

MÉTODOS DE TRIAGEM DE MATERIAIS RECICLÁVEIS: ANÁLISE COMPARATIVA DE COOPERATIVAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

*Fábio Rafael Haddad
Dafne Pereira da Silva
Camila Peres Massola
Sandra Lúcia de Moraes
Maurício Guimarães Bergerman*

RESUMO

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída no Brasil por meio da Lei Federal 12.305/2010 e estabelece princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU), bem como a responsabilidade de todos os atores ligados, de algum modo, com o ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010). As cooperativas de triagem de resíduos sólidos urbanos se inserem nesse contexto, pois são responsáveis por triar o material recebido e vendê-lo, para que este possa ser reaproveitado, estimulando, assim, o processo da logística reversa e reciclagem. Em 2018, no município de São Paulo, havia 38 cooperativas cadastradas junto à Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB), as quais utilizam diferentes métodos de triagem dos RSU: separação manual, semimecanizada e mecanizada. O objetivo deste trabalho, realizado no âmbito de um projeto de iniciação científica, foi o de estabelecer uma comparação entre estes três principais

modelos de triagem de resíduos recicláveis, quanto ao número de trabalhadores, à quantidade de rejeito gerado e à capacidade de produção. A partir de dados públicos, questionários e visitas de campo, o estudo avaliou seis cooperativas que operam no município de São Paulo e que se encontram cadastradas na prefeitura. Os resultados indicam que quanto maior a mecanização maior a quantidade de resíduos processados. Por outro lado, ela implicou também, nas experiências identificadas, em um aumento significativo dos rejeitos, o que aponta para a necessidade da escolha do modelo de acordo com os diferentes contextos – social, econômico e ambiental – no qual as cooperativas estão inseridas.

Palavras-chaves: Reciclagem, Resíduos sólidos urbanos, Cooperativas, Métodos de triagem.

11.1. INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) mostra-se, ao longo dos anos, um grande desafio dos Estados ao redor do mundo. As primeiras tentativas de recuperação de valor a partir de RSU ocorreram na Europa na década de 1970 baseadas em técnicas de processamento mineral e agricultura (PRETZ et al., 2010). Apesar dos esforços para desenvolver uma tecnologia específica para a triagem dos RSU, na prática, a qualidade do produto gerado se mostrou insuficiente para permitir sua reciclagem com as tecnologias disponíveis na época. Tal fato incentivou a separação de materiais na origem e sua coleta separada como a abordagem mais factível, tanto técnica quanto ambientalmente, e cujos desdobramentos se refletem nas legislações atuais para resíduos (CIMPAN et al., 2015).

Os primeiros sistemas de triagem de materiais recicláveis mistos, ou seja, com a utilização de equipamentos mecanizados, surgiram nos Estados Unidos na década de 1980, como a planta de Springfield – MA, que era capaz de separar vidro, metal e papel. A USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) estimou que, em 2011, havia 633 unidades de recuperação de materiais em operação nos Estados Unidos, processando cerca de 25 a 30 milhões de toneladas de materiais recicláveis por ano (USEPA, 2011). Embora a maioria dessas unidades apresente poucos equipamentos mecanizados, sendo os materiais triados principalmente por separação manual, já é possível verificar o crescente uso da tecnologia, em que as unidades chegam a ter de três a cinco linhas de processamento e podem separar até 25 tipos de materiais (CIMPAN et al., 2015). Atualmente, o maior avanço no que se refere à tecnologia e aos sistemas de triagem e separação é encontrado na Alemanha (CIMPAN et al., 2015).

A gestão dos resíduos sólidos é um dos grandes desafios do Poder Executivo brasileiro nas esferas municipais, estaduais e federais e, dessa forma, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) é orientada para a elaboração de planos de resíduos sólidos em cada uma dessas esferas (BRASIL, 2010). No entanto, conforme observado por Leal Filho et al. (2016), pode-se considerar que a principal influência da PNRS vem ocorrendo em nível municipal, graças aos seus planos municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. De acordo com a PNRS, o resíduo sólido urbano deve ser reconhecido não como um rejeito a ser eliminado, mas como um bem reutilizável e reciclável, com valor econômico e social, gerador de trabalho e renda, e promotor da cidadania. Esta concepção vai ao encontro de práticas verificadas na Europa e Estados Unidos, onde o foco do gerenciamento de resíduos sólidos transcendeu a ideia de uso sustentável dos recursos naturais para o conceito de prevenção da geração de resíduos, reciclagem dos materiais e recuperação energética (CHEN e CHEN, 2013). Desse modo, a PNRS equiparou-se à legislação europeia vigente sobre o assunto (Leal Filho et al., 2016).

Além disso, a PNRS estimula o incentivo à implantação da coleta seletiva “com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis ou recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda” (BRASIL, 2010). Dessa forma, em uma ordem de prioridade definida pela PNRS, a reciclagem dos resíduos sólidos, a ser realizada em parceria com as cooperativas, deve ser prioritária em relação ao tratamento e disposição final ambientalmente adequada desses rejeitos. Tal abordagem colocada pela PNRS é importante, uma vez que aproximadamente 35% do RSU gerado no Brasil é composto de papel, plástico, metal e vidro, materiais potencialmente recicláveis (ABRELPE, 2015). Na cidade de São Paulo, a coleta seletiva atinge 46% dos domicílios, recuperando apenas 1,6% dos resíduos recicláveis, refletindo a baixa adesão da população (PREFEITURA, 2014). A fim de aumentar a quantidade de material reciclável, a prefeitura da cidade de São Paulo colocou como meta, no seu Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de 2014 (PREFEITURA, 2014) a

ampliação da capacidade produtiva de centrais de triagem já implantadas em pequenas áreas (10 unidades em espaços públicos cedidos, com capacidade de processamento de 390 t/dia em conjunto com outras cooperativas contratadas) e, em grandes áreas, a instalação de centrais de processamento da coleta seletiva de resíduos secos (4 unidades distribuídas regionalmente, com capacidade para 1.000 toneladas por dia – 2 em 2014 e 2 em 2016).

O objetivo é que este aumento de capacidade de processamento permita que 10% dos RSUs gerados na cidade sejam reciclados. Destas quatro centrais de grande capacidade, duas foram efetivamente implementadas (Central Mecanizada de Triagem Carolina Maria de Jesus e Central Mecanizada de Triagem Ponte Pequena, ambas inauguradas em 2014), com uma capacidade de 250 t/dia. Tais centrais de grande capacidade introduzem um novo modelo de triagem dos materiais recicláveis, com o uso de equipamentos que realizam a seleção de forma mecanizada.

Com a implantação deste novo modelo de triagem, de alta capacidade, a cidade de São Paulo passou a contar com três modelos de triagem. São eles:

- **Triagem manual:** O material a ser triado é disposto sobre uma mesa ou mesmo no chão, e os cooperados separam os diferentes tipos de resíduos por catação sem o uso de qualquer equipamento. Entretanto, equipamentos como balança, prensa, empilhadeira podem estar presentes para auxiliar o manuseio e controle de material triado, mas não são utilizados diretamente no processo de triagem;

- **Triagem semimecanizada:** difere-se da triagem manual pela presença de uma esteira transportadora, que promove um fluxo contínuo de materiais e os cooperados, posicionados ao longo desta, coletam os diferentes tipos de resíduos por catação. Uma triagem semimecanizada também pode contar com algum equipamento para separação de materiais mecanizado, como um extrator de sucatas, por exemplo, que separa metais por separação magnética. Nota-se, no entanto, que a triagem é majoritariamente realizada pelos cooperados. Os equipamentos para manuseio e controle de material triado também estão presentes;

- **Triagem mecanizada:** caracteriza-se pelo fato da triagem do material ser realizada majoritariamente por equipamentos mecanizados, como peneiras rotativas, separadores balísticos, ópticos, eletrostáticos ou por indução, magnéticos, entre outros. O próprio manuseio de materiais conta com elevado grau de mecanização, incluindo a abertura dos sacos plásticos de acondicionamento de resíduos por equipamentos tipo rasga-sacos, e o transporte entre uma operação e outra por transportadores de correia. No fluxo de processo de uma central mecanizada os tipos de equipamentos e a sequência deles serão determinados de acordo com as características dos resíduos recebidos. Entretanto é importante ressaltar que ao final da separação mecanizada é feita uma inspeção dos produtos triados para garantia de qualidade, e a remoção dos materiais impróprios é feita por catação pelos cooperados.

11.2. ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROCESSOS DE TRIAGEM DE COOPERATIVAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

A cidade de São Paulo possui 38 cooperativas cadastradas na Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB), segundo dados fornecidos pela própria AMLURB, referentes a abril de 2018. Vale ressaltar, no entanto, que há no município uma série de cooperativas que não estão cadastradas junto ao órgão municipal, sendo os motivos diversos, como a ausência da documentação necessária para a formalização do cadastro junto ao poder público. Estas cooperativas realizam a triagem dos materiais usando os diferentes modelos citados – manual, semimecanizado e mecanizado.

Por meio de dados disponíveis publicamente, questionários, entrevistas e visitas às cooperativas, buscou-se mapear: (1) a quantidade de cooperados em atividade, (2) a quantidade de material recebido e de rejeito gerado, (3) a capacidade instalada de processamento e (4) a forma de separação dos materiais. Das 38 cooperativas registradas na Amlurb, foi possível obter o telefone ou *e-mail* de 24 cooperativas, das quais seis permitiram o acesso à informação e/ou às instalações. Os dados obtidos estão disponíveis na Tabela 11.1. Optou-se por preservar a privacidade dos dados das cooperativas, não as identificando nominalmente.

Tabela 11.1 - Dados de produção das cooperativas avaliadas

Cooperativas	A	B	C	D	E	F
Infraestrutura	Manual	Manual	Semimecanizada	Semimecanizada	Semimecanizada	Mecanizada
Material Recebido (t/mês)	200	75	250	150	225	2420
Rejeito Gerado (%)	30,0	5,00	10,0	8,5	12,0	50,0
Produto Gerado (t/mês)	140	71	225	137	198	1210
Número de Cooperados	50	27	56	41	48	110
Material Processado por Cooperado (t/cooperado/mês)	4,00	2,78	4,46	3,66	4,69	22,0
Produto Gerado por Cooperado (t/cooperado/mês)	2,80	2,64	4,02	3,35	4,13	11,0

Fonte: Haddad, Silva, Massola, Moraes e Bergerman, 2020.

Como esperado, observa-se um aumento da quantidade de material processado por cooperado conforme aumenta-se a quantidade de operações mecanizadas no processo de triagem. Nos processos totalmente manuais, a produção mensal por cooperado é de cerca de 2,7 t, enquanto que nas cooperativas semimecanizadas este índice sobe para 3,8 t e atinge 22 t nas operações mecanizadas. Em outras cooperativas em operação no Brasil, conforme informações da literatura, os dados de produtividade são um pouco maiores, de 5 t/cooperado/mês para as centrais manuais e 11 t/cooperado/mês para as semimecanizadas (AÇÃO REICLAR, 2018; CEMPRE, 2017, COOPCENT ABC, 2017 e DEMAJOROVIC, DA COSTA e AUGUSTO, 2016).

Ao se olhar a quantidade de rejeito gerada, no entanto, estes números se alteram de forma significativa para o modelo mecanizado. Enquanto nos modelos manuais e semimecanizados a geração de rejeitos é baixa, da ordem de 10% (com exceção da cooperativa A que registra um índice de 30%), no modelo mecanizado o índice é de 50%. Esta diferença significativa pode estar relacionada a dois pontos principais.

O primeiro é a fonte dos materiais recebidos pela cooperativa. A cooperativa B, que trabalha com 100% do material coletado em caminhão próprio, do tipo gaiola, ou por meio de entregas voluntárias em sua sede, possui um índice muito baixo de rejeitos. As cooperativas que recebem materiais das concessionárias, por meio de caminhões compactadores, possuem índices de rejeitos muito maiores. Essa diferença é ainda mais evidente ao se realizar a comparação entre material compactado e não compactado dentro de uma mesma cooperativa. Entre 10% a 15% do resíduo recebido da concessionária pela cooperativa D, é de rejeito; enquanto apenas 1% do material coletado por caminhão próprio (que não é compactado) não é aproveitado. Conclui-se, portanto, que o fato do material chegar à cooperativa compactado contribui significativamente para a elevada geração de rejeito, pois a compactação descaracteriza os materiais, prejudicando sua identificação e separação.

O segundo ponto é quanto à baixa qualidade do material recebido nas centrais mecanizadas, que além de estarem compactados, possuem elevada presença de rejeitos, decorrente de má segregação na fonte. Dessa forma, a triagem é realizada com baixa eficiência, em virtude da sensibilidade e limitações dos equipamentos presentes na linha de separação. Como exemplo, as garrafas PET amassadas não serão separadas adequadamente pelo separador balístico, que ao invés de dispô-la na fração 3D (recipientes) colocará na fração 2D (papel e papelão). Outro exemplo de separação indevida pode ocorrer com as garrafas

PET fechadas com a tampa, pois o separador óptico pode identificar somente o plástico da tampa, que não é PET, e descartar o conjunto todo como rejeito.

11.3. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi o de estabelecer uma comparação entre os três principais modelos de triagem de resíduos recicláveis: triagem manual, semimecanizada e mecanizada, quanto ao número de trabalhadores, quantidade de rejeito gerado e capacidade de produção, a partir da análise de cooperativas operando no município de São Paulo.

Essa busca identificou que não é possível ser taxativo quanto ao melhor método de triagem, pois se deve considerar o contexto social, econômico e ambiental em que a triagem de recicláveis é realizada para identificar o modelo mais adequado a cada situação e, desta forma, os três modelos podem coexistir.

Conforme esperado, a inserção de mecanização para a separação de materiais resultou em aumento da capacidade de processamento. Entretanto, a eficiência da separação foi tanto melhor quanto menor o grau de mecanização. Isso se deve ao fato de que, nas cooperativas que realizam manualmente a triagem, o cooperado analisa individualmente cada item para classificá-lo como material de valor ou rejeito. Quando se insere a mecanização, deve-se levar em conta que equipamentos de separação são extremamente sensíveis a variações do resíduo recebido e, portanto, a eficiência de uma operação mecanizada depende de diversos fatores. Entre eles, o material recebido para triagem deve ser livre de contaminação por orgânicos, sem mistura de materiais num mesmo item, e deve-se garantir que todos os elementos a serem separados tenham chance de serem apresentados ao equipamento separador, individualmente, sem sobreposição de camadas.

Dois fatores principais são responsáveis pela baixa qualidade do material recebido pelas cooperativas: a segregação precária de materiais na origem e a descaracterização dos materiais decorrente da compactação em caminhões, que prejudica a identificação e separação dos materiais. Esses fatores são determinantes para a qualidade da triagem, pois o recebimento de materiais de baixa qualidade se reflete em elevada geração de rejeitos no processo.

Como forma de garantir a qualidade do material a ser triado, além da educação ambiental da população para a segregação na origem, sugere-se o uso de caminhões gaiola, da própria cooperativa ou das concessionárias de limpeza urbana. Ao contrário dos caminhões compactadores, o caminhão gaiola não

reduz o volume do material transportado, o que inviabiliza seu transporte por longas distâncias, de forma que a descentralização das operações de triagem de resíduos recicláveis é importante e necessária, especialmente por questões logísticas.

As cooperativas de separação de material reciclável desempenham também um papel importante ao oferecerem uma oportunidade de reinserção social aos seus cooperados, e por tal motivo muitas vezes a mecanização do processo pode ser desencorajada. Entretanto, mesmo no caso da triagem mecanizada, a presença de controle de qualidade manual ao final do processo é indispensável. Além disso, também é possível treinar os cooperados para assumir novas funções, como a manutenção básica de alguns equipamentos, a operação de prensas enfardadoras e empilhadeiras, e outras que se façam necessárias nesse novo arranjo, de modo que a inserção de mecanização possa se constituir numa oportunidade de desenvolvimento e sustentabilidade de todos os envolvidos naquelas organizações.

11.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015*. ABRELPE: [s.l.], 2016.

AÇÃO RECILAR. *Dados disponíveis no website*. Disponível em: <http://www.acaorecilar.com.br/>. Acesso em: 22 nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 02 ago. 2010.

CAMPOS, L.S. *et al. Saúde e Segurança nas Centrais de Triagem de Resíduos Sólidos conveniadas com o Município de São Paulo*. Relatório técnico. Fundacentro -TEM, 2014. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/acervodigital/detalhe/2014/8/saude-e-seguranca-nas-centrais-de-triagem-de-residuos-solidos-conveniadas-com-o-municipio-de>. Acesso em: 22 nov. 2018.

CEMPRE. *Santo André entrega galpões de reciclagem a cooperativas*. Disponível em: <http://cempre.org.br/informa-mais/id/13/santo-andre-entregagalpoes-dereciclagem-a-cooperativas>. Acesso em: 27 abr. 2017.

CHEN, C.C.; CHEN, Y.T. Energy recovery or material recovery for MSW treatments? *Journal of Environmental Management*, [s.d.] p. 37-44, 2013.

COOPCENT ABC. *Central de Triagem de Recicláveis inaugurado em Mauá*. Disponível em: http://www.coopcentabc.org.br/?pg=noticia_central_maua. Acesso em: 27 abr. 2017.

CIMPAN, C. *et al.* Central sorting and recovery of MSW recyclable materials: A review of technological state-of-the-art, cases, practice and implications for materials recycling. *Journal of Environmental Management*, [s.d.] p. 181-199, 2015.

DEMAJOROVIC, J; COSTA, G.S; AUGUSTO, E.E. Desafios e perspectivas para a consolidação das grandes centrais de reciclagem em parceria com catadores nos municípios de São Bernardo do Campo e São Paulo. *SIMPOI*, 2016.

HADDAD, F.R. *Análise comparativa dos processos de separação de materiais recicláveis em cooperativas e associações no município de São Paulo*. 2018. Relatório Final (Iniciação Científica). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2018.

LEAL FILHO, W. *et al.* Benchmarking approaches and methods in the field of urban waste management. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 4377-4386, 2016.

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. *Plano de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade de São Paulo*. 2014.

PRETZ, T; SCHMALBEIN, N; WENS, B, 2010. *Verwertung von Siedlungsabfall – ein Beitrag zur Ressourceneffizienz (Increasing resource efficiency by MSW recycling)* (in German). *Müll Abfall* 12, p. 576-581.

THOMAS, D, 2013. Surveying Single-stream. *In: RESOURCE RECYCLING CONFERENCE*, [s.n.], 2013, Louisville. (tipo)... Louisville: (editora), 2013. p.27-28.

USEPA. *Municipal Solid Waste in the United States: 2011 Facts and Figures*. United States Environmental Protection Agency, Office for Solid Waste, Washington DC. Washington, 2011.