e materiais pós-consumo até a(s) etapa(s) de destinação;

Toda a cadeia de logística reversa pode ser compreendida como etapa precursora e fundamental para a viabilidade da mineração urbana dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Ambas as etapas como pertinentes ao modelo da economia circular, cujo principal objeto é uma economia restaurativa e regenerativa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do levantamento dos instrumentos legais e normativos e identificação das principais práticas desenvolvidos no segmento da logística reversa e mineração urbana dos resíduos eletroeletrônicos, verificou-se a prevalência de práticas pautadas no atendimento dos requisitos da PNRS e regulamentações estaduais sobre a temática.

De modo complementar, as empresas que atuam na manufatura reversa de equipamentos eletroeletrônicos ainda possuem normas técnicas para orientarem o processo decisório. Entretanto, como a norma foi publicada em 2013 e apenas uma empresa recicladora encontra-se certificada até o ano de 2018, percebe-se que a falta de adesão das empresas do segmento pode ser um indicativo da falta de maturidade do sistema, da baixa aderência da norma aos processos vigentes nas empresas ou ainda o desconhecimento da aplicabilidade da norma por parte do segmento. Aspectos estes a serem investigados.

Outra questão relevante a ser observada é a harmonização dos instrumentos legais e normativos com o estabelecimento de metas claras e adequadas quanto o cumprimento de objetivos comuns dos agentes que atuam na cadeia de valorização dos REEE.

Pode-se identificar inicialmente duas fases distintas na regulamentação dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil. A primeira fase antes da PNRS, quando havia uma harmonização espontânea das regulamentações em razão do período de discussão do Projeto de Lei da PNRS, o que vigorou de 1991 até 2010. A segunda fase, a partir da década de 2010, quando foram publicadas duas normas técnicas sobre o tema e foram estabelecidas resoluções e outros instrumentos a partir dos órgãos ambientais estaduais e secretarias estaduais do meio ambiente (Figura 1).

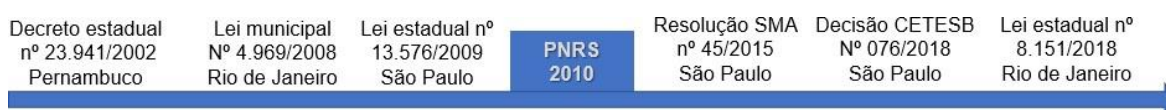


Figura 1. Evolução da regulamentação sobre REEE no Brasil.

A evolução da regulamentação, apresentada na Figura 1, permite verificar a discrepância entre as regulamentações que precederam e as que foram elaboradas após a PNRS. A partir de 2010 os regulamentos passaram a abordar questões de diferentes graus de importância e com maior grau de identificação com as práticas vigentes nas regiões ou estados brasileiros.

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo publicou a resolução SMA nº 45 em 2015 estabelece, entre outros aspectos, a criação das entidades gestoras,

denominadas em seu Artigo 5º como “entidade representativa do setor contemplando conjuntos de empresas, ou por pessoa jurídica criada com o objetivo de gerenciar o respectivo sistema”. Uma proposta inovadora no sentido de viabilizar o gerenciamento e fiscalização das atividades com a convergência da responsabilidade para as entidades gestoras, em sua maioria ONGs, segundo modelo europeu vigente.

Da mesma forma, a Decisão de Diretoria da CETESB Nº 076/2018/C estabelece, de forma pioneira no país, a incorporação da exigência da comprovação de procedimento de logística reversa como requisito para o licenciamento ambiental. Tal iniciativa é pioneira no país e amplia o espectro da legalidade da implementação dos SLR em diferentes segmentos produtivos. No que tange a adequação das empresas fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos, esta resolução, apesar de possuir efeito apenas no estado de São Paulo, endossa a efetividade da PNRS, uma vez que o acordo setorial deste segmento já esteve em consulta pública e há previsão de assinatura ainda em 2019.

Das seis categorias prioritárias que constam na PNRS (pilhas e baterias, embalagens e óleo lubrificante, embalagem de agrotóxicos, lâmpadas, pneus e equipamentos eletroeletrônicos), apenas os eletroeletrônicos ainda não possuem regulamentação específica ou acordo setorial estabelecido. A minuta do acordo setorial foi proposta pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletroeletrônica (ABINEE) ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), com dois protocolos de solicitação de assinatura, sendo o último apresentado em abril de 2019. Em sendo assinado, o acordo setorial estipula um percentual de 17% para a taxa de coleta e destinação dos resíduos eletrônicos. Este percentual equivale ao total, em massa (toneladas), de equipamentos que as indústrias produtoras colocaram no mercado no ano anterior a assinatura do acordo setorial. O escalonamento deste percentual, a exemplo de práticas internacionais, será proposto a cada dois ou três anos.

A partir da consolidação de parcerias e ações coordenadas entre empresas recicladoras, entidades gestoras, operadoras e produtoras verifica-se motivação para a consolidação de ações que viabilizem a mineração urbana no país. Entretanto, os cenários poderão ser percebidos com mais precisão após a consulta pública para o acordo setorial, na qual todas as partes interessadas e a sociedade poderão participar. A partir do documento final será possível o estabelecimento de estratégias para a recuperação e valorização das matérias-primas secundárias a partir da mineração urbana.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve caráter descritivo e analítico e, com base em revisão bibliográfica, possibilitou uma análise das regulamentações sobre a destinação ambientalmente adequada dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil, como subsídio à prática da mineração urbana. O levantamento dos documentos regulamentadores permitiu a identificação de duas fases, antes e após a regulamentação da PNRS, bem como uma possível terceira fase a partir da assinatura do acordo setorial que tem como propósito viabilizar a consolidação das redes e a possibilidade de monitoramento dos agentes participantes do SLR em relação aos respectivos requisitos.

A partir da assinatura do acordo setorial, há potencial de, no curto prazo, os modelos de negócio para a mineração urbana que compõem o macro modelo de economia circular para a gestão de resíduos eletroeletrônicos se consolidarem e gerarem novas oportunidades

como a geração de emprego e renda e a valorização de matéria-prima secundária para a reinserção na cadeia produtiva.

A viabilidade do sistema, que até então se pautava exclusivamente na viabilidade econômica do SLR, passa a contar também com o cumprimento das determinações do acordo setorial, enquanto instrumento verificador da implantação do SLR. A partir do acordo setorial da gestão de resíduos eletroeletrônicos estarão definidos os percentuais em massa para coleta e processamento dos eletroeletrônicos pós-consumo.

6. REFERÊNCIAS

AVARMAA K, KLEMETTINEN L, O'BRIEN H, TASKINEN P. Urban mining of precious metals via oxidizing copper smelting 2019; 133;95-102.

AYRES, R.U. AND SIMONIS, U.E. (Eds.): Industrial Metabolism - Restructuring for Sustainable Development. United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris, 1994.

BARAKOS G, GUTZMER J, MISCHO H. Strategic evaluations and mining processo ptimization towards a strong global REE supply chain. Journal of Sustainable Mining 2016;15;26-35.

BOXALL NJ, KING S, CHENG KY, GUMULYA Y, KAKSONEN AH. Urban mining of lithium-ion batteries in Australia: Current state and future trends. Minerals Engineering 2018;128;45-55.

BRANSON R. Re-constructing Kalundborg: the reality of bilateral symbiosis and other insights. Journal of Cleaner Production 2016;112;4344-4352.

BRASIL, 2010a. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm

BRASIL, 2010b. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm

ERKMAN S. Industrial Ecology: An historical view. Journal of Cleaner Production 1997; 5(1-2); 1-10.

GULIPAC, S. Industrial Symbiosis: Building on Kalundborg's waste management experience. Renewable Energy Focus 2016;17(1);25-27.

TESFAYE F, LINDBERG D, HAMUYUNI J, TASKINEN P, HUPA L. Improving urban mining practices for optimal recovery of resources from e-waste. Minerals Engineering 2017;111;209-221.